



T.C.
ADYAMAN ÜNİVERSİTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**FARKLI OFİS TİPİ BEYAZLATMA YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİKLERİ VE
MİNE DOKUSU ÜZERİNDE OLUŞTURDUKLARI DEĞİŞİKLİKLERİN
İNCELENMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Dt. RAHİME ZEYNEP ERDEM

TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğretim Üyesi ÖMER ÇELLİK

DİŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

ADYAMAN
2021



T.C.
ADİYAMAN ÜNİVERSİTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**FARKLI OFİS TİPİ BEYAZLATMA YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİKLERİ VE
MİNE DOKUSU ÜZERİNDE OLUŞTURDUKLARI DEĞİŞİKLİKLERİN
İNCELENMESİ**

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

Dt. RAHİME ZEYNEP ERDEM

DANIŞMAN ÖĞRETİM ÜYESİ

Dr. Öğretim Üyesi ÖMER ÇELLİK

DİŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

Bu Uzmanlık Tezi Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinatörlüğünce desteklenmiştir.
Proje No: DHFDUP/2021-0001

ADİYAMAN
2021

ADİYAMAN ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI
FARKLI OFİS TİPİ BEYAZLATMA YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİKLERİ VE
MİNE DOKUSU ÜZERİNDE OLUŞTURDUKLARI DEĞİŞİKLİKLERİN
İNCELENMESİ

Dt. Rahime Zeynep ERDEM

Adıyaman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalında Dr. Ömer ÇELLİK danışmanlığında Dt. Rahime Zeynep ERDEM tarafından hazırlanan “**Farklı Ofis Tipi Beyazlatma Yöntemlerinin Etkinlikleri ve Mine Dokusu Üzerinde Oluşturdukları Değişikliklerin İncelenmesi**” adlı tez çalışması **16/12/2021** tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonrası tarafımızca yapılan değerlendirme sonucu jürimiz tarafından Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak başarılı bulunmuş ve kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Ömer ÇELLİK
Tez Danışmanı

Jüri Üyesinin Ünvanı/Adı/Soyadı:

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Şeyhmus BAKIR

Üye : Doç. Dr. Metin ÇALIŞIR

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Savaş SAĞMAK

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Osman TEKİN

Üye (Tez Danışmanı) : Dr. Öğr. Üyesi Ömer ÇELLİK

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

Prof. Dr. Cüneyt YILMAZER
Diş Hekimliği Fakültesi
Dekan V.

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca tüm akademik bilgi ve klinik deneyimini benden esirgemeyen ve tezimin hazırlanmasında başından sonuna kadar her zaman büyük bir sabır ve ilgiyle bana destek olan değerli hocam sayın Dr.Öğretim Üyesi Ömer ÇELLİK’e sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitim aldığım süre boyunca tecrübeleriyle bana çok büyük katkıları olan değerli bölüm hocalarımdan Dr. Öğretim Üyesi Osman TEKİN’e ve ihtisas eğitimimin son yılında tanıştığım bu süre boyunca katkı ve desteklerini gördüğüm, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Dr. Öğretim Üyesi Savaş SAĞMAK’a ayrı ayrı çok teşekkür ederim.

Bugünlere gelebilmemde en büyük emeğe sahip, her türlü fedakarlığı yapan, her zaman yanımda olan canım babam Celali Güvendi ve canım annem Asiye Güvendi’ye minnettarım.

Uzmanlık eğitimim boyunca vakitlerinden çaldığım, pek kıymetli evlatlarım, yaşam sevincim Ahmet Talha Erdem ve Halide Betül Erdem’e müteşekkirim.

İhtisas sınavına bilgi ve tecrübeleri önderliğinde hazırlandığım, bu süre zarfında yorulduğum yerden tekrar ayağa kaldıran, bıkmadan usanmadan yardımını esirgemeyen, hayatta zor diye bir şeyin olmadığını gösteren, başarı için seni seveninde çok istemesi gerektiğini kanıtlayan, ihtisasım süresince maddi ve manevi desteğini esirgemeyen hayat arkadaşım, can yoldaşım, biricik eşim Hukukçu, Op.Dr.Mustafa Erdem’e sonsuz teşekkür ederim.

Sevgili eşime ithafen,

Dt. Rahime Zeynep Erdem

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ONAY SAYFASI.....	Error! Bookmark not defined.
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
TABLO DİZİNİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT.....	xiv
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Beyazlatmanın Tarihçesi.....	3
2.2. Diş Hekimliğinde Renk Kavramı	3
2.3. Dişlerde Görülen Renklenmeler ve Nedenleri	5
2.3.1. İç Kökenli Renklenmeler	6
2.3.1.1. Metabolik Hastalıkların Neden Olduğu İç Kökenli Renklenmeler	6
2.3.1.2. Kalıtsal Hastalıkların Neden Olduğu İç Kökenli Renklenmeler	7
2.3.1.3. İyatrojenik Nedenlerle Oluşan İç Kökenli Renklenmeler.....	8
2.3.1.4. Travma Nedeniyle Oluşan İç Kökenli Renklenmeler	9
2.3.1.5. İdiopatik Nedenlerle Oluşan İç Kökenli Renklenmeler.....	10
2.3.1.6. Yaşlanma Nedeniyle Oluşan İç Kökenli Renklenmeler	10
2.3.2. Dış Kökenli Renklenmeler.....	10
2.3.2.1. Metalik Olmayan Dış Kökenli Renklenmeler	11
2.3.2.2. Metalik Dış Kökenli Renklenmeler	11
2.3.3. İnternal Renklenmeler.....	11
2.4. Beyazlatma Yöntemleri	12
2.4.1. Vital Beyazlatma.....	12
2.4.1.1. Ofis Tipi Beyazlatma (Ofis Bleaching)	12
2.4.1.2. Evde Beyazlatma (Home Bleaching).....	13
2.4.1.3. Fiziksel ve Kimyasal Aşındırma.....	14
2.5. Beyazlatma Mekanizması	14
2.6. Beyazlatmada Kullanılan Işık Kaynakları	15
2.6.1. QTH (Kuartz Tungsten Halojen Lambalar).....	15

2.6.2. Plazma Ark Işık Cihazları	16
2.6.3. LED Işık Cihazları	16
2.6.4. Lazerler	16
2.6.4.1. Diyot Lazer	18
2.7. Beyazlatma Tedavisinde Kullanılan Ajanlar	19
2.7.1. Hidrojen Peroksit	19
2.7.2. Karbamid Peroksit	20
2.7.3. Sodyum Perborat.....	20
2.7.4. Ozon.....	20
2.7.4.1. Ozonun Diş Hekimliğinde Kullanımı	21
2.7.5. Diğer Ajanlar	22
2.8. Beyazlatma İşleminin Endikasyonları, Kontrendikasyonları ve Yan Etkileri.....	22
2.8.1. Endikasyonlar	22
2.8.2. Kontrendikasyonlar.....	23
2.8.3. Beyazlatma Tedavilerinin Yan Etkiler	23
2.8.3.1. Dişeti İritasyonu	23
2.8.3.2. Pulpa Üzerinedeki Yan Etkiler	23
2.8.3.3. Servikal Kök Rezorpsiyonu	24
2.8.3.4. Beyazlatma Ajanının Toksik ve Sistemik Etkileri.....	25
2.8.3.5. Ağartma İşleminin Mine ve Dentin Üzerine Etkileri.....	25
2.8.3.6. Ağartma Ajanının Restoratif Materyaller Üzerine Etkisi	27
2.8.3.7. Adesiv Resinlerin Mine ve Dentine Bağlanma Gücüne Etkisi.....	27
2.9. Estetik Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Ölçüm Yöntemleri	28
2.9.1. Spektrofotometre ile Renk Ölçümü	28
2.10. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri	29
2.10.1. Profilometre ile Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü	29
2.11. Yüzey Sertliği Ölçüm Yöntemleri	30
2.11.1. Vickers Sertlik Ölçme Yöntemi.....	30
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	33
4. BULGULAR.....	40
4.1. Renk Analizi Bulguları	40
4.1.1. L* değerine ait bulgular	40
4.1.2. a* Değerine Ait Bulgular	41
4.1.3. b* Değerlerine Ait Bulgular	43

4.1.4. Renk değişimi ΔE	44
4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Bulguları	45
4.3. Mikrosertlik Bulguları	47
5. TARTIşMA	49
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	62
KAYNAKLAR	63



SİMGELER VE KISALTMALAR

KP	: Karbamid Peroksit
H₂O₂	: Hidrojen Peroksit
mm	: Milimetre
mg	: Miligram
gr	: Gram
°C	: Santigrat derece
H⁺	: Hidrojen İyonu
O₃	: Ozon
L	: Parlaklık Değişkeni
a	: Kırmızı-Yeşil Kroma Değişkeni
b	: Mavi- Sarı Kroma Değişkeni
Ra	: Ortalama Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Değeri
Ph	: Hidrojenin Gücü
QTH	: Kuartz-Tungsten-Halojen
VHN	: Vicker's Hardness Numberr
YMS	: Yüzey mikrosertlik Ölçümü
SS	: Standart Sapma
SD	: Serbestlik Derecesi
SH	: Standart Hata
GA	: Güven Aralığı
ΔE	: Empfindung (İki Renk Arası Fark)
sn	: Saniye
SEM	: Scanning Electron Microscope

EDS	: Enerji Dağılım Spektrofotometresi
p	: İstatistiksel Anlamlılık
LED	: Light Emitting Diode
nm	: Nanometre
mW/cm²	: Mikrowatt/Santimetre Kare
µm	: Mikrometre
KgF	: Kilogram Kuvvet
ark.	: Arkadaşları



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. CIEL*a*b* renk sistemi.....	5
Şekil 2. Vicker sertlik ölçüm yönteminin şeması.....	31
Şekil 3. Çalışmada kullanılan mine örnekleri.....	34
Şekil 4. Çalışmada kullanılan spektrofotometre cihazı	35
Şekil 5. Pürüzlülük ölçümünde kullanılan profilometre cihazı	35
Şekil 6. Çalışmada kullanılan Vicker's mikrosertlik test cihazı	36
Şekil 7. Beyazlatmada kullanılan %40'lık Hidrojen peroksit jeli	37
Şekil 8. Beyazlatma jelinin aktivasyonunda kullanılan LED ışık cihazı.....	37
Şekil 9. Beyazlatma jelinin aktivasyonunda kullanılan Diyot Lazer.....	38
Şekil 10. Çalışmada kullanılan Ozon DTA jenaratörü	39
Şekil 11. Gruplara ait ΔL^* değerlerinin grafiksel olarak gösterilmesi	41
Şekil 12. Gruplara ait Δa^* değerlerinin grafiksel gösterimi	43
Şekil 13. Gruplara ait Δb^* değerlerinin grafiksel gösterimi.....	44
Şekil 14. Gruplar arası ΔE değerlerinin grafiksel olarak gösterilmesi	45
Şekil 15. Gruplara ait ΔRa değerlerinin grafiksel gösterimi.	46
Şekil 16. Beyazlatma öncesi ve sonrası ΔVSD değerlerinin grafiksel görüntüsü.....	48

TABLO DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Dişlerde görülen renklenme nedenlerinin sınıflandırılması.....	7
Tablo 2. Çalışma basamaklarının sıralanması.....	33
Tablo 3. Çalışmada oluşturulan alt gruplar	34
Tablo 4. Gruplara ait CIELAB ve ΔE değerlerinin ortalaması	40
Tablo 5. Grup içi beyazlatma öncesi ve sonrası ΔL^* ölçümlerin kıyaslanması	40
Tablo 6. Gruplar arası ΔL^* değerlerinin kıyaslanması	41
Tablo 7. Gruplar arası Δa^* değerlerine ait çoklu karşılaştırmalar	42
Tablo 8. Gruplar arası Δa^* değerlerine ait istatistiksel karşılaştırma	42
Tablo 9. Grup içi beyazlatma öncesi ve sonrası a^* değerlerinin kıyaslanması.....	43
Tablo 10. Δb^* değişkeninin gruplar arası istatistiksel karşılaştırılması.....	43
Tablo 11. Grup içi beyazlatma öncesi ve sonrası b^* değerlerinin kıyaslanması.	44
Tablo 12. Gruplar arası renk değişiminin istatistiksel olarak karşılaştırılması.....	45
Tablo 13. Beyazlatma öncesi ve sonrası ölçülen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.....	46
Tablo 14. Grup içi ΔRa değerlerinin kıyaslanması	46
Tablo 15. Gruplar arası ΔRa değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması.....	46
Tablo 16. Beyazlatma öncesi ve sonrası ortalama mikrosertlik değerleri	47
Tablo 17. Grup içi beyazlatma öncesi ve sonrası sertlik değerlerinin kıyaslanması	47
Tablo 18. Gruplar arası ΔVSD değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması.....	47

ÖZET

Farklı Ofis Tipi Beyazlatma Yöntemlerinin Etkinlikleri ve Mine Dokusu Üzerinde Oluşturdukları Değişikliklerin İncelenmesi

Amaç: Bu in-vitro çalışmanın amacı 5 farklı ofis tipi beyazlatma yönteminin beyazlatma etkiliği ile beyazlatma sonrası mine morfolojisinde meydana gelen değişikliklerin değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada 75 adet insan molar dişi kullanıldı. Dişler meziodistal yönde ikiye bölünerek toplamda 150 adet mine örneği elde edildi. Elde edilen örnekler beyazlatma etkinliği, yüzey pürüzlülüğü ve mine yüzey sertliği değerlendirilecek şekilde 3 ana gruba ayrıldı ve her grup 50 örnekten oluşturuldu. Ardından her ana grup, 5 farklı beyazlatma yöntemini içeren 5 ayrı alt gruba (n=10) ayrıldı. Beyazlatma uygulaması öncesi spektrofotometreyle renk ölçümü, profilometreyle yüzey pürüzlülüğü, Vicker's test cihazı ile mikrosertlik ölçümü yapıldı. Daha sonra oluşturulan 5 alt gruba farklı beyazlatma prosedürleri şu şekilde uygulandı; **Grup I:** yalnızca %40'lık Hidrojenperoksit ile beyazlatma uygulandı (20 dk). **Grup II:** %40'lık Hidrojenperoksit artı LED ışık kaynağı ile aktivasyon işlemi uygulandı (20 dk). **Grup III:** %40'lık Hidrojenperoksit artı Diyet lazer ile aktivasyon işlemi uygulandı (7W-940 nm diyet lazerle toplamda 20 dakikada 2 dakika). **Grup IV:** Ozon gazı ile beyazlatma uygulandı (20 dakika). **Grup V:** %40'lık Hidrojenperoksit ile ozon gazı kombine bir şekilde uygulandı (20 dakika H₂O₂ ve 2 dk boyunca ozon gazı). Ardından beyazlatma sonrası ölçümler aynı koşullar altında yapıldı. Deneyler sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmesi SPSS 25.0 paket programı kullanılarak yapıldı. Anlamlılık düzeyi p<0.05 olarak kabul edildi. Normallik gösteren verilerin kıyaslanmasında One-Way ANOVA, normal dağılım göstermeyen bağımsız grupların kıyaslamasında ise Kruskal wallis H testi kullanıldı. Gruplar arası çoklu kıyaslamalarda Post-hoc Tukey ve H testleri tercih edildi.

Bulgular: Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda tüm gruplarda anlamlı düzeyde beyazlatma gerçekleştiği tespit edildi (p<0.05). Ancak gruplar arasında beyazlatma etkinliği arasında anlamlı fark görülmedi (p>0.05). Ortalama değerlere bakıldığında ise en düşük etkinlik grup 3'te en yüksek etkinlik ise grup 1'de tespit edildi. Beyazlatma sonrası bütün gruplarda Vickers sertlik değeri ve yüzey pürüzlülüğü anlamlı

bir biçimde azaldı ($p<0.05$). Gruplar arası karşılaştırmada ise sertlik ve pürüzlülük düzeyleri açısından anlamlı fark bulunmadı ($p>0.05$).

Sonuç: Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar ışığında ozonun hidrojen peroksit alternatif bir beyazlatma ajanı olarak kullanılabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca ışıkla aktivasyonun beyazlatma etkinliğini arttırmak için kullanımının şart olmadığı anlaşıldı. Son olarak ofis tipi beyazlatma yöntemleri sonrasında mine yüzey morfolojisinin etkilenebileceği bu sebeple beyazlatma öncesi ve sonrası çeşitli önlemlerin alınması gerektiği kanaatindeyiz.

Anahtar kelimeler: Hidrojen peroksit, Diyet lazer, Ozon, Beyazlatma, Yüzey pürüzlülüğü, mikrosertlik



ABSTRACT

Investigation Of The Whitening Efficiencies Of Different Office Type Whitening Techniques And The Changes Caused On The Envelope Surface

Aim: The aim of this in-vitro study is to evaluate the whitening efficacy of 5 different office bleaching methods and the changes in enamel morphology after bleaching.

Materials and Methods: In this study, 75 human molar teeth are used. The teeth are divided in half in the mesiodistal direction and a total of 150 enamel samples are obtained. The obtained samples are divided into 3 main groups to evaluate the whitening efficacy, surface roughness and enamel surface hardness, and each group is composed of 50 samples. Then, each main group was divided into 5 separate subgroups (n=10) containing 5 varied bleaching techniques. Before the bleaching process, color measurement with spectrophotometer, surface roughness with profilometer and microhardness measurement with Vicker's test device are performed. After that, different bleaching procedures are applied to the 5 subgroups formed as follows; **Group I:** Bleaching was applied only with 40% Hydrogen Peroxide (20 min). **Group II:** Activation process was applied with 40% Hydrogen Peroxide and LED light source (20 min). (20 min). **Group III:** Activation process was applied with 40% Hydrogen Peroxide and Diode laser (2 minutes in 20 minutes in total with 7W-940 nm diode laser). **Group IV:** Bleaching with ozone gas is carried out (20 minutes). **Group V:** 40% Hydrogen peroxide and ozone gas are used in combination (20 minutes H₂O₂ and 2 minutes ozone gas). Furthermore, post-bleaching measurements are made under the same conditions. Statistical evaluation of the data attained as a result of the experiments is obtained using the SPSS 25.0 package program. Significance level is adopted as $p < 0.05$. One-Way ANOVA is made use of to compare the data showing normality, and the Kruskal wallis H test is implemented to compare the independent groups that do not display normal distribution. Post-hoc Tukey and H tests are selected for multiple comparisons between groups.

Results: As a result of the statistical evaluation, it was determined that significant bleaching occurred in all groups ($p < 0.05$). However, there was no significant difference in whitening efficiency between the groups ($p > 0.05$). Based on the mean values, the lowest activity is detected in group 3, and the highest activity is revealed in group 1.

Vickers hardness value and surface roughness decreased significantly in all groups after bleaching ($p<0.05$). In the comparison between the groups, there was no significant difference in terms of hardness and roughness levels ($p>0.05$).

Conclusion: In the light of the findings obtained from our study, we suggest that ozone can be used as an alternative bleaching agent to hydrogen peroxide. In addition, it is discovered that the use of light activation is not necessary to increase the whitening effectiveness. Finally, we believe that enamel surface morphology may be affected after office bleaching methods, therefore, various precautions should be taken before and after bleaching.

Keywords: Whitening, Diode laser, Hydrogen peroxide, Ozone, Surface roughness



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Estetik diş hekimliğinin temel amaçlarından biri kişilere ideal bir gülüş kazandırmaktır. İdeal bir gülüş ise insanların sosyal hayatlarında hem daha iyi bir role yerleşmelerine hem de psikolojik açıdan daha özgüvenli ve mutlu olmalarına katkı sunar. Estetik bir gülüşün birçok bileşeni vardır. Bunlar dişlerin birbirlerine olan boyutsal oranları, dudak görünümü, dişler ile dişeti arasındaki ilişki ve dişlerin yüzün orta hattı ile olan uyumu şeklinde sıralanabilir. Bununla birlikte estetik bir gülüşü etkileyen bir diğer önemli faktör de dişlerde oluşabilen renk değişiklikleridir. Son yıllarda birçok insanın, daha sağlıklı ve genç bir görünüm elde etmek için daha beyaz dişlere olan ilgisi artmaktadır (1, 2).

Dişlerde meydana gelen renk değişimini gidermek ve daha beyaz bir diş görünümü elde etmek amacıyla kompozit ve porselen laminate veneerler, full kronlar, kompozit restorasyonlar, mekanik abrazyon ve dental ağartma gibi birçok yöntem mevcuttur. Bu tedavi yöntemlerinden diş beyazlatma işlemi, kısa sürede sonuç elde edilebilen, konservatif ve daha uygun maliyetli bir uygulama olduğundan günümüzde daha çok talep görmektedir (3). Diş beyazlatma, çeşitli kimyasal maddelerin mine ve dentin yapısındaki renkli organik pigmentlerle yükseltgenme reaksiyonuna girerek koyu rengin açılması ve daha açık bir rengin elde edilmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır (4). Dişlerin beyazlatılması için birçok yöntem ve yaklaşım vardır. Bunlar farklı ağartma ajanlarının kullanımı, ağartma maddelerinin değişik konsantrasyonda ve farklı tekniklerle aktive edilmesi gibi yöntemlerdir (5). Bununla birlikte beyazlatma işlemleri genel olarak vital ve devital beyazlatma olarak ikiye ayrılır. Vital dişlerde yapılan beyazlatma tedavileri ise ofis tipi, ev tipi ve fiziksel aşındırma olmak üzere üç farklı şekilde uygulanabilmektedir (6).

Hekim kontrolünde diş kliniklerinde uygulanan ofis tipi beyazlatmada, beyazlatma etkinliğini artırmak ve işlem süresini kısaltmak amacıyla kimyasal reaksiyonu hızlandırıcı ısı, ışık ve lazerler gibi aktivasyon araçlarından yararlanılmaktadır (7). Bu amaçla günümüzde ışık kaynağı olarak halojen polimerizasyon lambası, plazma ark üniteleri, LED'ler ve lazerler kullanılmaktadır (8).

Beyazlatma işlemi her ne kadar konservatif ve güvenli bir yöntem olsa da kullanılan kimyasal ajanlara bağlı olarak dişte hassasiyet, diş eti irritasyonu, mineral kaybı ve mine yüzeyinde morfolojik değişiklikler görülebilmektedir (9). Beyazlatma ajanlarının mine morfolojisi üzerinde oluşturduğu etkiler diş yüzeyinde bakteri plağının

tutunmasına ve bunun sonucunda çürük ve periodontal hastalıkların artmasına neden olduğu bilinmektedir. Bu olumsuz yan etkilerden dolayı araştırmacılar farklı beyazlatma ajanları üzerinde durmaktadırlar. Son yıllarda Diş hekimliğinde birçok alanda kullanılan ozonun yüksek okside edici özelliğinden dolayı beyazlatma amacıyla kullanılabileceği belirtilmiştir. Ozonun diş beyazlatmada hızlı, etkili ve zararsız olduğu ayrıca mine yüzeyinde olumsuz değişikliklere neden olmadığı bildirilmektedir (10).

Beyazlatma yönteminin etkinliğini değerlendirmede birçok seçenek vardır. Bunların başlıcaları; renk skalaları, kolorimetreler, bilgisayar destekli analiz yöntemleridir. Rehber skalalar ile yapılan ölçümler çevresel etmenlerden etkilendikleri için sübjektif ve tutarsız olarak değerlendirilirler. Bunun aksine digital aletlerle üç boyutlu olarak belirlenen rengin ise daha objektif ve daha doğru sonuçlar verdiği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. Bu nedenle bilimsel çalışmalarda çoğunlukla üç boyutlu dijital uygulamalardan faydalanılmaktadır (9).

Çalışmamızın amacı farklı ofis tipi beyazlatma teknikleri kullanarak yapılan beyazlatma işlemlerinin, beyazlatma etkinliğini ve mine yüzeyinde meydana getirdikleri değişikliklerin in vitro olarak incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Beyazlatmanın Tarihçesi

Beyazlatmanın geçmişi milattan sonra ilk yüzyıla kadar dayanmakta olup Roma'da hekimlerin üre ile diş fırçalayarak beyazlatma yaptıkları bilinmektedir (11). Günümüzden iki yüzyıl geriye gittiğimizde, beyazlatma işleminin okzalik asit uygulamasıyla 1848 yılında tarif edildiği, 1877 yılına gelindiğinde ise ilk defa Chapple'ın diş beyazlatma teknik ve yöntemini yazılı olarak ortaya koyduğu görülmektedir (12). 1879 yılında Taft tarafından beyazlatma amacıyla "Labarraque's Solution" adlı klor içeren solüsyon kullanılmıştır (11). 1895 yılında Westlake pirozone (hidrojen peroksit ve eter) ve elektrik akımını birlikte kullanarak başarılı sonuçlar elde etmiştir (13).

20. yüzyılın başlarında Abbot ilk defa hidrojen peroksitin su içerisindeki solüsyonu olan %30'luk süperoksali, ısı ve ışıkla başarılı bir şekilde aktive etmiştir. Sonraki yıllarda Prinz ve arkadaşları Abbot'un çalışmasından esinlenerek yaptıkları çalışmalarda aynı tekniği uygulamış ve ısıyla aktive etmenin beyazlatma etkinliğini artırdığı sonucunu elde etmişlerdir (14, 15). 1937 yılında ise Ames %30'luk hidrojen peroksiti etil eterle karıştırıp ısı aktivasyonu ile 30 dakika boyunca dişlerin üzerine uygulayarak başarılı sonuçlar elde etmiştir (16). 20. yüzyılın ikinci yarısına gelindiğinde ise beyazlatma ile ilgili çalışmalarda hızlı bir artış olduğu görülmektedir. 1970 yılında Cohen ilk defa tetrasiklinle renklenmiş dişlerde %35'lik hidrojen peroksit ve bir beyazlatma aleti kullanmıştır (17). 1984 yılında Zaragoza üst ve alt çenedeki tüm dişleri %70'lik hidrojen peroksit ve ısıyla beyazlatmıştır (18). Sonraki yıllarda Haywood ve Heymann karbamid peroksit kullanarak ev tipi beyazlatma yapmışlar, Croll ise minedeki yüzeysel renklenmeler için hidroklorik asit içerikli pasta sistemlerini piyasaya sürmüştür (19, 20). 1991 yılından itibaren beyazlatmada ışık aktivasyonu artarken lazer ile aktivasyon 1996'da Haywood tarafından tanımlanmıştır (19). Günümüzdeki beyazlatma işlemleri ise sıklıkla %15 ile %40 arasında değişen farklı konsantrasyondaki hidrojen peroksit içerikli ajanlar ve farklı uygulama yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir (21).

2.2. Diş Hekimliğinde Renk Kavramı

Restoratif diş hekimliğinde estetik sonuçlar elde etmek için doğru diş formu ile birlikte renk uyumunun sağlanması oldukça önemlidir. Doğal dişlerle uyumlu restorasyonları yapabilmek için ise renk seçiminin yanı sıra renk kavramının doğru bir şekilde anlaşılması gerekir (22). Estetik diş hekimliğinde renk seçimi sanılanın aksine

oldukça zor bir işlemdir. Çünkü renk görsel ve bilişsel faktörler içeren soyut bir kavramdır. Dolayısıyla renk seçiminde bireysel farklılıkların olması kaçınılmazdır (23). Renk, fiziksel bir şeyden çok daha fazlası olup yansıyan ışıklara cevap olarak ortaya çıkan fiziko-kimyasal bir algıdır ve üç temel bileşeni vardır. Bu bileşenler ışık kaynakları, bunlar tarafından aydınlatılan nesneler ve görme sistemidir. Işık bir cismin üzerine düştüğünde cismin fiziksel özelliklerine bağlı olarak rengin algılanması, yansıma, saçılma, soğurma ve iletme yoluyla gerçekleşir. Bir nesnenin rengi, onun spektral yansımaya, yani farklı dalga boyları için yüzeyden yansıyarak gelen ışığın miktarına büyük ölçüde bağlıdır. Işık göze ulaştığında enerjisi retinada bulunan fotoreseptörler tarafından emilir ve beyin tarafından yorumlanan bir sinyale dönüştürülür (24).

Renk sistemleri, olası tüm renk algılarını grafiksel olarak düzenler ve bu renklerin ilişkilerini rakamsal bir şekilde not ederek renk hakkında etkili bir iletişim kurmanın yolunu sağlar. Geliştirilen bu sistemler bilimde, sanatta ve endüstride renklerin doğru bir şekilde belirlenmesini ve eşleştirilmesini mümkün kılar. Dış hekimliğinde renkle ilgili çalışmalarda Munsell ve CIE renk sistemleri olmak üzere iki farklı sistem kullanılmaktadır. Yirminci yüzyılın ilk yıllarında Amerikalı ressam Albert Henry Munsell, ilk başarılı ve yaygın olarak kabul edilen renk sistemini geliştirdi. Munsell renk sisteminde renkler silindiriksel koordinatlarla üç boyutlu olarak gösterilmektedir. Munsell rengi hue (rengin tonu), value (açıklık-koyuluk) ve chroma (doğunluk) olarak 3 boyutlu olarak tanımlamıştır. Hue renk veya renk tonu olarak ifade edilir. Ton, beş ana gruba ayrılan spektrumdaki saf halinde bulunan herhangi bir rengin adıdır. Ton kırmızı, sarı, yeşil, mavi ve mor cinsinden ifade edilir ve uzaysal silindirin çevresinde düzenlenmiştir. Chroma ana rengin gücünü veya yoğunluğunu ifade ederken, value ise bir rengin açıklık veya koyuluğunu gösterir. Value silindirin dikey eksenini üzerinde en altta siyahtan en üstte beyaza kadar gri rengin tonlarını temsil eder. Bir rengin seçiminde en önemli kriter value değeridir (23).

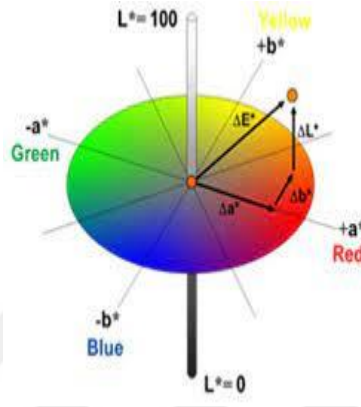
CIELAB renk düzeni sistemi, 1931 yılında Commission Internationale de l'Eclairage (CIE, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) tarafından geliştirilmiştir. Genellikle renk araştırmalarında kullanılan bu sistem ışık kaynaklarının ve gözlemcilerin renk standardizasyonuna dayanır. $L^* a^* b^*$ değerlerinin algısal bir anlamı vardır: L^* , bir rengin fiziksel yoğunluğu ile ilgili açıklık koyuluk ifadesini anlatır. Yüksek L^* değeri açık renkli cisimler için kullanılırken düşük L^* değeri koyu renkli cisimleri anlatır, a^* ve b^* ise kırmızı-yeşil ve sarı-mavi üzerindeki koordinatlardır. a^* eksenindeki pozitif

değerler kırmızılığı, negatif değerler yeşilliği tarif ederken b* eksenindeki pozitif değerler sarılığı, negatif değerler ise maviliği ifade eder.

CIE L*a*b* sisteminde delta E değeri iki cisim arasında algılanan renk farklılığının derecesini gösteren sayısal bir değerdir ve şu formülle hesaplanır:

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2} = [(l_2 - l_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2]^{1/2}$$

Delta E formülünde yer alan l₁, a₁, b₁ bir ilk ölçüm değerleri iken l₂, a₂, b₂ ikinci ölçüm değerleridir (4).



Şekil 1. CIE L*a*b* renk sistemi

Doğru bir renk seçimi yapabilmek için dişlerin renk özelliklerinin bilinmesi de önemlidir. Yeni sürmüş dişlerde mine tabakası daha opak ve tebeşirimsi görünümündedir. Bunun nedeni yüzeyel minede organik içeriğin fazla, minerallerin az ve aralıklı olmasıdır (23). Ayrıca diş rengi yaşa göre de değişiklik göstermektedir. Yaşla birlikte sekonder dentinin birikmesi ve minenin aşınmasıyla birlikte daha koyu bir görünüm ortaya çıkar. Minenin kalınlığı anatomik olarak servikalde az insizalde fazla olduğundan dolayı alttaki dentinin kole bölgesinde yansması fazla olur bundan dolayıda kole bölgesi daha koyu görünür. Mamelonlar ve interproksimal kontakt alanlar translusensi özelliği gösterir, translusensinin en fazla olduğu dişler lateral dişlerdir. Bir ağızdaki tüm doğal dişlerin renk yoğunluğu ve tonu farklıdır. Santral ve lateral dişler daha açık renge sahipken azı dişler kanin ve keser dişler arasında bir renge sahiptir (4).

2.3. Dişlerde Görülen Renklenmeler ve Nedenleri

Diş rengini algılamamız diş dokularının ışığı absorbe etmesine ve ışığı yansıtmasına bağlı olarak değişmektedir. Dişin doğal rengini temel olarak dentin rengi belirlese de minenin saydamlığı ve kalınlığı da rengi etkiler (4). Dişlerin oluşum ve gelişim evrelerinde meydana gelen değişimler dişlerin ışığı absorbe etme ve yansıtma

özelliklerini değiştireceğinden diş renginde farklılar oluşabilmektedir. Dişlerde görülen renklenme nedenlerini İç ve dış kökenli renklemeler olarak iki ana başlık altında sınıflandırabiliriz (25). Dişlerde görülen renklenme nedenleri tablo 1’de özetlenmiştir.

2.3.1. İç Kökenli Renklemeler

İç kökenli renklemeler dişlerin gelişimi esnasında meydana gelir. Diş dokularının yapısal kompozisyonun ve kalınlığının değişmesi, dişlerin ışık geçirme özelliklerinin değişmesine ve renk bozukluklarının oluşmasına neden olur. Metabolik hastalıklar, kalıtsal hastalıklar, iatrojenik, idiopatik sebepler, travma ve yaşlanma gibi birçok farklı nedenden dolayı iç kaynaklı diş renklemeleri görülebilir (25).

2.3.1.1. Metabolik Hastalıkların Neden Olduğu İç Kökenli Renklemeler

Alkaptüniri, konjenital eritropoetik porfiria ve konjenital hiperbilirubinemi gibi metabolik bozukluklar dişlerde renk değişikliğine neden olabilmektedir. Doğuştan gelen bir metabolizma bozukluğu olan alkaptüniride, tirozin ve fenilalanin metabolizmasının tamamlanmaması sonucunda homojentisik asit açığa çıkar. Bu durum kalıcı dişlerde kahverengi bir renk değişikliğine neden olur (26). Kemik iliği, kırmızı kan hücreleri, idrar, dışkı ve dişlerde porfirin birikimine yol açan porfirin metabolizmasında bir bozukluğun neden olduğu konjenital eritropoetik porfiriada dişlerde kırmızı kahverengi renk değişikliği meydana gelir (27). Konjenital Hiperbilirubinemide ise hemolizin yıkım ürünleri dişlerde sarı-yeşil renk değişikliğine neden olur. Hafif yenidoğan sarılığı nispeten yaygındır, ancak rh uyumsuzlığında görülen yoğun hemoliz, özellikle kalsifiye diş sert dokularında ve neonatal çizgide safra pigmentlerinin birikmesine yol açacaktır (28).

Tablo 1. Dişlerde görülen renklenme nedenlerinin sınıflandırılması

Dişlerde Görülen Renklenmeler

1. İç Kökenli Renklenmeler

a) Metabolik Hastalıkların neden Olduğu İç Kökenli Renklenmeler

- Alkaptonüri
- Konjenital Eritropoetik Porfiria
- Konjenital Hiperbilirubinemi

b) Kalıtsal Hastalıkların Neden Olduğu İç Kökenli Renklenmeler

- Amelogenesis Imperfekta
- Dentin Defektleri
- Dentinogenesis Imperfekta
- Dentin Displazi

c) İatrojenik Nedenlerle Oluşan İç Kökenli Renklenmeler

- Tetrasiklin Renklenmesi
- Florozis

d) Travma Nedeniyle Oluşan İç Kökenli Renklenmeler

- Pulpal Hemorajiler
- Kök Rezorpsiyonu
- Mine Hipoplazisi
- Dentin Hiperkalsifikasyonu

e) İdiyopatik Neden Olduğu İç Kökenli Renklenmeler

f) Yaşlanma Neden Olduğu İç Kökenli Renklenmeler

2) Dış Kökenli Renklenmeler

a) Metalik Olmayan Renklenmeler

b) Metalik Renklenmeler

3) Internal Renklenmeler

a) Gelişimsel Defektler

b) Kazanılmış Defektler

- Diş Aşınmaları ve Gingival Çekilmeler
- Diş Çürükleri
- Restoratif Materyaller

2.3.1.2. Kalıtsal Hastalıkların Neden Olduğu İç Kökenli Renklenmeler

Amelogenesis İmperfekta Otozomal dominant veya X kromozomuna bağlı geçiş gösteren kalıtsal bir hastalıktır (29,30). 14 farklı alt tipe sahip bu hastalıkta mine gelişimi mineralizasyon veya matriks oluşumu açısından bozulur ve bu duruma görede sınıflandırılır. Amelogenesis imperfekta dişlerdeki görünüm hastalığın tipine göre nispeten hafif hipomatür "karla kaplı" mineden, şiddetli kalıtsal hipoplazideki gibi sarı ila sarı-kahverengi bir renge kadar değişkenlik gösterebilir (28). Anormal dentin yapımı ile karakterize olan dentinogenesis imperfecta gibi dentin defektleri genetik veya çevresel etmenler nedeniyle oluşabilmektedir. Her iki dentisyonuda etkileyebilen bu rahatsızlık

dentinogenesiz imperfekta tip I-II ve III olmak üzere üç farklı tipe sahiptir. Dentinogenesis imperfekta tip II osteogenezis imperfekta ile ilişkilidir. Tek başına dentin ile ilgili durum ise dentinogenesiz imperfekta tip II dir. Bu tipte süt dişleri daimi dişlere oranla daha fazla etkilenir. Dişler genellikle mavimsi veya kahverengi renktedir ve transillüminasyonda opaklık gösterir. Pulpa odaları sıklıkla oblitere olur ve mine dokusu dentini açığa çıkaracak kadar hızlı bir şekilde aşınmaya uğrar. Kromojenler açığa çıkan gözenekli dentine hızlıca nüfuz ederek kahverengi renk değişikliğine neden olurlar (31).

1973 yılında yapılan literatür taramasında, kalıtsal dentin defektleri yeniden sınıflandırılmış ve dentin displazileri terimi geliştirilmiştir. Bu yeni sınıflama ile birlikte dentinogenezis imperfekta ile diğer kalıtsal dentin defekt tiplerinin ayrımı sağlanmıştır. Otozomal dominant özellik gösteren Tip I dentin displazisinde, süt ve daimi dişler normal şekil ve formdadır ancak renkleri kehribar yarı saydam görünümde olabilmektedir. Radyografik olarak dişlerin konik apikal daralmaları olan kısa kökleri vardır. Pulpa genellikle süt dişlenme döneminde yok olur ve daimi dişlerde mine-sement birleşimine paralel olarak sadece hilal şeklinde bir pulpa dokusu kalır. Çoğu sağlıklı dişte karakteristik periapikal radyölüsensiler vardır. Tip II dentin displazisi, Shields'ın çalışmalarında az sayıda vaka sunumu ile tanımlanmıştır. Karakteristik özelliği, çok sayıda pulpa taşı içeren deve dikenini şeklinde bir pulpa odasıdır. Alıntılanan literatür raporlarında iki tiptede dişlerde kahverengi bir renk değişikliğinden söz edilmiştir (32).

2.3.1.3. İyatrojenik Nedenlerle Oluşan İç Kökenli Renklenmeler

-Tetrasiklin renklenmesi

Tetrasiklinler plasenta bariyerini geçebilen geniş spektrumlu antibiyotiklerdir. Gelişim sırasında sistemik yolla alınan tetrasiklinler kemik ve diş sert dokularında birikirler. Bu antibiyotikler dişin kalsiyumuna bağlanarak tetrasiklin kalsiyum fosfat kompleksini oluştururlar. Bir süre sonra tetrasiklin moleküllerinin diş yapısı içerisindeki oksidasyonu sonucu dişlerde açık sarı veya koyu gri bantlar şeklinde lekelenmeler oluşur (25). Bebek ve küçük çocuklarda 12 yaşına kadar kalıcı dişler gelişmeye devam ettiğinden, bu yaşın altındaki çocuklarda, emziren kadınlarda ve anne adaylarında tetrasiklin uygulamasından kaçınılmalıdır (33).

Tetrasiklin renklenmelerinin derecesi, kullanılan ilacın tipi, dozu ve ilacın kullanım süresine bağlıdır. Tetrasiklinden etkilenen dişler, sürme sırasında daha kötü olan ve zamanla azalan sarımsı veya kahverengi-gri bir görünüme sahiptir. Işığa maruz kalma

rengi kahverengiye dönüştürür. Özellikle ön dişler ışığa bağlı renk değişikliklerine karşı daha hassastır. Tetrasiklin'in çeşitli analogları farklı renk değişiklikleri üretir, örneğin klortetrasiklin arduvaz gri bir renk üretirken, oksit-tetrasiklin kremi bir renk bozukluğuna neden olur. Tetrasiklinin bir diğer türeği olan minosiklinde ise mavimsi gri çizgilenmeler şeklinde renk bozuklukları oluşur (25, 34, 35).

-Florozis

Farklı yollarla günlük optimal dozdan daha fazla miktarda flora maruz kalma vücutta çeşitli sistemik etkilerin görülmesine neden olur (2). Dental florozis diş gelişimi döneminde doğal su kaynaklarına ilaveten ağız gargaralarından, tabletlerden veya diş macunlarından alınan fazla miktardaki florun diş yapısında birikmesiyle ortaya çıkar. Hem süt hemde daimi dentisyonu etkileyen floroziste lezyonların şiddeti yaş ve doza bağlı olarak değişkenlik gösterir. Floroziste genellikle etkilenen doku minedir. Lezyonların boyutu küçük lekelerden yaygın opak lekeler kadar değişebilir. Mine rengi ise kireçli beyazdan koyu kahverengi/siyaha kadar değişen bir görünümündedir. Kahverengi/siyah renk değişikliği muhtemelen sürme sonrasında gözenekli mineye dış kaynaklı kromoforların penetre olmasıyla oluşur (36).

2.3.1.4. Travma Nedeniyle Oluşan İç Kökenli Renklenmeler

-Pulpal Hemorajiler

Şiddetli travma sonrası dişlerde görülen renk değişikliğinin pulpa kanamasına bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir. Kırmızı kan hücrelerinin hemolizi, siyah demir sülfür oluşturmak üzere pulpa dokusu ile birleşir ve dişlerde renklenmeye sebep olur.

-Kök Rezorpsiyonu

Kök rezorpsiyonu, iç ya da dış kök rezorpsiyonu olarak pulpal veya periodontal nedenlerden dolayı her zaman kök yüzeyinde başlar. Dişler genellikle asemptomatiktir, ancak bazen ilk ortaya çıkan belirti mine-sement sınırında pembe bir görünüm olabilmektedir. Belirli bir boyuta ulaşıncaya kadar radyografide bir rezorpsiyon kavitesinin yerini tespit etmek zordur.

-Mine Hipoplazisi

Genellikle süt dentisyonundaki travma ve enfeksiyonlardan dolayı meydana gelen mine hipoplazileri, hamilelik sırasında kullanılan ilaçlar, d vitamini eksikliği ve kızamıkçık enfeksiyonu gibi birçok durumdan da etkilenir. Hipoplazili dişlerde beyaz opak lekeler, horizontal bant, pit ya da oluk şeklinde sarı ve kahverengi renklenmeler görülür (37).

-Dentin Hiperkalsifikasyonu

Bu olay travma sebebiyle dişlerde dolaşımın geçici olarak bozulması sonucunda odontoblast hücrelerinin etkilenmesiyle oluşur ve pulpa odası duvarında rastgele dentin yapımı başlar. Dişler canlı olmasına rağmen saydamlıkları azalarak renkleri sarı ve kahverengiye dönüşür (38).

2.3.1.5. İdiopatik Nedenlerle Oluşan İç Kökenli Renklenmeler

Molar insizör hipomineralizasyonu nedeni bilinmeyen molar ve kesici dişlerin minelerinin ciddi hipomineralizasyonu ile karakterize bir durumdur. Mine hipomineralize ve poröz yapıda olduğundan dolayı dişler sürmeden sonra çiğneme kuvvetlerinin etkisiyle kırılmaya yatkındır. Mine defektleri beyazdan sarı ya da kahverengimsi alanlara kadar renk farklılıkları gösterebilir ancak sağlam ve etkilenmiş mine dokusu arasında keskin bir sınır vardır (39).

2.3.1.6. Yaşlanma Nedeniyle Oluşan İç Kökenli Renklenmeler

Mine ve dentindeki yapısal değişikliklerin kombinasyonu sonucu yaşlanmayla birlikte diş rengi gittikçe koyulaşmaktadır. Sekonder dentinin hayat boyu yapımına devam edilmesi, mine dokusunun aşınmaya bağlı olarak zamanla incilmesi, tersiyer dentin yapımı ve oluşan pulpa taşları gibi faktörler dişlerin ışık iletme özelliklerini etkileyerek ileri yaşlarda rengin koyulaşmasına neden olurlar (40).

2.3.2. Dış Kökenli Renklenmeler

Dış kaynaklı renklenmeler indirekt ve direkt renklenmeler olarak iki kategoriye ayrılır. Mine dış zarı içine dahil olarak kendi renklerinin görünmesine neden olan kromojenik bileşikler direkt renklenme nedeni iken, diş yüzeyinde diş ile kimyasal etkileşimin olduğu renklenme ise indirekt renklenme olarak tanımlanır. Direkt renklenme, diyet kaynaklarından elde edilen veya alışkanlıkla ağıza yerleştirilen kromojenlerle çok faktörlü bir etiyolojiye sahiptir. Bu organik kromojenler pelikula tutunur ve verilen renk, kromojenin doğal rengi ile belirlenir. Tütün içimi veya çiğnenmesi, bazı ilaçlar, baharatlar ve kırmızı şarap gibi kromojen ürünler çay ve kahve gibi içeceklere benzer şekilde direkt lekelenmeye neden olurlar. Dişte görülen rengin gıdaya rengini veren polifenolik bileşiklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. İndirekt dış diş renklenmesi, katyonik antiseptikler ve metal tuzları ile ilişkilidir. Bu ajanlar

renksizdir veya diş yüzeyinde oluşan lekeden farklı renktedir. Diş diş renklenmeleri metalik ve metalik olmayan dış kökenli renklenmeler olarak ikiye ayrılır (41).

2.3.2.1. Metalik Olmayan Dış Kökenli Renklenmeler

Metalik olmayan dış renklenmelerde renklenme nedeni olan ajanlar plak veya pelikül gibi diş yüzeyindeki birikintilerce emilerek renk değişikliğine neden olurlar. Diyet ürünleri, içecekler, tütün, ağız gargaraları ve diğer ilaçlar gibi ürünler metalik olmayan dış kaynaklı renklenmeye neden olan olası ajanlardır. Bir diğer metalik olmayan dış kökenli renklenme tipi ise çocuklarda kromojenik bakterilerin neden olduğu renklenmedir. Bu renk değişikliği ağız hijyeni kötü olan çocuklarda yeşil/turuncu, ağız hijyeni iyi ve çürük aktivitesi düşük çocuklarda ise siyah/kahverengi lekeler şeklinde kendini gösterir (42).

2.3.2.2. Metalik Dış Kökenli Renklenmeler

Dişlerin dış kökenli renklenmesi, metalik tuzlara maruz kalma ve metal tuzları içeren birtakım ilaçlarla ilişkili olabilir. Bu duruma örnek olarak demir takviyesi alan kişiler ile demir madeninde çalışan işçilerde dişlerin karakteristik siyah renklenmesi gösterilmiştir. Aynı şekilde bakırda, endüstriyel bakır metali ile uğraşan işçilerde ve bakır tuzları içeren ağız gargaralarını kullanan kişilerde yeşil lekelenmeler şeklinde renk değişikliğine neden olur. Potasyum permanganat ağız gargaralarında kullanıldığında menekşe ile siyah renk değişikliğine sebep olur. Ayrıca diş hekimliğinde kullanılan gümüş nitrat tuzu gri renge neden olurken, diş macunlarına katılan kalay-florür ise altın kahverengi bir renk bozukluğuna neden olabilmektedir (43).

2.3.3. İnternal Renklenmeler

Diş gelişimini tamamladıktan sonra, dış kökenli renklenme sebeplerinin dişin yapısına katılmasıyla meydana gelen renk değişiklikleridir. Bu tür renk değişikliklerine minedeki defekt veya açığa çıkmış dentinin pürüzlü yüzeyi sebep olmaktadır. Mine veya dentin yapısına girerek oluşan bu renklenmelerin karakteristikleri, özellikle diyetle alınan bazı kromojenler ve tütün içmenin yan ürünleri dahil olmak üzere dış diş renk bozukluğuna neden olanlarla aynıdır. Kromojenik materyalin diş dokularının içine girmesine neden olan diş kusurları ‘gelişimsel ve edinilmiş’ olmak üzere iki başlık altında sınıflandırılabilir. Gelişimsel kusurlar, dentin ve mine üzerinde ışık iletimine olan etkilerinden dolayı dişte renk değişimi meydana getirirler. Mine hipoplazisi veya

hipokalsifikasyon ile sonuçlanan florozis ve diğer mine bozuklukları da gelişimsel defektleri sınıfına girer. Gelişimsel kusurlar, dentinogenezis imperfektada olduğu gibi, doğrudan veya daha sonra erken mine kaybına neden olarak dentini açığa çıkarabilir. Böylelikle Kromojenler dentine doğrudan girebilir ve tübüller sayesinde taşınmaları kolaylaşır. Diş aşınmaları, diş eti çekilmeleri, dental çürükler, amalgam ve kompozit restorasyonlar diş renklenmesine neden olabilen edinilmiş defektlerdir. Bu tür diş ve destek dokuların hastalıkları, aşınmaları ve kopmaları yaşam boyunca meydana gelir ve bunların tümü doğrudan veya dolaylı olarak diş renginin bozulmasına neden olabilir. (43).

2.4. Beyazlatma Yöntemleri

Renklenmiş dişlerin iç yüzeyindeki organik pigmentlerin kimyasal ajanlarla okside edilerek uzaklaştırılması ve böylelikle diş renginin açılması işlemine beyazlatma denir. Diş beyazlatma yöntemleri genel olarak vital ve devital beyazlatma olarak ikiye ayrılır (44).

2.4.1. Vital Beyazlatma

Geçmişten günümüze kadar vital beyazlatma için birçok farklı yöntem ve yaklaşım geliştirilmiştir. Beyazlatma ajanlarının konsantrasyonlarında, uygulama sürelerinde ve uygulama metotlarında değişiklik yapılarak farklı şekillerde beyazlatma işlemi uygulanabilmektedir. Bununla birlikte vital beyazlatma işlemleri temel olarak üç farklı yöntemle uygulanır. Bu yöntemler;

1. Ofis tipi beyazlatma
2. Ev tipi beyazlatma (home bleaching)
 - Hekim kontrolünde olan gece plağıyla yapılan beyazlatma
 - Hekim kontrolünde olmayan tezgah üstü ürünlerle beyazlatma (over the counter)
3. Fiziksel aşındırma (45).

2.4.1.1. Ofis Tipi Beyazlatma (Ofis Bleaching)

Ofiste beyazlatma işlemi yüksek konsantrasyonlardaki beyazlatma jellerinin diş hekimi tarafından uygulandığı yöntemdir. Ofis tipi beyazlatmada genel olarak ısıyla aktive edilmiş ya da edilmemiş %15-40 oranlarında değişen hidrojen peroksit içerikli ürünler kullanılır. Yüksek hidrojen peroksit içeriğinden dolayı yumuşak dokuların (dişetinin ve yanağın) rubber-dam ya da diş eti için özel üretilmiş ışıkla sertleşen diş eti

bariyeri ile korunması gerekir (46). Ofis tipi beyazlatma yaygın lekeler veya tek dişi etkileyen renklenmelerde, evde beyazlatma için yeterli zamanı olmayan kişilerde, plağın ağızda yer kaplamasının sorun oluşturduğu hastalarda veya ağızda kullanılan jelin tadını beğenmeyenlerde alternatif yöntemdir. Ofis tipi beyazlatmanın bir diğeri avantajı ise kısa sürede elde edilen sonuçların, tedavinin maksimum noktaya ulaşması için evde beyazlatmaya devam edilmesinde hastaya gerekli motivasyonu sağlamasıdır. Bununla birlikte her ne kadar klinikte uygulanan beyazlatma ile hızlı sonuçlar elde edilse bile tatmin edilebilir bir beyazlamanın elde edilmesi için birkaç seans gerektirmesi, yüksek maliyetinin olması ve koruyucu yöntemlere rağmen bazı durumlarda diş hassasiyetinin görülmesi bu yöntemin dezavantajlarıdır (44).

Ofisti tipi beyazlatmada işlemi daha kısa sürede gerçekleştirmek amacıyla ısı ve ışık kaynaklarında faydalanılmaktadır. Bu yöntemde yüksek konsantrasyondaki (%35-40) hidrojen peroksit hem ısı hem de ışık yöntemiyle aktive edilmektedir. Isı ve ışık kaynağı olarak; lazerler, quartz halojen lambalar, plazma ark lambaları, infared lambalar ve led gibi farklı ışık kaynakları kullanılır. Bu yöntemle ilk seansta belirgin bir beyazlatma elde edilmektedir. Ancak bununla birlikte en iyi sonucu elde etmek için çoğı zaman uygulama sayısının artırılması gerekmektedir. Beyazlatma ajanlarının ve aktivasyonda kullanılan yüksek derecedeki ısının pulpa dokusuna olan etkilerinden dolayı bu tekniğın faydaları tartışmalıdır. Ayrıca ısı ve ışıkla aktive edilen vital beyazlatma yöntemlerinde çevre dokularda hasar meydana gelme riskinin arttığı gözardı edilmemelidir (47).

2.4.1.2. Evde Beyazlatma (Home Bleaching)

Evde beyazlatma yöntemleri, çoğunlukla hekim kontrolünde olan gece plağı koruyuculu teknik şeklinde uygulanır. Bu yöntemde hastadan klinikte ölçü alınarak hazırlanan gece plaklarının içerisine düşük konsantrasyondaki beyazlatma ajanı yerleştirilerek jelin belli süre boyunca dişlere teması sağlanır. İşlem arzu edilen sonuç elde edilene kadar hasta tarafından evde belli saatler arasında uygulanır. Evde beyazlatma tekniğı, ofis tipi beyazlatmaya göre daha uygun maliyetli olması, düşük konsantrasyonlarda jel kullanılması nedeniyle hasta ve hekim açısından daha güvenilir olması gibi avantajlara sahiptir (48). Tezgah üstü (Over the counter) beyazlatma hastanın herhangi bir profesyonel yardım olmaksızın market ve eczanelerden satın alarak kullandığı ürünlerdir. Bu amaçla piyasada sakız, diş macunu, vernik ve beyazlatma bantları, gibi birçok ürün mevcuttur. Bu ürünlerden en sık kullanılanı içeriğindeki

abraziv, anti–calculus ve peroksit gibi farklı beyazlama ajanları olan diş macunlarıdır. Bir diğer ürün ise %5.3-%6.5 oranında yaklaşık 150-200 mg civarında hidrojen peroksit içeren beyazlatma bantlarıdır. Tek kullanımlık olan bu bantlar günde 2 defa 30 dakikalık sürelerle 10 ya da 14 gün boyunca dişlere uygulanarak beyazlatma elde edilir (49).

2.4.1.3. Fiziksel ve Kimyasal Aşındırma

Diş yüzeyindeki yüzeyel lekelenmelerin aşındırılarak giderilmesi tekniğine dayanan bu yöntem mikro ve makro abrazyon olmak üzere ikiye ayrılır. Mikro abrazyon asidik ve abraziv tekniklerin birarada kullanılarak mine yüzeyindeki deminalize kısmın kontrollü bir şekilde uzaklaştırılması esasına dayanır. %18’lik hidroklorik asit (HCl) ve silikon karbit içerikli aşındırıcının karıştırılmasıyla oluşan karışım, döner el aletiyle dişin labial yüzeyine 30 sn boyunca uygulanarak beyazlatma sağlanır. Makro abrazyonda ise dişler üzerindeki lokalize ve yüzeyel renklenmelerin giderilmesi için önce 12 bıçaklı kompozit bitirme frezleri ya da ince grenli elmas bitirme frezleri ile aşındırma yapılır. İşlem hava ve su soğutması altında gerçekleştirilmelidir ve işlem esnasında aşırı madde kaybindan kaçınılmalıdır. Daha sonra 30 bıçaklı bitirme frezleri ya da ultrafine grit elmas bitirme frezleri kullanılır ve son olarak lastiklerle işlem tamamlanır (50).

2.5. Beyazlatma Mekanizması

Ağartma, çözeltide veya bir yüzeyde meydana gelen rengi giderme, rengi açma işlemidir. Diş beyazlatma mekanizması, hidrojen peroksitin dişin içindeki organik kromoforlarla kimyasal etkileşimine dayanan ‘kromofor teorisi’ ile açıklanır. Kromofor olarak adlandırılan organik bileşikler bir çözeltide veya bir yüzeyde renk üreten, tek veya çift bağlara sahip olan genellikle konjuge sistemde heteroatomlar, karbonil ve fenil halkaları içeren bileşikler ifade eder. Kromoforun ağartılması ve renginin giderilmesi, konjuge zincirdeki bir veya daha fazla çift bağın yok edilmesiyle, konjuge zincirin bölünmesiyle veya konjuge zincirdeki diğer kimyasal kısımların oksidasyonu ile meydana gelebilir. Hidrojen peroksit, hidroksil radikalleri (HO), perhidroksil radikalleri (HOO), perhidroksil anyonları (HOO–) ve süperoksit anyonları (OO –) olan kararsız serbest radikaller üreten oksitleyici bir ajandır. Hidrojen peroksit diş minesindeki inorganik tuzlar arasında bulunan organik pigmentli moleküllerinin çift bağlarını bozarak etki gösterir. Çift bağ konjugasyonundaki değişiklik, daha küçük daha az yoğun pigmentli bileşikler oluşmasıyla sonuçlanır. Kromofor moleküllerindeki bu kimyasal değişimler sonucunda dişlerin optik özellikleri değişerek, diş renginin açılması sağlanır (3). Alkali

koşullar altında, hidrojen peroksit ile ağartma genellikle perhidroksil anyonu (HO_2^-) üzerinden gerçekleşir. Diğer koşullarda ise hidrojen peroksit içindeki bir OH bağının veya OO bağının homolitik bölünmesiyle H^+ iyonu verecek şekilde sırasıyla OOH ve 2OH (hidroksil radikali) serbest radikalleri oluşarak ağartma gerçekleşir. Işık veya lazer kullanılarak fotokimyasal olarak başlatılan reaksiyonlarda, hidrojen peroksitten hidroksil radikallerinin oluşumunun arttığı bulunmuştur (51).

2.6. Beyazlatmada Kullanılan Işık Kaynakları

Işık cihazlarının beyazlatma için kullanılmasının sebebi ışık Emilimi sonucu açığa çıkan ısının kimyasal reaksiyonu hızlandırarak beyazlatma ajanının uygulama süresini kısaltmasıdır. Her 10 derecelik ısı artışıyla beraber kimyasal reaksiyon hızı da iki kat artış gösterir. Ayrıca ısı artışıyla birlikte artan hidroksil iyonu sayısı beyazlatma etkinliğini arttıracak belirtilmektedir. Bu amaçla Quartz halojen lambalar, plazma ark lambaları, led ve lazerler ışık kaynakları beyazlatma tedavilerinde kullanılmıştır. Bu cihazlar hidrojen peroksiti aktive etmenin yanı sıra rezin polimerizasyonu, kavite dezenfeksiyonu ve dişeti tedavileri gibi çeşitli diş hekimliği alanında kullanılmaktadır. Zamanla bu cihazlara beyazlatma için özel ayarlar verilmiştir. Son yıllarda ise beyazlatma amacıyla daha çok led ve lazer kaynakları üzerinde durulmaktadır (52).

2.6.1. QTH (Kuartz Tungsten Halojen Lambalar)

Kuartz tungsten halojen lambalar mavi ışık yayan 380-520 nm arasında dalga boyuna sahip lambalardır. Bu ışık cihazında içinde halojen gazı bulunan tungsten filamentinin ısınmasıyla ışık enerjisi ortaya çıkar. QTH ışık kaynaklarında oluşan kızılötesi ışık ısı artışına neden olur. Oluşan ısıyı azaltma ve sadece görünür ışık elde etmek için halojen ışık kaynaklarında filtreler kullanılmaktadır. Filtreler görevini yerine getirmediği takdirde diş ve periodontal dokular oluşun ısının etkisiyle zarar görür. Bu nedenle bu cihazları kullanırken tüm aksamalarının periyodik olarak kontrol edilmesi oldukça önemlidir. QTH ışık kaynaklarında, oluşan ısıyı azaltmak için ayrıca bir fan kullanılmaktadır. Bu cihazlar aşırı ısı oluşturmaması, içindeki fanın sesli çalışması, filtrelerin etkinliğini kaybetmesi ve zamanla ışık yoğunluğunun azalması gibi sebeplerden dolayı yerini yeni ışık kaynaklarına bırakmıştır (53,54).

2.6.2. Plazma Ark Işık Cihazları

Plazma; maddenin katı, sıvı, gaz, dışında dördüncü halini tarif etmek için kullanılan bir terimdir. Işık cihazında plazma ark lambası kullanılır ve ışık elektronların, iyonların gaz karışımında olduğu bir plazma ortamında yayılır. Yüksek enerjili Plazma Ark ışık cihazlarının enerji seviyesi 1000 mW/cm^2 ve 470 nm dalga boyu aralığında kesintisiz ışık yayılımı yapar (53,55).

2.6.3. LED Işık Cihazları

Halojen ışık kaynaklarının sahip olduğu dezavantajları ortadan kaldırmak amacıyla LED teknolojisi kullanılarak yeni ışık kaynakları geliştirilmiştir. LED sistemi 400-500 nm dalga boyu aralığında, sadece görülebilir ışık üreten cihazlardır. Etkin spektrumları ise 450-490 nm dalga boyundadır. Bu değer kompozit materyallerin büyük çoğunluğunda reaksiyon başlatıcı olarak kullanılan kamforokinonun aktivasyonu için yeterlidir. Led ışık cihazları dar bir enerji spektrumuna sahip oldukları için ek olarak filtre edilmelerine gerek yoktur. Gereksiz enerji çıkışı olmadığı için oldukça az bir ısı oluşumu görülen bu cihazlarda fan kullanımına gerek duyulmamaktadır. Bu sebeple LED'ler sessiz ve küçük taşınabilir şekilde üretilmektedirler. LED ışık kaynaklarının bir diğer önemli avantajı ise zamanla ışık şiddetinde azalma olmadan uzun süre kullanılabilirlerdir. Ağartma tedavisinde kullanılan ledlerin çoğu beyazlatma amacıyla ekstra bir ayar bulunan rezin materyallerinin polimerizasyonunda kullanılan ışık cihazlarıdır. Beyazlatma amacıyla özel üretilen LED ışık kaynakları ise tüm dental arkı veya birkaç diş grubunu aktive edecek şekilde birçok ledin yanyana yerleştirilmesi şeklinde tasarlanmıştır (47,56,57).

2.6.4. Lazerler

“Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” kelimelerinin baş harflerinden oluşan “LASER”, “radyasyon salınımının (emisyonunun) uyarılması ile ışık şiddetinin artırılması” anlamına gelmektedir. Lazer etkisi 1916’da Albert Einstein tarafından ortaya konulan “Kuantum Teorisi”ne dayanmaktadır. Einstein eğer uygun boyuttaki foton, daha önce uyarılmış bir atoma çarparsa, aynı boyutta başka bir foton yayabileceğini ileri sürmüştür. Bu teori, radyasyonun kendiliğinden ve uyarılmış salınımı teorisinin gelişiminin temelini oluşturmuştur. Enerji yüklenen atom sayısı arttıkça daha fazla sayıda birbirine eş yeni fotonlar meydana gelir ve böylece ışık amplifikasyonu (çoğalımı) oluşur ve bu da lazer ışığını oluşturur (58). Lazerler normal ışıktan farklı

olarak, aynı fazda, paralel, saçılmayan, monokromatik, aynı yönlü, yüksek yoğunluğa ve enerjiye sahiptir. Tek bir noktaya odaklanması, dağılmaması ve diğer ışık kaynakları gibi farklı dalga boylarını içermemesi lazer ışınının önemli özelliklerindendir. Lazer ışığı, optik özelliklerinden dolayı doku ile emilim (absorption), geçme (transmission), yansıma (reflection) ve saçılma (scattering) olmak üzere dört olası etkileşime geçebilir.

Emilim (Absorption):

Bir lazer enerjisinin istenilen bir etki gösterebilmesi, hedef doku tarafından emilmesine bağlıdır. Dokuda emilen enerji miktarı lazerin dalga boyu, pigmentasyon miktarı, lazerin emisyon gücü gibi özelliklerine bağlıdır. Doku içerisinde emilen lazer enerjisi fototermal (ısı emisyonu), floresan (ışık emisyonu), foto-oksidasyon (foto-beyazlatma) veya fotodinamik etkiler gibi bir dizi fotokimyasal olayla sonuçlanabilir.

Geçme (Transmission)

Lazer enerjisinin hiçbir etki göstermeden derinlere ilerleyip hedef üzerinden iletilmesidir. Bu etki kullanılan lazer ışığının dalga boyuna ve hedef dokunun optik özelliklerine büyük oranda bağlıdır. Dalga boyu, doku tarafından ne kadar soğuruluyorsa ışık o kadar derine geçebilir demektir.

Yansıma (Reflection)

Işığın, hedef doku üzerinde bir etkisi olmadan hedef yüzeyinden yansımasıdır. Yansıma, speküler yansıma ve dağınık yansıma olmak üzere iki şekilde olur. Dağınık yansıma, gelen ışığın çok çeşitli yönlerde yansıması olayı iken; speküler yansıma, tam aksine ışığın bir yüzeyden ayna benzeri mükemmel yansımasıdır. Parlak ve mat boya arasındaki bitirme farkı dağınık ve speküler yansımanın en çok bilinen örneklerinden biridir. Mikroskopik olarak yüzeyin pürüzlü ya da pürüzsüz olması, lazerin dalga boyuyla birlikte yansıma modeli üzerinde etkilidir.

Saçılma (Scattering)

Lazer ışığının hedef doku üzerinden molekülden moleküle çarparak birçok yönde yayılmasıdır. Saçılma etkisi lazer enerjisinin yoğunluğunu hedef doku üzerinde azaltan bir özelliktir (59). Lazer-doku etkileşimi, seçilen lazer dalga boyunun, tedavi edilecek dental dokular üzerindeki etkilerine bağlıdır. Lazer ve doku arasındaki etkileşim, lazer dalga boyunun farklı dokuların spesifik kromoforlarına olan yakınlığı ile belirlenmektedir (60,61). Ağız içi yumuşak dokulardaki birincil kromoforlar melanin, hemoglobin ve su iken, dişte bulunan mine ve dentin dokusunun ana kromoforları ise hidroksiapatit kristalleri ve sudur.

Lazerler, biyolojik dokularda fotokimyasal, fototermal ve fotomekanik-elektirik olmak üzere 3 temel etki gösterirler.

-Fotokimyasal etkiler:

Lazer ışığının hedef doku üzerinde herhangi termal bir etkiye sebep olmadan oluşturduğu kimyasal değişikliklerdir.

-Fototermal etkiler:

Doku içerisinde oluşan ani ve hızlı ısı artışı çevredeki dokunun yapısal gerilimini aşması neticesinde termal etkiler görülür. Termal etki termal iletkenlik katsayısına, lazer ışığı ve dokunun optik özelliklerine bağlıdır.

Lazer ışığı dokuya temas ettiğinde oluşabilecek etkiler:

- 40-50°C’de enzimatik değişiklikler olur ve ödem gelişir.
- 60-65°C’nin üstünde kanın pıhtılaşması (koagülasyon) ve protein denatürasyonu görülür.
- 70-90 °C’de dehidratasyon ve doku kaynaşması gözlenir.
- 100-150°C’de hızlı bir buharlaşma ile dokuda madde kaybı oluşur.
- 200°C’nin üzerinde ise dokuda karbonizasyon ve yanmalar görülür.

-Fotomekanik ve foto-elektriksel etkiler:

Fotomekanik etkiler, mekanik şok dalgaları sonucu oluşan hızlı termal genişleme (fotoablasyon) veya optik geri kırılmalar (fotodistrüpsiyon) olarak belirtilirken; fotoelektriksel etki ise, elektriksel şarjla dokunun çıkarılıp uzaklaştırılması (fotoplazmoliz) olarak tanımlanır (61). Beyazlatma jelinin lazerle aktive edilmesi beyazlatma işleminin daha kısa sürede bitmesini sağlar ve hastanın yapılan işleme uyumunu kolaylaştırır. Beyazlatma işlemi amacıyla, Argon iyon, KTP, He-Ne, Nd: YAG, CO₂, ErCr:YSGG, Er:YAG ve Diyet lazerler kullanılır (62).

2.6.4.1. Diyet Lazer

Diyet lazer alüminyum ya da indiyum, galyum ve arsenit gibi yarı iletken kristaller barındıran katı bir lazerdir. Dental uygulamalarda kullanılabilen diyet lazerlerin dalga boyu 810-980 nm arasındadır. Su ve diş mineralinde diyet lazerler düşük miktarda absorbe olurken, pigmente dokularda çok yüksek oranda absorbe olurlar (59). Diyet lazer diş hekimliğinde dişeti şekillendirmesi, küretaj, oral ülserlerin tedavisi, frenektomi, gingivektomi, çürük teşhisi, biyostimülasyon, kök-kanal ve periodental cep dezenfeksiyonu dentin aşırı duyarlılık tedavisi ve beyazlatma gibi tedavilerde kullanılmaktadır. Lazer ile beyazlatma işleminde fototermal ve fotokimyasal olarak iki

yöntem mevcuttur. Fototermal yöntem power bleaching olarak da bilinen beyazlatma şeklidir. Power bleaching yönteminde emilen ışık ısı enerjisine dönüşür ve sıcaklık artışı olur. Fotokimyasal yolla beyazlatmada ise beyazlatma işleminin gerçekleşmesi makromoleküler ve doku içindeki kimyasal etkileşime bağlı olarak gerçekleşir. Fotokimyasal beyazlatmada oksijene direkt olarak enerji vermek için görünür ışık enerjisinden faydalanılır.

Bir beyazlatma ajanının aktivasyonu için diyot lazerin kullanımı birçok avantaj sağlar:

- Daha kısa çalışma süresi olduğundan aşırı beyazlatma ve işlem sonrası hassasiyet az görülür.
- Yerde kullanıldığında pulpada sıcaklık artışı minimum olur ve pulpa odası zarar görmez.
- Kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan oksijeni, mine ve dentinde daha derin dokulara ileterek tetrasiklin renklenmesi gibi derin renkleşmelerde etkili sonuç verir (63).

2.7. Beyazlatma Tedavisinde Kullanılan Ajanlar

Dış hekimliğinde beyazlatma amacıyla kullanılan ajanların içerisinde etken madde olarak genellikle hidrojen peroksit bulunur. Bunun dışında peroksit içermeyen kalınlaştırıcı ajanlar, üre taşıyıcılar, nemlendiriciler de beyazlatma ajanları içerisine katılan diğer maddelerdir (64).

2.7.1. Hidrojen Peroksit

Hidrojen peroksit, oksijen-oksijen tek bağı olan kimyasal bir ajandır. Oda sıcaklığında ve basıncında renksiz, yoğunluğu suyun yoğunluğundan biraz fazla ve acı tadı olan bir sıvıdır. Hidrojen peroksit, bir serbest radikal olmadığı halde süperoksit (O_2^-), hidroksil (H_2O), peroksil (ROO) ve alkoksil (RO) ile birlikte reaktif oksijen türleri (ROS) kapsamına girer ve serbest radikal biyokimyasında önemli bir rol oynar (64). Reaktif oksijen radikalleri, deoksiribonükleik asit (DNA) zincir kopmalarına, genotoksisiteye ve sitotoksisiteye neden olan potansiyel bir hücre hasarı kaynağıdır ancak bu radikaller ne biyolojik membranları geçme ne de hücre içinde uzun mesafeler kat etme eğilimi gösterir. Ayrıca antioksidanlar, hidroksil radikallerini suya indirgeyen bir elektron kaynağı sağlarlar (65). Yapsındaki eşleşmemiş elektronlar sayesinde güçlü oksidan özelliğe sahip olan hidrojen peroksit, serbest radikallerin, reaktif oksijen moleküllerinin

ve hidrojen peroksit anyonlarının meydana gelmesinde çok güçlü bir oksitleyici ajan olarak görev alır. Bu reaktif monomerler uzun zincir yapısına sahip renkli molleküllere etki ederek onları daha kısa, daha açık renkli ve daha kolay difüze olabilen molekül haline getirir (66,67).

2.7.2. Karbamid Peroksit

Karbamid peroksit, hidrojen peroksit ve üre oluşturmak üzere ayrıışan organik bir bileşiktir (yaklaşık olarak %30 HP ve %70 üre ile sonuçlanır). Daha çok hekim kontrolünde evde beyazlatma tekniğinde tercih edilen karbamid peroksit %10 ile %35 arasında değişen oranlarda kullanılmaktadır. %10'luk karbamid peroksit %3.5 hidrojen peroksit ve %6.5 üreye parçalanır. Hidrojen peroksit sırayla su, oksijen ve serbest radikaller üretir ve bu yan ürünler beyazlatma etkisine neden olur. Öte yandan üre, amonyak (NH₃) ve karbon dioksit (CO₂) dönüşerek, hidrojen peroksiti stabilize eder ve çözeltinin pH'ını yükseltir. Yüksek pH, hidrojen peroksitten serbest radikaller oluşturmak için daha az aktivasyon enerjisi gerektirir ve reaksiyon hızı asidik bir ortama göre daha hızlıdır (68).

2.7.3. Sodyum Perborat

Sodyum perborat, toz halinde bulunan oksitleyici bir maddedir. Kuru halde stabil olan sodyum perborat asit, sıcaklık ve nem varlığında hidrojen peroksit ve oksijen formuna dönüşür. Monohidrat, tetrahidrat ve trihidrat formları bulunan sodyum perboratın açığa çıkarmış olduğu oksijen miktarı bulunduğu forma göre değişiklik gösterir. Sodyum perborat, cansız dişlerin beyazlatılmasında kullanılan güvenli, etkili ve nispeten ucuz bir intrakoronal beyazlatma ajanıdır (69).

2.7.4. Ozon

1785 yılında Van Marum, elektrostatik cihazının yanında elektrik kıvılcımları oluşurken değişik bir kokunun varlığını saptamış, aynı koku 1801 yılında suyun elektrolizi sırasında Cruickshank tarafından da tespit edilmiştir. 1840 yılında Alman kimyager Christian Freidrich Shonbein bu gazı, yunanca da “koklamak” manasına gelen “OZON” adını vermiştir ve 1856 yılında ameliyathane dezenfeksiyonunda kullanılmıştır. 1900 yılında Nicola Tesla tarafından ozon jeneratörü patenti ilk defa alınmıştır. Ozon gazı (O₃), aktif atomik oksijen (O⁺²) ile oksijen molekülünün (O₂) birleşmesinden meydana gelir. O₂ molekülünün aktif atomik oksijene (O⁺²) dönüşmesi için yüksek enerjiye

(68.400 cal) gerek vardır. Bu enerji ultraviyole ışınından, elektriksel ve kimyasal enerjiden sağlanır. Yüksek enerjili güneş ışığı oksijen molekülüne çarparak oksijen atomu meydana gelir ve oksijen atomunun oksijen molekülüyle birleşmesinden de ozon gazı oluşur (70).

Yarılma ömrü 20°C de 40 dk olan ozon, oksijene göre suda 10 kat daha fazla miktarda çözünür ve 1,6 kat daha yoğundur. Ozon, oksidanlar arasından florin ile persülfattan sonra doğada bulunan en kuvvetli oksidandır. Ticari olarak kullanılan ve doğal tek dezenfektan olan O₃, gaz halde mavi, sıvı ve katı halde ise mavi/siyah renktedir. Ozon gaz formunda iken normal basınç ve sıcaklık altında oldukça aktif ve kararsız bir yapıdadır (70,71).

2.7.4.1. Ozonun Diş Hekimliğinde Kullanımı

Ozon etkili bir bakterisit, virusit, fungusit ve güçlü okside edici bir doğal ajan olmasından dolayı tıpta ve diş hekimliğinde birçok alanda kullanılmaktadır. Ozon gazı diş hekimliğinde ilk defa 1932 yılında E.A. fisch tarafından kullanılmıştır. Bu tarihten 2000' li yıllara kadar da diş hekimliğinde ozon gazı ile ilgili bir kullanım bildirilmemiştir. Ozon, diş hekimliğinde ilk olarak oral kavitede bulunan enfeksiyöz hastalıklarını tedavi etmek amacıyla kullanılmıştır. Günümüzde ozonun tedavi edici ve tedavileri tamamlayıcı özelliği ispatlanmış olup var olan tedavi yöntemlerine karşı bir seçenek ya da onları tamamlayan non-invaziv bir tedavi yöntemi haline gelmiştir. Ozon diş çürüğü, periodontal ve endodontik tedaviler de kullanıldığında birçok avantaj sağlar (72).

Ozonun diş hekimliğinde kullanım alanları;

- Kavitasyon oluşmamış kök yüzey çürüklerinin önlenmesi amacıyla
- Kavite dezenfeksiyonu
- Oral liken planus tedavilerinde
- Dişeti iltihabı ve periodontitiste
- Halitozis tedavisinde
- Çene osteonekrozu
- Braketlerin etrafındaki demineralizasyonun önlenmesi amacıyla
- Ameliyat sonrası ağrı yönetiminde
- Dentin aşırı duyarlılığının giderilmesinde
- Temperomandibular eklem bozukluklarında
- Kök kanallarının dezenfeksiyonunda
- Diş beyazlatmada kullanılır

Son yıllarda yapılan çalışmalarla ozonun oksitleme özelliğinden dolayı beyazlatma tedavilerinde kullanılabileceği öne sürülmüştür (73). Ratlar üzerinde yapılan bir çalışmada, ozonun derinliklere nüfuz edip tetrasiklin renklenmesine sahip dişleri ağartmada başarılı olduğu bildirilmiştir (74). Ayrıca ozonun hızlı, etkili bir beyazlatmanın yanı sıra zararsız bir yöntem olduğu ve diş sert dokularının topografyasında bir değişikliğe neden olmadığı belirtilmiştir (73).

2.7.5. Diğer Ajanlar

Diş beyazlatma ürünleri, aktif madde olan hidrojen peroksit dışında taşıyıcı olarak gliserin, viskosite artırıcı madde olarak karbapol ve bir dizi tatlandırıcı madde içerebilir. Karbapolün oluşturduğu viskosite sayesinde beyazlatma ajanı taşıyıcılara ve dişlere daha iyi adapte olur. Viskositesi artan beyazlatma ajanın oksijen salınımı yavaşlar ve yavaşlayan beyazlatma ajanı daha uzun süre aktif kalarak beyazlatma etkinliği artırır. (75).

İnsanda tükürük bezleri tarafından üretilen üre tükürük ve dişeti oluşu sıvısında bulunur. Ürenin kimyasal reaksiyonla ayrışmasından amonyak ve karbondioksit açığa çıkar. Ürenin ayrışması sonucu açığa çıkan ürünler pH'yı artırır ve hidrojen peroksiti stabilize eder. Böylelikle beyazlatma etkinliği artar. Ayrıca üre çürük proflaksisi, tükürük akışını artırması ve yara iyileşmesi üzerindeki olumlu etkilerinden dolayıda beyazlatma tedavisinde kullanılan ajanlara eklenmektedir. Beyazlatma ürünlerinin hepsi sitroksasin, fosforik asit, sitrik asit, sodyum stannat gibi koruyucu içeriklere sahiptir. Bu koruyucu içerik hidrojen peroksitin parçalanmasını hızlandıran demir, bakır, magnezyum ve benzeri metallere karşı beyazlatma ajanına dayanıklılık ve stabilite sağlar (7).

2.8. Beyazlatma İşleminin Endikasyonları, Kontrendikasyonları ve Yan Etkileri

2.8.1. Endikasyonlar

- Travma sonucu oluşan renklenmeler
- Düzgün yüzeye sahip, opak olmayan lezyonlar dışındaki florozis renklenmeleri
- Kahve, çay, sigara renklenmeleri
- Kompozit restorasyon ve protetik restorasyon öncesinde mevcut diş renklenmelerinin tedavi edilmesi amacıyla
- Hafif seviyede sarı ve gri renkli tetrasiklin renklenmeleri

- Pembemsi kahverengi porfiri renklenmeleri
- Sarı veya kahverenkli dişler

2.8.2. Kontrendikasyonlar

- Ağartma ajanının içeriğine alerjisi olanlar
- Dişeti çekilmesine bağlı olarak kök yüzeyinin açığa çıktığı durumlarda
- Hamile ve emziren bayanlarda
- Aşırı beklentisi olan hastalarda
- Minenin yokluğunda (aşınma,hipoplazi durumları gibi)
- Şiddetli periodental hastalık durumunda
- Temporo mandibular eklem rahatsızlığı olan hastalarda
- 14 yaşından küçük çocuklarda
- Bazı sistemik hastalıklarda (eritroblastozis fetaliste, thalasemia, okronoziste)
- İleri derecede florozis ve tetrasiklin renklenmelerin de (7).

2.8.3. Beyazlatma Tedavilerinin Yan Etkiler

2.8.3.1. Dişeti İrritasyonu

En yaygın görülen yan etkilerden biridir. Gingival irritasyon hem mekanik hem de kimyasal olarak meydana gelebilir. Mekanik irritasyon evde beyazlatma esnasında kullanılan plakların dişetine baskı yapması sonucunda meydana gelir. Kimyasal irritasyon ise bütün beyazlatma türlerinde dişin yüzeyi için kullanılan ajanların dişetine taşması sonucu meydana gelir. Bu sebeple beyazlatma ajanları kullanıldığı zaman gingival bölgede dişeti bariyeri muhakkak kullanılmalıdır. Şayet bu kurala uyulmazsa kimyasal yanıktan dolayı ağrılı, beyaz görünümlü bir gingiva oluşur. Ayrıca hastalar, beyazlatma işleminden önce dişetlerini sert fırçalamamaları konusunda uyarılmalıdır. Çünkü beyazlatma ajanı, gingiva içinde oluşan çizik ya da yarık hattından geçip yapışık dişetine zarar verebilir (76).

2.8.3.2. Pulpa Üzerinedeki Yan Etkiler

Hidrojen peroksit ve karbamid peroksit düşük molekül ağırlığı nedeniyle mine ve dentine geçerek pulpaya ulaşabilmektedir. Bu durum pulpal enzimlere etki ederek duyarlılığa ve hücresel yapılarda değişikliğe sebep olur. Ancak pulpada görülen bu değişiklikler geri dönüşümlüdür (21).

1994 yılında yapılan bir klinik çalışmada %10 luk karbamid peroksitle 4 hafta boyunca tedavi edilen 28 hastanın pulpalarının durumları incelenmiştir. Dijital pulpa testiyle yapılan ölçümlerde deney ve kontrol grupları arasında bir fark görülmemiştir. 4. hafta sonunda hastalar hassasiyet sebebiyle tedaviyi yarım bırakmışlardır. Sonrasında ise hissedilen pulpal duyarlılığın zaman içinde kaybolduğu görülmüştür (77).

Hassasiyetin aşırı olduğu durumlarda tedavi derhal sonlandırılmalıdır. Beyazlatma uygulanan bölge bol su ile yıkanmalı ve sonrasında flor uygulanmalıdır. Yeni gelişen teknolojiyle birlikte piyasaya sürülen bazı ajanların içinde hassasiyeti azaltmak amacıyla potasyum nitrat ve florür ilavesi yapılmıştır (78).

2.8.3.3. Servikal Kök Rezorpsiyonu

Yapılan klinik ve histolojik çalışmalar sonucunda intrakoronal ağartma sonrasında görülen en ciddi komplikasyonun servikal kök rezorpsiyonu olduğu bildirilmiştir. Bu tür durumlarda diş genellikle asemptomatik olur ve rezorpsiyon tesadüfen çekilen radyografiler sonrası tespit edilir (79).

Heithersay 1999 yılında 222 hastada 257 dişte, servikal rezorpsiyon etyolojisini incelemiştir. Bu araştırmaya göre olguların %24.1'i ortodontik tedaviden, %15.1'i dental tedaviden, %5.1'i cerrahi işlemlerden ve %3.9'u intrakoranal ağartmadan sonra oluşmuştur. Bazı durumlarda okside edici ajanlardan hidrojen peroksitin özellikle %30' luk konsantrasyonunun dişte hassasiyet ve dişeti papilinde şişme meydana getirdiği bildirilmiştir. Ancak periodonsiyumun ve sementin hasarına sebep olan mekanizma açığa çıkarılamamıştır. Bununla birlikte irritasyon yapan ajanların dentin kanallarına geçtiği ve bu kanallar yoluyla da sement-mine bileşimindeki kusurlu bölgelerden periodonsiuma ilerlediği düşünülmektedir (80).

Bu durumu açıklamak için Harrington ve Natkin tarafından 1979 yılında görülen servikal rezorpsiyonların ortak özellikleri şu şekilde sunulmuştur:

- Dişlerin hepsi bir travma neticesinde nekroz olmuştur.
- 11-15 yaşları arasında hasta grubu
- Aralarında 1 vaka hariç diğer vakaların bir ya da iki yıl sonra kök kanal tedavisini takiben ağartma işlemi yapılmıştır.
- Ağartma ajanı olarak da kostik bir ajan kullanılmış ve ağartma ajanı ısıyla aktivasyon yapılmıştır
- Vakaların hepsinde rezorpsiyon olayı servikal bölgede görülmüştür.
- Vakaların hiçbirinde ikinci bir travma olayı gerçekleşmemiştir (81).

Tüm bu bilgilere rağmen intrakoronal ağartma ile servikal rezorbsiyon arasında kesin bir ilişki kurulamamıştır. Ancak servikal rezorpsiyonun nedeni, ağartma ajanının dentin kanallarına nüfuz ederek periodental dokuya ulaşması ve enflamatuvar süreci başlatması olduğu düşünülmektedir (82).

2.8.3.4. Beyazlatma Ajanının Toksik ve Sistemik Etkileri

Peroksitler serbest oksijen radikalleri oluşturduğu için hem fizyolojik hem de patolojik hasarlar ortaya çıkarabilirler. Bu serbest radikallerin mutajenik, karsinojenik, yaşlanma, felç ve dejenratif hastalıklarla ilgili olduğu bildirilmiştir. Hidrojen peroksit suda, havada, serumda, nefeste ve medikal ürünlerde görülmektedir. Günde yaklaşık olarak 6,48 gram kadar hidrojen peroksit, insan metabolizma ürünü olarak karaciğerden açığa çıkmaktadır. Bununla birlikte hidrojen peroksit gibi zararlı ürünlerin hücrelerde meydana getireceği yıkımı engellemek için savunma mekanizmaları bulunmaktadır. Süperoksit dismutaz, katalaz, askorbat ve vitamin E gibi vücut sıvılarında, dokularda, organlarda bulunan enzimler hidrojen peroksitin hızlıca metabolize olmasını sağlar (81).

Son yıllarda yapılan in vitro hücre kültürü çalışmalarında toksisite miktarının peroksit içeriğiyle orantılı olduğu bildirilmiştir. Buna rağmen %10'luk karbamid peroksit ve %4'lük hidrojen peroksitin sahip olduğu toksisitenin diş macunu, ağız gargarası, rezin kompozitler ve öjenole göre daha az olduğu bildirilmiştir (83).

Fareler ile yapılan bir çalışmada fare midesine %10'luk KP beyazlatıcı ajan 24 saat bırakılmış ve ülserasyon açısından değerlendirilmiştir. Beyazlatma ajanının çıkarıldıktan sonra mide iyileşmiş ve böbrek ve karaciğerde herhangi bir yaralanma görülmemiştir. Beyazlatma ajanları doğru olarak kullanıldıklarında yumuşak dokulara teması az olur. Bu sebeple işleme başlamadan önce yumuşak dokuların ekarte edilmesi ve diş eti bariyeri kullanılması oluşabilecek riskleri en aza indirmek için oldukça önemlidir. Vücut savunmasında yer alan katalaz enzimi hidrojen peroksitin su ve oksijene dönüşmesini sağlar. Bu nedenle hidrojen peroksit uygulamadan önce dokulara katalaz uygulanması oluşacak patolojik değişiklikleri önler. Tüm bu olaylara ilaveten % 10'luk KP ile iki çeneninde tedavi edildiği düşünülürse 3.52 mg hidrojen peroksit açığa çıkar ki buda karaciğerde üretilen peroksitin %0.054' ü kadardır (84).

2.8.3.5. Ağartma İşleminin Mine ve Dentin Üzerine Etkileri

Diş sert dokularını meydana getiren mine ve dentinin mineral fazı kalsiyum ve fosfat içeren hidroksi apatit yapısındadır. Bu yapı minede %96 oranında iken dentinde

yaklaşık %70 civarındadır (85,86). Diş yapısının sertliğini, her ne kadar bu yüksek orandaki hidroksi apatit kristalleri belirlesede esas önemli olan inorganik ve organik matriks arasındaki bağlantıdır. Organik ve inorganik yapı arasındaki kimyasal ve yapısal etkileşim dişlerin sertlik ve kırılma dayanımı gibi mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Hidrojen peroksit gibi güçlü ağartma ajanları yüksek konsantrasyonlarda uygulandığında dişin organik matriksine zarar verebilir. Sert dokudaki organik ve inorganik dengenin bozulması sonucunda ise dişin mekanik özelliklerinde zayıflama görülebilmektedir. Bu durum %20 civarında organik içeriğe sahip olan dentini daha çok etkilemektedir (87).

Beyazlatma işleminin mine yüzeyine olan etkisini değerlendiren birçok çalışma yapılmıştır. Bazı araştırmacılar beyazlatma ürünlerinin mine yüzey yapısına zararlı etkilerinin olmadığını belirtirken bir grup araştırmacı ise uygulama miktarı ve şekline göre beyazlatmanın dişlerde porözite, demineralizasyon, organik matriks yıkımı ve mineral kaybına bağlı kalsiyum/fosfor(Ca/P) oranında değişim gibi etkilere neden olduğunu bildirilmiştir (88-91). Beyazlatma sonrası mine yüzey morfolojisinde meydana gelen değişiklikleri değerlendirmek amacıyla yapılan sem çalışmalarında %10'luk ve %20'lik karbamid peroksitin minede önemli değişikliklere neden olmadığı görülmüştür (89,92). Bunun aksine yapılan diğer çalışmalarda mine morfolojisinde çok ciddi değişiklikler veya aşınmalar olduğu görülmüştür (93,94).

Fearon, farklı beyazlatma yöntemleri ile ilgili yapmış olduğu bir dizi çalışma sonucunda yüksek konsantrasyonlu hidrojen peroksitin diş yüzeyinde yapısal değişikliklere neden olduğunu ve %35'lik hidrojen peroksitin mine prizmalarında hasar oluşturduğunu raporlamıştır (95). Rotstein ve ark. beyazlatma işlemi sonrası mine, dentin ve sementin histokimyasal incelemesini yapmışlardır. Bu çalışmada minede hidrojen peroksit uygulaması sonrası Ca/P oranında belirgin azalma tespit edilirken, karbamid peroksit uygulamasından sonra ise Ca seviyesinde artma olduğunu belirtmiştir. Dentin ve sementte ise hem hidrojen peroksit hemde karbamid peroksit'e bağlı olarak Ca/P oranında azalma olmuştur (96).

Hidrojen peroksidin güçlü oksidasyon etkisi beyazlatma sonrası dişin organik matriksinde değişikliklere neden olmaktadır. Bu durum mine ve dentinin sertliğinde azalmaya ve mineral içeriğinde değişikliklere sebep olur. Yapılan bir çalışmada ağartma işleminden sonra mikrosertliğin beyazlatma ajanının tipi ve konsantrasyonuna göre değiştiği tespit edilmiştir (97). Bununla birlikte yapılan bazı araştırmalarda ise %10'luk

karbamid peroksitin minenin mikrosertliğinde değişikliğe neden olmadığı gözlemlenmiştir (92,98).

Beyazlatma sonrası dentin sertliğinde ve dentin yüzeyinde de değişiklikler olmaktadır. Dentinin organik içeriği değiştiği için, dentinin kimyasal yapısı da değişir. Yapılan bir çalışmada %33'lük hidrojen peroksitle maruz kalmış dentinde intertubuler alanda, sertlik ve elastik modülünde azalmalar görülmüştür. %30'luk hidrojen peroksit konsantrasyonunun yapısındaki asidite özelliğinden dolayı tubuler açıklığı artırdığı buna bağlı olarakta permabilite artışı olduğu gösterilmiştir. Dentinin geçirgenliğindeki bu değişim dentinin belirgin şekilde kontaminasyonuyla sonuçlanmış ve bu kontaminasyon neticesinde de external kök rezorpsiyonunun olduğu iddia edilmiştir (99).

2.8.3.6. Ağartma Ajanının Restoratif Materyaller Üzerine Etkisi

Ağartma ajanının restoratif materyallere etkisi kullanılan restoratif materyal ve uygulama süresine göre değişiklik gösterir. Beyazlatma ajanı rezin esaslı restoratif materyalde su emilimini artırarak materyalin yüzey özelliklerinin değişmesine neden olur (100). Cooley ve Burger %10'luk karbamid peroksidin kompozit rezinlerde renk değişikliğine yol açtığını bildirmişlerdir (101). Bu görüşün aksine Haywood ve Heymann ise kompozit rezin restorasyonlarda renk değişimi olmadığını değişen rengin diş rengi olduğunu ve bununda restoratif materyalin renk algısının değişmesine neden olduğunu bildirmişlerdir (102).

Beyazlatma işleminin amalgam restorasyonlara olan etkisi incelendiğinde ise beyazlatmadan sonra amalgamdan daha fazla cıva salınımı gerçekleştirdiği belirtilmiştir (103). Son olarak ağartma işleminin cam ionomer restorasyonlarda cam ionomerin matriks yapısını bozduğu, porselen ve altın restorasyonlara ise çok sınırlı düzeyde etki ettiği bildirilmiştir (104).

2.8.3.7. Adesiv Rezinlerin Mine ve Dentine Bağlanma Gücüne Etkisi

Beyazlatma işlemi uygulandıktan sonra adeziv rezinlerin mine ve dentine bağlanmasında kayda değer bir azalma olmaktadır. Torneck ve ark. yaptığı bir çalışmaya göre %35'lik hidrojen peroksitle yapılan beyazlatma işleminin ardından yapılan rezin restorasyonun bağlanma gücünde bir azalma olduğu belirtilmiştir (105). Cvitko ve ark. yaptığı bir çalışmaya göre %10'luk karbamid peroksit uygulanan minede bağlanma gücü önemli ölçüde düşük bulunmuştur (106).

Bu duruma minedeki rezin tagların azalması ve yüzeyde bulunan oksijen varlığının polimerizasyon üzerindeki olumsuz etkilerinin neden olduğu düşünülmektedir. Bağlanma üzerindeki bu etki klinik açıdan oldukça önem arz etmektedir. Çünkü beyazlatma işlemi çoğunlukla restorasyon yapımı öncesi diş estetiğini düzeltmek için yapılmaktadır. Bu yüzden de restorasyon yapımının beyazlatma işleminden iki hafta sonrasına ertelenmesi önerilmektedir (107).

2.9. Estetik Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Ölçüm Yöntemleri

Algılanılan rengin iletişime dönüştürülmesine renk ölçümü denir. Klinik diş hekimliğinde renk ölçümü iletişim, çoğaltma, doğrulama başarısını artırma ve nihai herhangi bir uygulamada estetik restoratif çalışmanın verimliliğini yükseltmek amacıyla yapılmaktadır. Renk seçiminde görsel ve aletli ölçüm olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır (108). Hastanın dişinin skaladaki diş ile karşılaştırılması prensibine dayanan görsel yöntem kliniklerde en sık kullanılan renk seçim yöntemidir. Bununla birlikte renk algısı yorgunluk, yaşlanma, nesne, göz, aydınlatma ortamı ve metamerizim gibi birçok faktöre bağlı olarak bireyler arasında değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle gözle yapılan renk seçimi oldukça sübjektif ve tutarsız bulunmaktadır. Görsel ölçüm yöntemlerindeki tutarsızlıkları azaltmak veya üstesinden gelmek amacıyla spektrofotometreler, kolorimetreler, dijital kameralar ve gölge analizi verilerinin yorumlanması gibi dental renk ölçüm aletleri piyasaya sürülmüştür (109).

2.9.1. Spektrofotometre ile Renk Ölçümü

Spektrofotometreler diş hekimliğinde genel renk eşleştirme için en doğru, kullanışlı ve esnek araçlardan biridir (110). Görünür spektrum boyunca 1-25 nm aralıklarla bir nesneden yansıyan ışık enerjisi miktarını ölçerler. Spektrofotometre cihazı bir optik radyasyon kaynağı, bir ışık dağıtma aracı, ölçüm için bir optik sistem, bir detektör ve elde edilen ışığı analiz edilebilecek bir sinyale dönüştürme aracı içerir. Spektrofotometrelerden elde edilen veriler yönlendirilmeli ve diş hekimleri için faydalı bir forma dönüştürülmelidir. Aletler tarafından elde edilen ölçümler sıklıkla dental renk kılavuzlarına anahtarlanır ve renk sekmesi eşdeğerine dönüştürülür (109). Spektrofotometre cihazı spektrofotometrik denen çoklu sensör sistemi ile çalışır. Kolorimetre cihazlarının aksine üç sensör yerine birçok dalga boyunda ölçüm yapabilecek çok sayıda sensöre sahiptirler. Ayrıca farklı ışık kaynakları altında farklı ve detaylı ölçüm yapabilmektedirler. İnsan gözüyle veya geleneksel tekniklerle yapılan

gözlemlerle karşılaştırıldığında, spektrofotometrelerin doğrulukta %33 artış ve vakaların %93.3'ünde daha objektif bir eşleşme sunduğu gösterilmiştir. Bu sebeplerden ötürü spektrofotometre cihazları daha profesyonel sahalarda ve bilimsel çalışmalarda sıklıkla tercih edilmektedirler (111).

2.10. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri

Gözle görülebilen veya görülemeyen hassas cihazlarla ölçülebilecek seviyede olan küçük aralıklı yüzey düzensizlikleri yüzey pürüzlülüğü olarak adlandırılır. Yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için iki yöntem kullanılır. Bunlar dokunmalı aletlerin bulunduğu pinomatik, akustik, iğne taramalı ve kapasitans ölçüm yöntemleriyle dokunmasız aletlerin yer aldığı ultrasonik ve optik yöntemlerdir. Dokunmalı yöntemlerden en sık kullanılan dokunmalı iğne taramalı yöntem profilometresidir (112).

2.10.1. Profilometre ile Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Profilometre yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için kullanılan iğne temas tekniği taramalı bir cihazdır. Profilometreler iki boyutlu ölçüm yaparlar. Örnek yüzeyi üzerinde sabit doğrusal bir mesafede, boyutları belirli elmas bir uç yardımıyla yüzeye temas ederek, yüzeyin taranması prensibiyle çalışırlar. Sensor X eksen boyunca hareket eder ve dikey eksendeki yükseklik farklarını makinenin dönüştürüm sistemini referans alarak hesaplar. Bu nedenle çalışılan bölgedeki yüzeyin paralelliği ve sensörün eksen dönüştürümü mutlaka dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır (112). Profilometrelerin sensörleri, yüzeyi elmas uç yardımıyla yatay olarak 20-50µm çözünürlük ile tararlar. Yüzeydeki oluk değerlerinin etkilememesi için çeşitli açılarla ölçümler yapılmalıdır. Mekanik profilometreler ile hem dijital hem de analog donanım ve yazılım kullanılarak değerleri kaydedilebilmektedir (113). Cihazdaki elmas tarayıcı ters kaldırma ucun numunenin yüzeyinde ilerlerken, yüzey pürüzlülüğü değerleri dijital olarak hesaplanıp kaydedilir. Yüzeylerin profilometre ile incelenmesinde Ra, Rz, Rmax gibi çeşitli parametreler vardır:

Ra: Belirli bir ölçüm aralığındaki tüm yüzey düzensizliklerinin mutlak toplamalarını aritmetik ortalamasını ifade eder.

Rz: Belirli mesafedeki birbirini takip eden 5 tane en yüksek en alçak noktanın ortalamasını ifade eder.

Rmax: Belirli mesafedeki en yüksek ve en derin noktalar arası mesafeyi belirtir

Bilimsel çalışmalarda yüzey pürüzlülüğü çoğunlukla (Ra) aritmetik ortalama olarak ifade edilir (114).

2.11. Yüzey Sertliği Ölçüm Yöntemleri

Malzeme üzerinde yapılışının basit olması ve malzemeye hasar vermemesinden dolayı tercih edilen en genel mekanik deneylerden biri sertlik deneyidir. Ayrıca, malzemenin sertliği ile diğer mekanik özellikleri arasında paralel bir ilişkinin bulunması malzemenin diğer özellikleri hakkında fikir sağlaması açısından avantajlıdır. Sertlik izafi bir ölçü olup, malzemelerin sürtünmeye, kesilmeye, çizilmeye, aşınmaya ve plastik deformasyona karşı gösterdiği direnç olarak tarif edilir. Bilimsel anlamda ise malzemelerin dislokasyon hareketine karşı gösterdiği direnç olarak tarif edilir (100,115).

Cisimlerin sertliğini ölçme yöntemleri üç gruba ayrılabilir:

- 1- Malzeme yüzeyini sert bir cisim ile çizerek yapılan sertlik deneyleri.
- 2- Malzemeye sert bir cismi kuvvet altında batırmak suretiyle yapılan sertlik deneyleri.
- 3- Sert bir bilyeyi malzeme üzerine düşürmek ve sıçratmak suretiyle yapılan sertlik deneyi

Brinell, Vickers, Rockwell ve Knoop mikro-sertlik ölçme deneyleri, sert bir cismin malzemeye batırılması ile yapılan sertlik deneyleridir. Bu ölçüler arsında matematiksel ilişkiler mevcut olup bir değerden diğerine geçiş yapılabilmektedir. Sertlik ölçümleri yapılırken, yöntem ne olursa olsun numune üzerinde birkaç ölçüm yapıp bunların ortalaması alınmalıdır (116).

2.11.1. Vickers Sertlik Ölçme Yöntemi

Bu yöntemde, sertliği ölçülecek malzeme parçası üzerine, tabanı kare olan piramit şeklindeki bir ucun belirli bir yük altında batırılması ve yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen izin köşegen uzunluklarının ölçülmesi sağlanır. Meydana gelen iz tabanı, köşegeni d olan bir kare piramittir ve tepe açısı batıcı ucun tepe açısının aynısıdır. Vickers sertlik değeri kg olarak ifade edilen deney yükünün mm^2 olarak ifade edilen iz alanına bölümüdür. Vickers sertliğinde uygulanan yük 1-20 kgf arasında değişebilir. Sertlik değeri yabancı kaynaklarda, HV= Vickers Piramit Numarası ya da DPH= Elmas Piramit Sertliği olarak adlandırılrsa da dilimizde Vickers Sertlik Değeri olarak ifade etmek yanlış olmayacaktır. Vickers sertlik testinde kullanılan elmas uç uzunlamasına kesişim açısı 136° ve her bir kenarının yatayla yapmış olduğu açı 22° olarak tasarlanmıştır.

Deneyin temeline ve hesaplama formülünün çıkış noktasına bakıldığında vickers sertlik deneyi (HV) değeri $F=FORCE$ kuvvet ve $A=AREA$ alan olmak üzere F/A oranına bağlıdır. Burada A değeri:

$$A = \frac{d^2}{2 \sin(136^\circ/2)},$$

formülünden türer ve

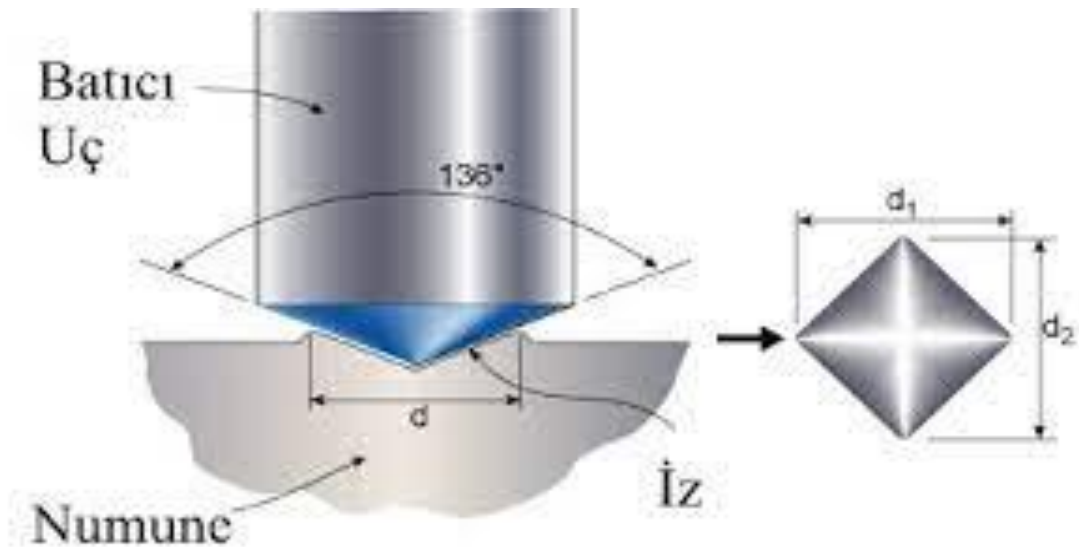
$$\text{Vickers sertlik değeri HV} = \text{Katsayısı} * \frac{\text{Test Yüklü (F)}}{\text{İzin Alanı (A)}} = N/mm^2$$

$$HV = 0,102 * \frac{2F * \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} = 0,189 * \frac{F}{d^2}$$

Şeklinde basitleştirilebilir. Burada d ortaya çıkan şeklin köşegenlerin ortalama değerini ifade etmektedir. Böylelikle daha da basitleştirilen formül en nihayetinde,

$$VSD = \frac{F}{A} = \frac{1.8544.F}{d^2}$$

Şeklini alır. Buradaki F değeri kgf ve d kare ise mm kare birimine sahiptir.



Şekil 2. Vicker sertlik ölçüm yönteminin şeması

Vickers sertlik değeri olarak adlandırılan ve kgf/mm kare birimine sahip değer paskala birim olarak evrilebilse de basınç ile ya da madencilikte yaygın olarak kullanılan tek eksenli basma dayanımı ve çekme dayanımı kavramları ile karıştırılmamalıdır. Mikro–sertlik değeri çentik (batma) oluşun bölgeye uygulanan yükten türetilmekte olup yükün uygulandığı normal kuvvet yani kesit yüzeyinin tamamına uygulanan bir kuvvetle ilgili değildir. Bu sebeple basınç olarak adlandırılmaz (116).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Adıyaman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalında tasarlandı. Çalışmaya başlamadan önce Adıyaman Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan 2020/7-15 karar sayılı etik kurul onayı alındı. Araştırmada yapılacak olunan beyazlatma prosedürleri Adıyaman Üniversitesi Restoratif Diş Tedavisinde Kliniğinde gerçekleştirildi. Renk ölçümleri ile yüzey pürüzlülük analizleri Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi araştırma laboratuvarında gerçekleştirilirken çalışmanın mikrosertlik ölçümleri ise Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünde yapıldı. Çalışma protokolü tablo 2’de belirtildiği şekilde tasarlandı.

Tablo 2. Çalışma basamaklarının sıralanması

ÇALIŞMA PROTOKOLÜ	1 Örneklerin toplanması ve hazırlanması
	2. Grupların oluşturulması
	3. Beyazlatma öncesi örneklerde yüzey pürüzlülüğü, renk ve mikrosertlik ölçümü
	4. Beyazlatma prosedürlerinin uygulanması
	5. Beyazlatma sonrası örneklerde yüzey pürüzlülüğü, renk ve mikrosertlik ölçümü
	6. İstatistiksel analiz

1. Örneklerin Toplanması ve Hazırlanması

Çalışmamızda cerrahi ve periodontal nedenlerden dolayı çekilmiş 75 adet insan molar dişi kullanıldı. Dişler üzerindeki eklentiler kretuar yardımı ile uzaklaştırıldıktan sonra mine yüzeyleri, çürük kırık, çatlak ve aşınma yönünden dikkatlice incelendi. Toplanan dişler çalışma zamanına kadar +4 derece distile suda bekletildi. Kök kısımları elmas frez ve aletörle uzaklaştırılan dişlerin kron kısımları su soğutması altında elmas seperatörlerle meziodistal yönde ikiye ayrıldı. Böylece 75 adet diştten 150 adet mine örneği elde edildi. Elde edilen mine örnekler mine yüzeyleri açıkta kalacak şekilde hazır teflon kalıplar içerisinde soğuk akriliğe gömülerek akrilik bloklar elde edildi. Mine

yüzeylerini standart bir hale getirmek amacıyla akrilik blok içerisinde örnekler 800-1000-1200 grenli zımpara makinesinde zımparalanarak düz yüzeyler elde edildi. Standardizasyonu sağlamak amacıyla hazırlanan örnekler 48 saat boyunca kahve içerisinde bekletildi.



Şekil 3. Çalışmada kullanılan mine örnekleri

2. Grupların Oluşturulması

Çalışmamız 5 farklı beyazlatma protokolünün beyazlatma etkinliği ile mine yüzeyinde meydana getirdikleri değişikliklerin değerlendirilmesi şeklinde tasarlandı. Bu amaçla öncelikle 150 adet mine örneği beyazlatma etkinliği, yüzey pürüzlülüğü ve mine yüzey sertliği olacak şekilde 3 ana gruba ayrıldı ve her grup için 50 örnek oluşturuldu. Ardından her ana grup, 5 farklı beyazlatma yöntemini içeren 5 ayrı alt gruba (n=10) ayrıldı. Alt gruplar tablo 3'te gösterildiği şekilde oluşturuldu;

Tablo 3. Çalışmada oluşturulan alt gruplar

Grup I:	Yalnızca %40'lık Hidrojen peroksit ile beyazlatma uygulandı
Grup II:	%40'lık Hidrojen peroksit ve LED ışık kaynağı ile aktivasyon işlemi uygulandı
Grup III:	%40'lık Hidrojen peroksit ve diyet lazer ile aktivasyon işlemi uygulandı
Grup IV:	Ozon gazı ile beyazlatma uygulandı
Grup V:	%40'lık Hidrojen peroksit ile ozon gazı kombine bir şekilde uygulandı.

3. Beyazlatma Öncesi Yapılan Deneysel Ölçümler

Renk ölçümü:

Renk ölçümü için (lovibondRT400, UK) spektrofotometre cihazı kullanıldı. Örnekler doğal gri bir arka zemin üzerine yerleştirildikten sonra cihazın uç yüzeyi yere paralel olarak konumlandırılıp, gün ışığı altında dişlerin orta üçte birlik kısmından renk ölçümleri yapıldı. Her bir örnek için 1 ölçüm yapıp alınan L^* , a^* , b^* değerleri beyazlatma sonrası elde edilecek değerlerle karşılaştırılmak üzere kaydedildi.



Şekil 4. Çalışmada kullanılan spektrofotometre cihazı

Yüzey pürüzlülüğü ölçümü:

Yüzey pürüzlülüğü için hazırlanan örnekler beyazlatmadan önce bir profilometre (SurftestSJ-301, Mitutoyo, Kawasaki, Japonya) cihazı ile yüzey pürüzlülük testine tabi tutuldu. Profilometre cihazı 0.25 mm'lik kesme, 1.25 mm'lik okuma uzunluğu ve 0.05 mm/ s'lik hız ile standartlaştırıldı. İğne taramalı bir uç ile yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılarak her numune için üç ayrı noktadan ölçüm yapıldı ve ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) belirlendi.



Şekil 5. Pürüzlülük ölçümünde kullanılan profilometre cihazı

Mikrosertlik ölçümü:

Mikrosertlik ölçümü için hazırlanan örneklerin beyazlatma prosedürü öncesinde Vicker's mikrosertlik test cihazında (EMCO TEST, DURASAN, GERMANY) ölçümleri yapıldı. Mine yüzeyine 10 sn süre ile 200 gr kuvvet uygulandı ve dış yüzeyinde piramit şeklinde iz oluşturuldu. Cihazda bulunan mikroskoptaki iki paralel çizgi, oluşan izin köşelerine teğet olacak şekilde ayarlanarak mikrosertlik değeri hesaplandı. Sertlik değeri dış yüzeyinde oluşan girintinin büyüklüğü ile ters orantılı olarak ölçüldü. 3 farklı noktadan ölçüm yapıldı ve elde edilen değerlerin ortalaması alınıp her örnek için Vicker's Mikrosertlik Değeri (VHN) hesaplandı.



Şekil 6. Çalışmada kullanılan Vicker's mikrosertlik test cihazı

4. Beyazlatma İşlemlerinin Uygulanması

Beyazlatma işlemlerinin tümü Adıyaman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisinde Anabilim Dalında gerçekleştirildi. Çalışmamızda 5 farklı uygulama yöntemi ile beyazlatma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Beyazlatma işlemlerinden sonra tüm örnekler gruplandırılarak ölçüm zamanına kadar distile suda bekletilmiştir. Her gruba uygulanan beyazlatma işlemleri şu şekildedir;

Grup I (%40 'lık Hidrojen peroksit):

%40'lık Hidrojen peroksit içeren Opalascence Boost (Ultradent, South Jordan, UT, ABD) beyazlatma ajanı üretici firmanın talimatlarına göre uygulandı. Birbirine bitişik iki enjektörde bulunan hidrojen peroksit ve aktivatör işlemiden hemen önce karıştırılarak beyazlatma ajanı aktive edildi. Aktivasyondan sonra Opalascence Boost 1-2 mm kalınlığında mine yüzeyine uygulandı. Her 10 dk da bir jel yenilenerek işlem 2 defa tekrarlandı. H₂O₂ jeli toplamda 20 dk boyunca dişlere temas etti.



Şekil 7. Beyazlatmada kullanılan %40'lık Hidrojen peroksit jeli

Grup II (%40'lık Hidrojen peroksit artı LED ışık kaynağı ile aktivasyon):

1-2 mm kalınlığında %40'lık hidrojen peroksit içeren Opalascence Boost (Ultradent, South Jordan, UT, ABD) örneklerin tüm yüzeyini kaplayacak şekilde uygulandı. Ardından 460-490 nm dalga boyuna sahip 200-300 mw/cm² yoğunluklu led (Cold light whitening, Guangzhou, China) beyazlatma ışık kaynağı ile 10 dakika boyunca aktive edildi. Her defasında etkinliği azalan jel değiştirilerek işlem 2 defa tekrarlandı. Beyazlatma işlemi toplamda 20 dakika sürdü.



Şekil 8. Beyazlatma jelinin aktivasyonunda kullanılan LED ışık cihazı

Grup III (%40'lık Hidrojen peroksit artı diyet lazer ile aktivasyon):

Yeni hazırlanan %40'lık Hidrojen peroksit içeren Opalascence Boost (Ultradent, South Jordan, UT, ABD) jeli mine yüzeylerine aplikatör ile 1-2 mm kalınlığında eşit bir

şekilde uygulandı. Ardından beyazlatma moduna ayarlı (7W-940 nm) diyet lazerle beyazlama jeli 30 sn boyunca aktive edildi. 5 dakika beklendikten sonra tekrar 30 sn boyunca lazerle aktivasyon gerçekleştirildi. İşlem 2 defa tekrarlanarak toplam 20 dakikalık uygulamada 2 dk boyunca lazerle aktivasyon yapıldı.



Şekil 9. Beyazlatma jelinin aktivasyonunda kullanılan Diyet Lazer

Grup IV: (Ozonla beyazlatma)

Hazırlanan örneklerin yüzeyine Ozone DTA jeneratorünün (Ozone DTA, Apoza, New Taipei, Tayvan) 235 ppm gaz konsantrasyonu sağlayan 3 numaralı düz prob ucu ile altıncı güç seviyesinde 20 dk boyunca ozon gazı uygulanarak beyazlatma işlemi tamamlandı.

Grup V: (Ozon ve hidrojen peroksitin kombine kullanımı ile beyazlatma)

Örnek yüzeyine ilk olarak grup 1’de anlatıldığı şekilde %40’lık Hidrojen peroksit uygulandı. Ardından ozon gazı (Ozone DTA, Apoza, New Taipei, Tayvan) 235 ppm gaz konsantrasyonu sağlayan 3 numaralı düz prob ucu ile 1 dakika boyunca diş yüzeyine uygulandı. 10 dakika sonra etkinliği azalan diş yüzeyindeki peroksit uzaklaştırılarak yeni jel ile işlem aynı şekilde tekrarlandı. Toplamda 20 dakika H₂O₂ ve 2 dk boyunca ozon gazı uygulanılarak beyazlatma işlemi tamamlandı.



Şekil 10. Çalışmada kullanılan Ozon DTA jenaratörü

Beyazlatma işlemleri tamamlanan örneklerin beyazlatma sonrası renk, pürüzlülük ve sertlik ölçümleri yapılarak elde edilen veriler kayıt altına alındı.

6. İstatistiksel Analiz

Normal dağılım varsayımı altında elde edilen klinik parametreler bakımından tedavi gruplarının karşılaştırılmasında ANOVA ve post Hoc Tukey testleri, tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırılmasında ise Paired Samples T testi kullanıldı. Klinik parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov Smirnov testi ile test edildi. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilip analizlerin gerçekleştirilmesinde SPSS 25.0 paket programı kullanıldı.

4. BULGULAR

Çalışmamızda 150 adet mine örneğine 5 farklı vital beyazlatma işlemi uygulandı. Beyazlatma işlemi öncesi ve sonrasında örneklerin beyazlatma etkinliği, yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertlik değerleri ölçülerek elde edilen veriler istatistiksel olarak analiz edildi.

4.1. Renk Analizi Bulguları

4.1.1. L* değerine ait bulgular

Farklı beyazlatma yöntemleriyle beyazlatılan örneklerin renk analizi beyazlatma işlemi uygulanmadan önce ve uygulandıktan 24 saat sonra LovibondRT4 00, UK spektrofotometre cihazı ile CIE L*,a*,b* formülasyonu kullanılarak yapıldı. Gruplara ait ortalama L*, a*, b* ve ΔE değerleri tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Gruplara ait CIELAB ve ΔE değerlerinin ortalaması

Beyazlatma Grupları	L*		a*		b*		ΔE
	B. öncesi	B. sonrası	B. öncesi	B. sonrası	B. öncesi	B. sonrası	
H ₂ O ₂	64,3 ± 2,87	70,97 ± 2,3	2,63 ± 1,28	1,81 ± 1,24	16 ± 1,85	13,11 ± 2,82	7,61 ± 2,87
H ₂ O ₂ +LED	68,62 ± 4,8	77,18 ± 4,72	2,01 ± 1,29	2,57 ± 1,72	14 ± 1,95	9,08 ± 2,91	6,84 ± 2,92
H ₂ O ₂ +DİYOT	68,11 ± 2,62	73,12 ± 2,62	2,12 ± 1,63	2,16 ± 1,86	15,85 ± 1,6	9,6 ± 5,21	6,64 ± 2,04
OZON	67,72 ± 3,78	72,27 ± 3,42	2,16 ± 1,15	1,17 ± 1,33	16 ± 2,2	9,6 ± 5,21	7,14 ± 2,55
OZON+H ₂ O ₂	67,72 ± 3,78	72,27 ± 3,42	2,5 ± 1,6	1,84 ± 1,77	14,43 ± 3,04	10,72 ± 2,26	6,82 ± 1,76

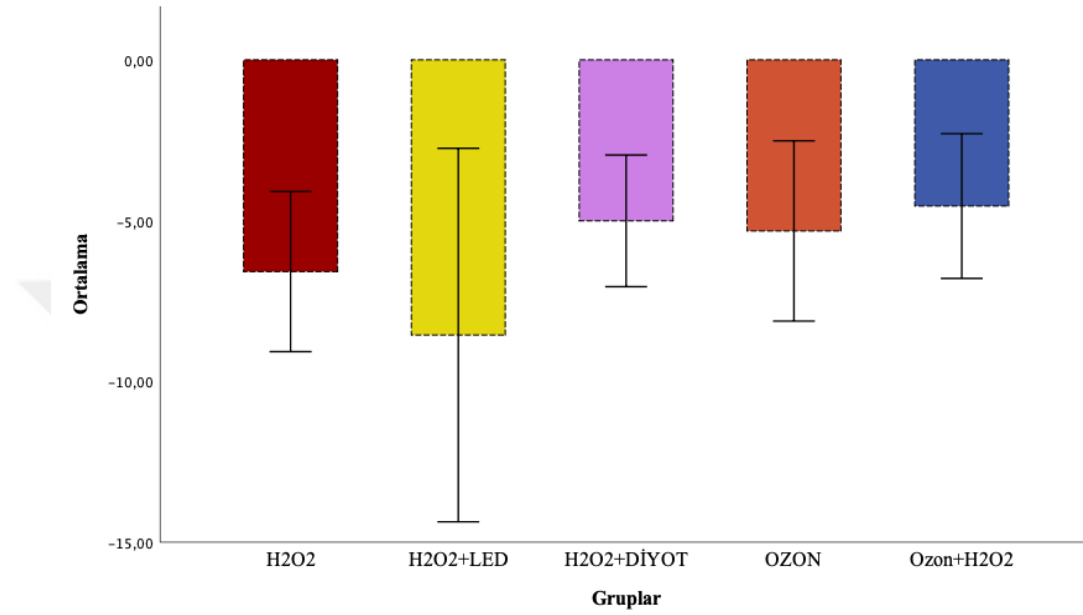
Beyazlatma öncesi ve beyazlatma sonrası L* değerleri kıyaslandığında tüm gruplarda beyazlatma sonrası L* değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı derecede artış olduğu görüldü (p<0.05). Gruplar arası ΔL^* değerleri kıyaslandığında ise beyazlatma yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı(p>0.05). L* değerlerine ait tanımlayıcı istatistik bilgiler tablo 5 ve 6'da gösterilmiştir.

Tablo 5. Grup içi beyazlatma öncesi ve sonrası ΔL^* ölçümlerin kıyaslanması

	GRUPLAR	ORT	SS	SH	t	p
	$\Delta L^* (L_s - L_0)$					
	H ₂ O ₂	6,58300	2,49008	,78743	8,360	,000
	H ₂ O ₂ +LED	8,55700	5,80782	1,83659	4,659	,001
	H ₂ O ₂ +DİYOT	5,00600	2,04708	,64734	7,733	,000
	OZON	5,32250	2,80260	,88626	6,006	,000
	Ozon+H ₂ O ₂	4,54600	2,24983	,71146	6,390	,000

Tablo 6. Gruplar arası ΔL^* değerlerinin kıyaslanması

	Karelerin toplamı	SD	Ortalamaların karesi	F	p
Gruplar arası	104,393	4	26,098	2,288	,075
Grup içi	513,343	45	11,408		
Total	617,735	49			

**Şekil 11.** Gruplara ait ΔL^* değerlerinin grafiksel olarak gösterilmesi

4.1.2. a^* Değerine Ait Bulgular

Grupların a^* değerlerine ait istatistiksel verileri tablo 7, 8 ve 9'da gösterilmiştir. Gruplar arası Δa^* değerleri istatistiksel olarak karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı farklılık bulundu ($p < 0.05$). Gruplar arasındaki anlamlı farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu bulmak için post-hoc Tukey testi yapıldı. Yapılan çoklu karşılaştırmalar sonucunda Grup 4'teki Δa^* değerleri Grup 2'ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu. Grup içi beyazlatma öncesi ve sonrası a^* değerleri karşılaştırıldığında ise sadece Grup 1 ve Grup 4'te istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildi. Grup 1 ve Grup 4'te beyazlatma sonrasında a^* değerlerinde anlamlı bir azalma görülürken diğer gruplarda anlamlı bir değişiklik olmamıştır.

Tablo 7. Gruplar arası Δa^* değerlerine ait çoklu karşılaştırmalar

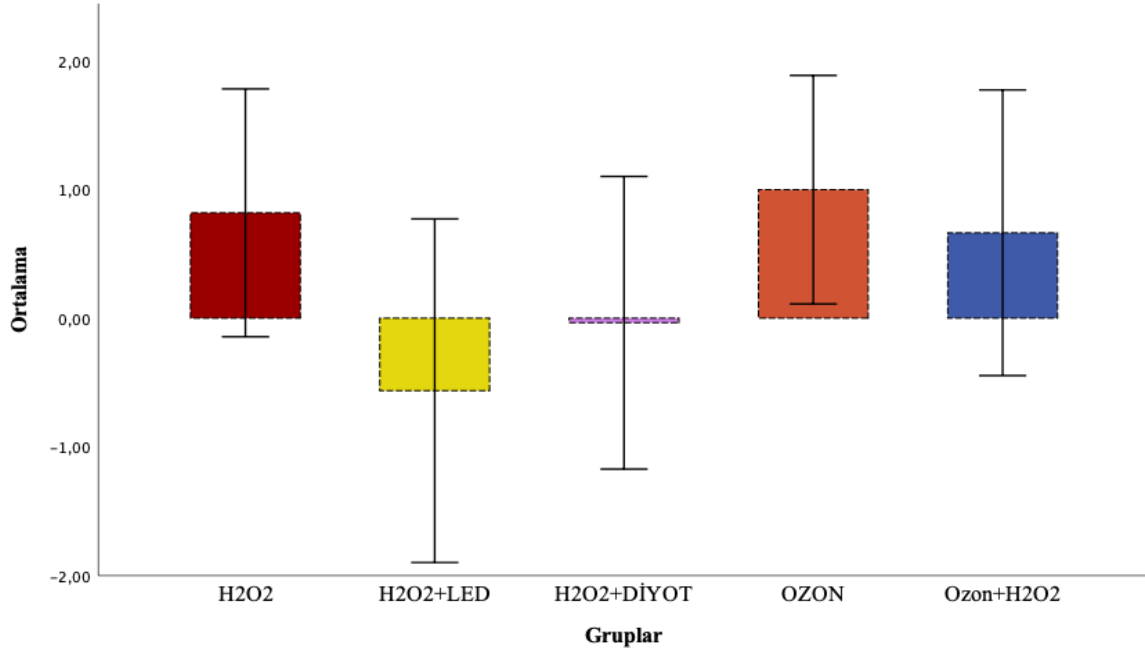
(I) Gruplar	(J) Gruplar	Ort. Fark (I-J)	SH	p
H ₂ O ₂	H ₂ O ₂ +LED	1,38200	,49080	,053
	H ₂ O ₂ +DİYOT	,85400	,49080	,421
	OZON	-,18000	,49080	,996
	Ozon+H ₂ O ₂	,15500	,49080	,998
H ₂ O ₂ +LED	H ₂ O ₂	-1,38200	,49080	,053
	H ₂ O ₂ +DİYOT	-,52800	,49080	,818
	OZON	-1,56200*	,49080	,021*
	Ozon+H ₂ O ₂	-1,22700	,49080	,109
H ₂ O ₂ +DİYOT	H ₂ O ₂	-,85400	,49080	,421
	H ₂ O ₂ +LED	,52800	,49080	,818
	OZON	-1,03400	,49080	,235
	Ozon+H ₂ O ₂	-,69900	,49080	,616
OZON	H ₂ O ₂	,18000	,49080	,996
	H ₂ O ₂ +LED	1,56200*	,49080	,021*
	H ₂ O ₂ +DİYOT	1,03400	,49080	,235
	Ozon+H ₂ O ₂	,33500	,49080	,959
Ozon+H ₂ O ₂	H ₂ O ₂	-,15500	,49080	,998
	H ₂ O ₂ +LED	1,22700	,49080	,109
	H ₂ O ₂ +DİYOT	,69900	,49080	,616
	OZON	-,33500	,49080	,959

Tablo 8. Gruplar arası Δa^* değerlerine ait istatistiksel karşılaştırma

	Karelerin toplamı	SD	Karelerin ortalaması	F	p
Gruplar arası	17,180	4	4,295	3,566	,013
Grup içi	54,199	45	1,204		
Total	71,379	49			

Tablo 9. Grup içi beyazlatma öncesi ve sonrası a^* değerlerinin kıyaslanması

	GRUPLAR	ORT	SS	SH	t	p
Δa^* ($a_s - a_0$)	H ₂ O ₂	,81900	,96285	,30448	2,690	,025*
	H ₂ O ₂ +LED	-,56300	1,33515	,42221	-1,333	,215
	H ₂ O ₂ +DİYOT	-,03500	1,13727	,35964	-,097	,925
	OZON	,99900	,88756	,28067	3,559	,006*
	Ozon+ H ₂ O ₂	,66400	1,10964	,35090	1,892	,091

**Şekil 12.** Gruplara ait Δa^* değerlerinin grafiksel gösterimi

4.1.3. b^* Değerlerine Ait Bulgular

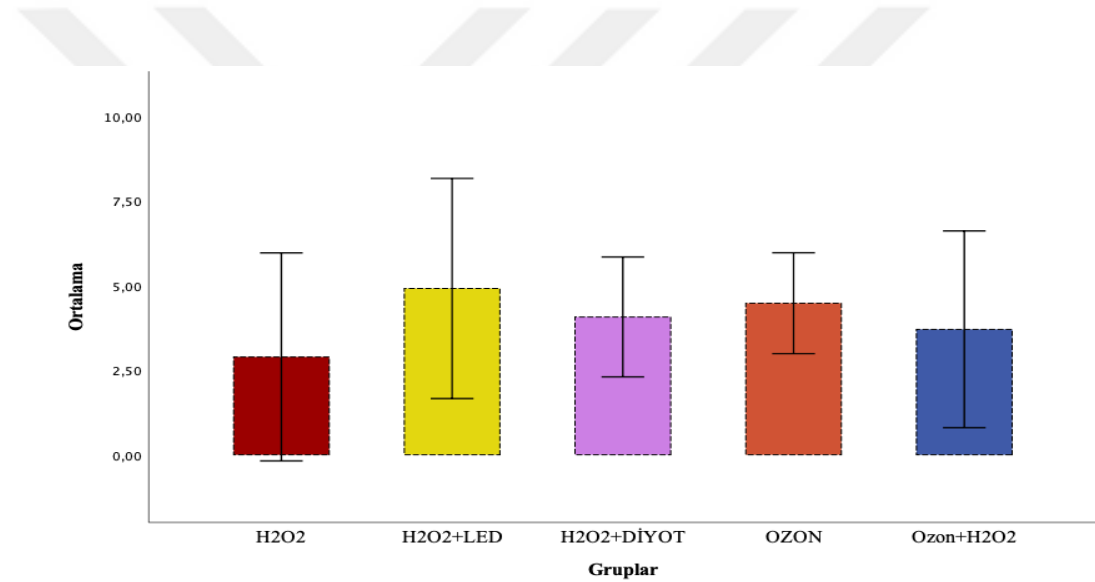
Çalışma gruplarından elde edilen b^* değerlerine ait bulgular tablo 10 ve 11’de gösterilmiştir. Yapılan deneysel ölçümler sonucunda elde edilen beyazlatma öncesi ve beyazlatma sonrası b^* değerleri kıyaslandığında tüm gruplarda beyazlatma sonrası b^* değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı derecede azalma olduğu görüldü ($p < 0.05$). Δb^* değerleri gruplar arasında karşılaştırıldığında ise beyazlatma yöntemleri arsında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olmadığı tespit edildi ($p > 0.05$).

Tablo 10. Δb^* değişkeninin gruplar arası istatistiksel karşılaştırılması

	Karelerin toplamı	SD	Karelerin ortalaması	F	p
Gruplar arası	23,822	4	5,956	,880	,483
Grup içi	304,528	45	6,767		
Total	328,350	49			

Tablo 11. Grup içi beyazlatma öncesi ve sonrası b* değerlerinin kıyaslanması.*Paired Samples Test*

Gruplar		Farklılıklar					t	SD	p
		Ort	SS	SH	95% GA				
					ALT	ÜST			
H ₂ O ₂	bSM_Ö - b_SM_S	2,89200	3,07265	,97166	,69396	5,09004	2,976	9	,016
H ₂ O ₂ +LED	bSM_Ö - b_SM_S	4,91400	3,25297	1,02868	2,58697	7,24103	4,777	9	,001
H ₂ O ₂ +DİYOT	bSM_Ö - b_SM_S	4,07300	1,77163	,56024	2,80565	5,34035	7,270	9	,000
OZON	bSM_Ö - b_SM_S	4,47900	1,49101	,47150	3,41240	5,54560	9,500	9	,000
Ozon+H ₂ O ₂	bSM_Ö - b_SM_S	3,70800	2,90717	,91933	1,62834	5,78766	4,033	9	,003

**Şekil 13.** Gruplara ait Δb* değerlerinin grafiksel gösterimi

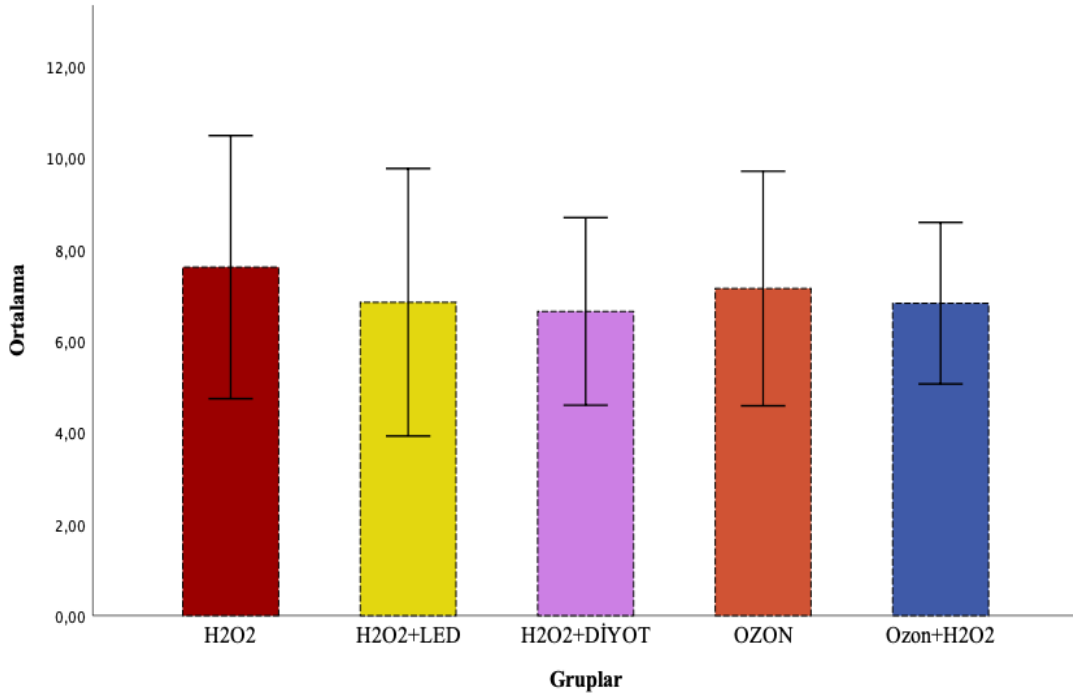
4.1.4. Renk değişimi ΔE

Örneklerin beyazlatma işleminin başlangıcında ve beyazlatma işleminden sonra ölçülen L*, a*, b*, değerleri; $\Delta E = ((\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2)^{1/2}$ formülüne yerleştirildi. ΔE değeri toplam renk değişimini göstermektedir, bu değerin büyük olması elde edilen renk değişiminin de fazla olması anlamına gelmektedir.

Yapılan beyazlatma işlemleri sonrasında Gruplar arasında renk değişimi (ΔE) açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır(p>0.05).

Tablo 12. Gruplar arası renk değişiminin istatistiksel olarak karşılaştırılması.

	Karelerin toplamı	SD	Karelerin ortalaması	F	p
Gruplar arası	5,761	4	1,440	,235	,917
Grup içi	275,943	45	6,132		
Total	281,704	49			

**Şekil 14.** Gruplar arası ΔE değerlerinin grafiksel olarak gösterilmesi

4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Bulguları

Örneklerin beyazlatma öncesi ve sonrası pürüzlülük değerleri profilometre cihazı ile test edildi. Veriler örnekler üzerinde 3 farklı noktadan elde edilen R_a değerlerinin ortalaması alınarak toplandı. Beyazlatma öncesi ve sonrası elde edilen pürüzlülük değerleri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde tüm gruplarda tedavi sonrasında pürüzlülük değerlerinde anlamlı bir artış olduğu görüldü ($p < 0.05$). Gruplar arası beyazlatma öncesi ve sonrası pürüzlülük değerleri arasındaki fark karşılaştırıldığında ise gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı görüldü ($p > 0.05$). Ortalama değerlere bakıldığında ise en fazla pürüzlülük artışının Grup 1’de olduğu tespit edildi. Beyazlatma işleminden önce ve sonrası profilometre ile ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri ve istatistiksel veriler tablo 13, 14 ve 15’te gösterilmiştir.

Tablo 13. Beyazlatma öncesi ve sonrası ölçülen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri

GRUPLAR	Beyazlatma öncesi Ra değerleri			Beyazlatma sonrası Ra değerleri		
	ORT	MİN	MAX	ORT	MİN	MAX
GRUP 1 (n=10)	0,65 ± 0,2	0,41	1,08	0,79 ± 0,25	0,5	1,14
GRUP 2 (n=10)	0,71 ± 0,18	0,48	0,94	0,77 ± 0,21	0,52	1,05
GRUP 3 (n=10)	0,53 ± 0,12	0,38	0,74	0,60 ± 0,11	0,42	0,74
GRUP 4 (n=10)	0,64 ± 0,22	0,42	1,2	0,74 ± 0,3	0,43	1,54
GRUP 5 (n=10)	0,67 ± 0,23	0,46	1,14	0,73 ± 0,22	0,49	1,15

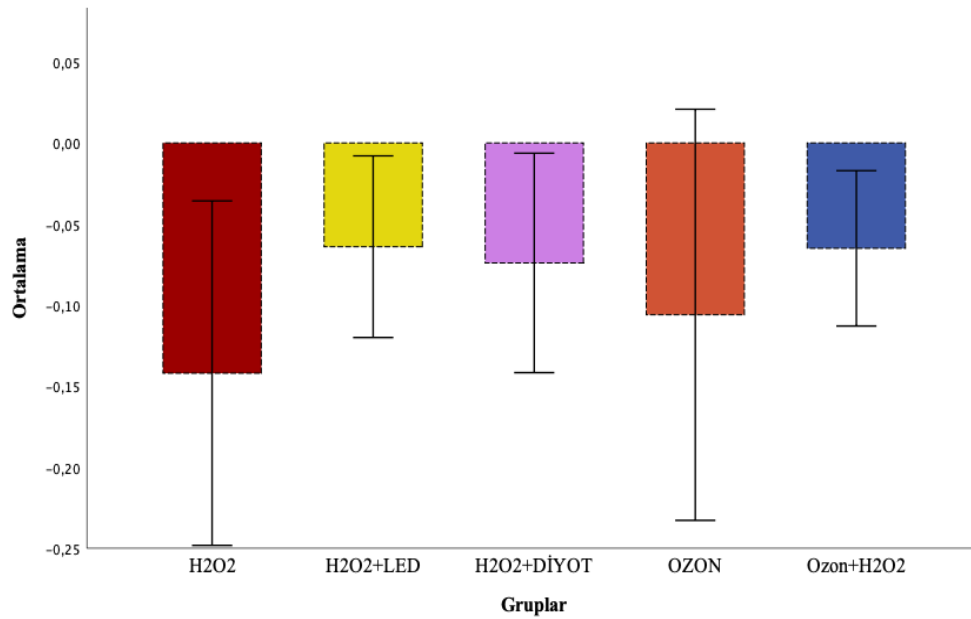
Tablo 14. Grup içi ΔRa değerlerinin kıyaslanması

	GRUPLAR	ORT	SS	SH	t	p
ΔRa (Ras-Ra0)	H ₂ O ₂	0,1420	0,10623	,03359	4,227	0,002*
	H ₂ O ₂ +LED	0,06400	0,05602	,01771	3,613	0,006*
	H ₂ O ₂ +DİYOT	0,07400	0,06769	,02141	3,457	0,007*
	OZON	0,06500	0,04790	,01515	4,291	0,002*
	Ozon+H ₂ O ₂	0,06500	0,04790	,01515	4,291	0,002*

*İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır ($p < 0.05$).

Tablo 15. Gruplar arası ΔRa değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması.

	Karelerin toplamı	SD	Ortalama karesi	F	P
Gruplar arası	,045	4	,011	1,511	,215
Grup içi	,336	45	,007		
Total	,381	49			

**Şekil 15.** Gruplara ait ΔRa değerlerinin grafiksel gösterimi.

4.3. Mikrosertlik Bulguları

Beyazlatma öncesi ve sonrası mikrosertlik ölçümü yapılan grupların Vicker's mikrosertlik (VSD) değerlerinin ortalamaları ve istatistiksel verileri tablo 16, 17 ve 18'de gösterilmiştir. Beyazlatma öncesi ve beyazlatma sonrası elde edilen sertlik değerleri arasındaki fark analiz edildiğinde beyazlatma yöntemleri arasında mikrosertlik değişimi açısından anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p>0.05$). Grup içi karşılaştırmada ise beyazlatma tedavileri sonrası mikrosertlik değerlerinde tüm gruplarda anlamlı bir azalma olduğu tespit edildi ($p<0.05$). Ortalama VSD değerlerine bakıldığında ise en fazla azalma Grup 5'te olurken en az azalma ise Grup 4 oldu.

Tablo 16. Beyazlatma öncesi ve sonrası ortalama mikrosertlik değerleri

GRUPLAR	BEYAZLATMA ÖNCESİ			BEYAZLATMA SONRASI		
	ORT	MİN	MAX	ORT	MİN	MAX
GRUP 1 (n=10)	410,5 ± 27,41	366	468	353,2 ± 39,5	299	412
GRUP 2 (n=10)	420,4 ± 49,14	337	484	381,2 ± 62,51	258	463
GRUP 3 (n=10)	442,9 ± 19,08	417	482	379,6 ± 40,31	329	455
GRUP 4 (n=10)	388,5 ± 30,97	349	448	350,8 ± 13,78	324	372
GRUP 5 (n=10)	440,3 ± 27,58	391	475	371,4 ± 18,73	339	404

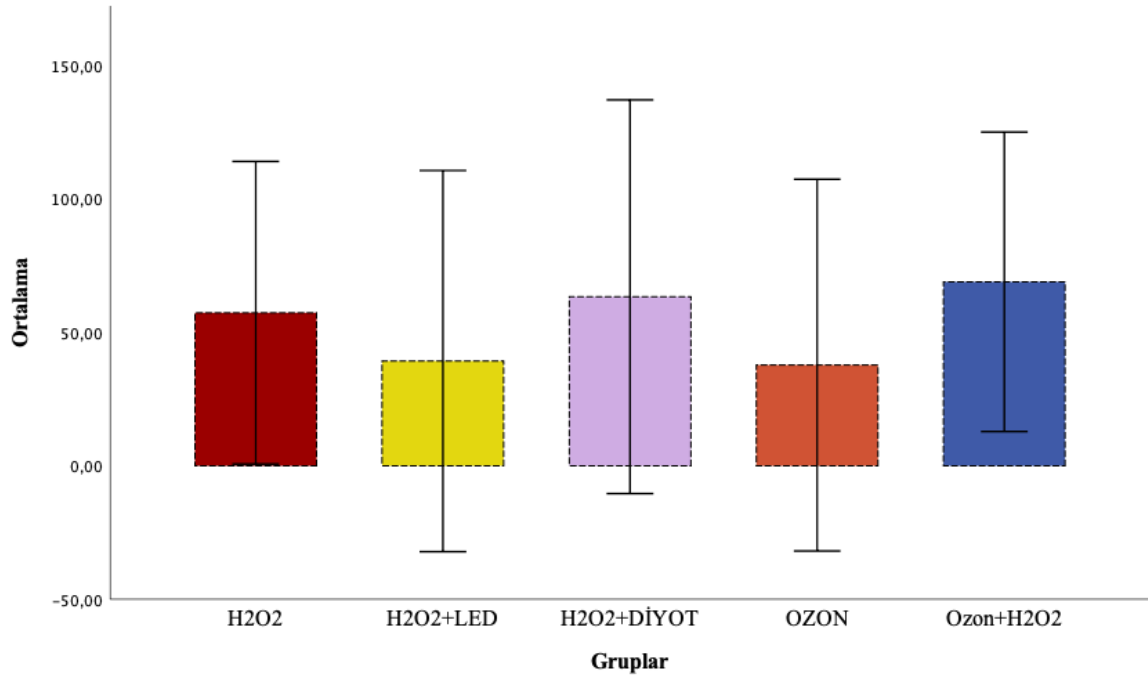
Tablo 17. Grup içi beyazlatma öncesi ve sonrası sertlik değerlerinin kıyaslanması

DEĞİŞKEN	GRUPLAR	ORT	SS	SH	t	p
Δ VSD (VSD ₀ -VSD _s)	H ₂ O ₂	57,30000	28,33157	8,95923	6,396	,000*
	H ₂ O ₂ +LED	39,20000	35,68940	11,28598	3,473	,007*
	H ₂ O ₂ +DİYOT	63,30000	36,86627	11,65814	5,430	,000*
	OZON	37,70000	34,80437	11,00611	3,425	,008*
	Ozon+H ₂ O ₂	68,90000	28,03946	8,86685	7,771	,000*

* Simgesi İstatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu ifade eder ($p<0.05$).

Tablo 18. Gruplar arası Δ VSD değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması

	Karelerin toplamı	SD	Ortalamaların karesi	F	p
Gruplar arası	8015,280	4	2003,820	1,844	,137
Grup içi	48897,800	45	1086,618		
Total	56913,080	49			



Şekil 16. Beyazlatma öncesi ve sonrası Δ VSD değerlerinin grafiksel görüntüsü

5. TARTIŞMA

Günümüzde bireylerin estetiğe olan ilgisinin artmasıyla birlikte estetik diş hekimliğine olan talepte gün geçtikçe artmaktadır. Bu sebeple son yıllarda hastalar sağlıklı dişlerin yanı sıra daha beyaz ve daha hoş bir gülümsemeye sahip olmak içinde sıklıkla diş hekimlerine başvurumaktadırlar. Diş beyazlatma tedavileri daha beyaz ve daha estetik dişler elde etmek amacıyla uygulanan konservatif bir tedavi yöntemi olup kozmetik ve restoratif diş hekimliğinin en hızlı büyüyen alanlardan biridir. Uygun koşullar altında diş beyazlatma, canlı dişlerin renklenme tedavisi için güvenli, kolay ve düşük maliyetli bir yaklaşım olarak kabul edilir. Estetik dişlere sahip olmak için beyazlatma tedavilerine artan ilgi sonucunda diş ağartma amacıyla günümüzde çeşitli beyazlatma ajanları ve farklı uygulama yöntemleri geliştirilmektedir.

Vital dişlerde beyazlatma işlemleri hekim kontrolünde klinikte uygulanan ofis içi beyazlatma, hekim kontrolünde hastalar tarafından evde uygulanan ev tipi beyazlatma ve her iki yöntemin kombine uygulanması şeklinde üç farklı yöntemle yapılmaktadır (44, 45, 117). Ayrıca bunların dışında piyasada hastaların hiçbir profesyonel destek almadan kendi başına alıp kullandığı tezgah üstü kozmetik beyazlatma ürünleri de mevcuttur (6). Ev tipi beyazlatma düşük konsantrasyonlarda beyazlatma jellerinin kullanılması ve uygun maliyet gibi avantajlara sahip olsada, uygulama süresinin uzun olması, yumuşak doku irritasyonlarının oluşması, jel tadının ve plak kullanımının bazı hastalar tarafından tolere edilememesi gibi bazı dezavantajları vardır (118). Klinikte hekim tarafından uygulanan beyazlatma yönteminde ise her ne kadar yüksek konsantrasyonlu maliyetli jellerin kullanılması dezavantaj gibi görünsede, çevre ve yumuşak dokuların korunması, çok kısa sürede etkili sonuçların elde edilmesi, hasta memnuniyetinin ve motivasyonunun yüksek olması gibi avantajlar ofis tipi beyazlatmanın hastalar tarafından daha sık tercih edilmesine neden olmaktadır (4, 118). Bu nedenle bizim çalışmamızda da ofis tipi beyazlatma yöntemini tercih edilmiştir.

Günümüzde ofis tipi beyazlatmada genellikle %35-40 oranında değişen yüksek konsantrasyonlarda hidrojen peroksit kullanılır. Diş beyazlatmada aktif ajan olarak kullanılan hidrojen peroksit, güçlü oksidan özelliği sayesinde hidroksil (HO), perhidroksil radikalleri (HOO), perhidroksil anyonları (HOO-) ve süperoksit anyonları (OO-) gibi kararsız serbest radikallerin oluşumuna neden olur. Hidrojen peroksitin minenin interprizmatik alanlarına penetre olmasıyla oluşan bu radikaller, buradaki koyu renkli ve uzun zincirli kromofor moleküllerini daha küçük daha kolay difüze olabilen açık

renkli moleküllere dönüştürür. Oluşan bu küçük moleküller dışın dış yüzeyine daha kolay diffuze olarak ya da daha az ışığı absorbe ederek dışın daha açık görünmesini sağlar (4).

Literatür çalışmalarına bakıldığında beyazlatma etkinliğini ölçmek için birçok farklı yöntem kullanılmıştır. Bununla birlikte bu yöntemleri genel olarak iki ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlardan ilki sübjektif yöntemler ikincisi ise objektif yöntemlerdir (4). Renk skalaları renk seçiminde hızlı, kolay ve ucuz olmaları sebebiyle diş beyazlatma işlemlerinde ve bilimsel çalışmalarda renk etkinliğini değerlendirmek amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (4, 108, 119). Ancak bu yöntemde çalışma ortamın aydınlatması, cinsiyet, yaş, görme etkinliği, ortamda bulunan objeler ve ortamın rengi yapılan renk seçimlerini etkileyebilmektedir. Bu sebeple renk skalaları kullanılarak yapılan renk tayin yöntemlerinin tutarsız ve sübjektif olduğu kabul edilmektedir (4, 120). Klinik çalışmalarda spektoradyometreyle yapılan renk ölçümünün, diğer cihazlarla yapılan ölçümlere göre gerçeğe yakınlığının daha fazla olduğu bildirilmiştir. Ancak bu cihazların kullanımının yüksek maliyetlere neden olması klinik çalışmalarda kullanımlarını sınırlamaktadır (108). Bir diğer objektif renk ölçüm yöntemi olan spektrofotometreler, gözle görülemeyen renk değişiklikleri ve görülebilir spektrumun tamamı içinde yansıyan ışığı ölçebilen cihazlardır. Beyazlatma etkinliğinin değerlendirildiği sistematik çalışmalarda, renk seçiminde spektrofotometre kullanımının daha iyi, güvenilir, tutarlı ve tekrarlanabilir sonuçlar verdiği belirtilmiştir (4, 121). Spektrofotometreler, görünür spektrum boyunca 1–25 nm aralıklarla bir nesneden yansıyan ışık enerjisinin miktarını ölçer ve ölçülen spektral yansımayı renk koordinatlarına (CIEXYZ, CIELAB veya CIELCH) ve çeşitli diş rengi değerlerine dönüştürür. (122). Çalışmamızda beyazlatma etkinliğini ölçmek için dijital renk ölçüm veren ve görünür ışıkla çalışan Lovibond RT Series (The Tintometer® Group, Lovibond House, UK) spektrofotometre cihazını tercih edilmiştir

CIELAB sisteminde renk L, a, b değerleriyle tanımlanır. L* koordinatı bir nesnenin açıklık, koyuluk (value) değeriyle ilgili parametredir. L* değeri, artıkça nesnenin renginin açıldığı anlaşılır. Beyaz renk için L* değeri 100 iken siyah rengin L* değeri 0'dır (122). Çalışmamızda beyazlatma uygulaması sonrası bütün gruplarda L* değeri istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artmıştır. Gruplar arası karşılaştırmada ise ΔL^* değerleri açısından anlamlı fark bulunmamıştır.

a* koordinatı kırmızılığın ve yeşilliğin ölçüsüdür. a* değerinin pozitif değer alması cismin kırmızılığıyla, negatif yöne doğru kayması cismin yeşilliğiyle ilişkilendirilebilir. Literatürde beyazlatma çalışmaları incelendiğinde a* parametresinin

beyazlatmayı çok az oranda etkilediği bildirilmiştir (122, 123). Çalışmamızda a* değeri grup içi karşılaştırmada bütün gruplarda azalmış olup istatistiksel olarak anlamlı değişiklik Grup 1 ve Grup 4 tespit edilmiştir. Gruplar arası karşılaştırmada ise Δa^* değeri açısından gruplar arasında anlamlı farklılık görüldü. Özellikle Grup 4'deki fark Grup 2'ye göre anlamlı derecede yüksek bulundu.

b* koordinatı maviliğin ve sarılığın ölçüsüdür. b* değerinin pozitif yönde ilerlemesi cismin sarılığıyla, negatif yönde ilerlemesi cismin maviliğiyle ilişkilendirilir. b* değeri en önemli beyazlatma göstergesi olarak kabul edilmektedir (124). Çalışmamızda Δb^* değeri beyazlatma öncesi – sonrası karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmazken bütün gruplarda beyazlatma sonrası b* değeri istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azalmıştır.

Dental araştırmalarda yaygın olarak kullanılan renk farkı formülü, görsel renk uzayını tamamen kaplarken, renk koordinatları arasındaki eşit mesafeleri yaklaşık olarak hesaplayan CIE- L * a * b * sisteminden türetilmiştir:

$$\Delta E = [(L_1 - L_0)^2 + (a_1 - a_0)^2 + (b_1 - b_0)^2]^{1/2}$$

ΔE^* , iki nesne arasındaki renk farkıdır; burada değer ne kadar yüksek olursa, renk farkı o kadar artar ve dolayısıyla fark insan gözü için o kadar algılanabilir olur. Algılanabilir dış rengi değişimini belirtmek için sıklıkla ΔE değeri kullanılır. Çalışmaların yarısından fazlası $\Delta E^* = 1$ algılanabilirlik eşiğini kullanırken çalışmaların üçte biri ise gözlemcilerin %50'sinin renk farkını kabul ettiği eşik olarak $\Delta E^* = 3.7$ 'ye atıfta bulunur (124). Bizim çalışmamızda da ΔE^* için eşik değer 3,7 olarak kabul edilmiştir. Çalışmamızda CIE L*a*b* sistemine göre bütün grupların ΔE^* değeri 3,7'den büyük olup tüm gruplarda beyazlatma meydana gelmiştir ve farklı beyazlatma prosedürlerin uygulandığı gruplar arasında renk açısından istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir.

Yüksek konsantrasyonlu jellerin kullanıldığı ofis tipi beyazlatma tedavilerinin başlamasından bu yana ağartma jelinin etkisini ve hızını arttırmak amacıyla çeşitli ısı ve ışık kaynaklarından faydaniılmaktadır. Beyazlatma jeli içerisindeki foto başlatıcılara uygun dalga boyunda ışık gönderildiğinde, hidrojen peroksitin aktivasyonu artarak serbest radikallerin oluşumu artar. Ayrıca aktivasyon sonucu oluşan ısı artışı tepkimeyi hızlandırarak beyazlama süresini kısaltır (125,126). Birçok araştırmacı, ışıkla aktivasyonun hidrojen peroksitin beyazlatma sürecini hızlandırarak hastanın koltukta geçirdiği süreyi azalttığı, hasta ve hekim açısından maliyetleri düşürdüğünü belirtmiştir (126-128).

Ofis tipi beyazlatmada kullanılan ağartma ajanının aktivasyonu amacıyla geçmişten günümüze Kuartz tungsten halojen lambalar, plazma ark lambalar, LED’ler ve çeşitli dalga boylarına sahip farklı tipte lazer ışık kaynakları kullanılmıştır (129). Diş hekimliğinde farklı amaçlarla kullanılan bu ışık kaynaklarına zamanla beyazlatma amacıyla özel ayarlar verilmiştir. Son yıllarda bazı avantajlarından dolayı LED ve Diyet lazerler beyazlatmada tedavilerinde sıklıkla tercih edilmektedirler (53). Bizim çalışmamızda da diyet lazer basit ve kısa uygulama süresi, LED ise taşınabilir ve maliyetinin düşük olması nedeniyle, hidrojen peroksitin aktivasyonu için tercih edilmiştir.

Yapılan Literatür taramalarında ışıkla aktivasyonun beyazlatma etkinliği üzerindeki etkisi ile ilgili fikir birliğinin oluşmadığı görülmektedir. Bir kısım araştırmacılar yapmış oldukları çalışmalarında, ışıkla aktivasyonun beyazlatma etkinliğini arttırdığını belirtirken (130-133) bazı araştırmacılar ise ışıkla aktivasyonun ofis tipi beyazlatmanın sonucunu etkilemediğini göstermişlerdir (126, 127, 134-136).

Domingues ve ark. LED, Diyet lazer ve halojen gibi farklı ışık kaynağı ile aktive edilen %35’lik hidrojen peroksitin beyazlatma etkinliklerini karşılaştırdıkları in vitro bir çalışmada, ışıkla aktivasyonun kontrol grubuna göre beyazlatma etkinliğini arttırdığını bildirmiştir (130). Halojen ışık lambası ve farklı tipte lazerlerin hidrojen peroksitin aktivasyonunda kullanıldığı diğer bir beyazlatma çalışmasında da ışık kaynaklarının hidrojen peroksitin beyazlatma etkisini ve hızını arttırdığı rapor edilmiştir (131). Benzer şekilde Torres ve ark. da yapmış oldukları in-vitro çalışmada, hidrojen peroksitin farklı ışık kaynakları ile aktivasyonunun beyazlatma etkinliğini arttırdığını özellikle de LED ve Diyet lazer grubunda anlamlı bir artış olduğunu belirtmiştir (137). Wetter ve ark. Opalescence X-tra ve HP Whiteness beyazlatma jelleri kullanarak yaptıkları çalışmada, LED ve Diyet lazer aktivasyonunun beyazlatma etkinliğini karşılaştırmıştır. İki beyazlatma maddesi ve farklı ışık kaynakları için renk değişimi değerinde önemli farklılıklar elde ettiklerini ve en iyi sonucunda HP Whiteness –Diyet lazer grubunun gösterdiğini bildirmiştir (138). Çalışmamızda, yapılan bu araştırmalardan farklı olarak LED ve Diyet lazer ile aktivasyonun, hidrojen peroksitin beyazlatma etkinliğini arttırmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Biz buradaki farklı sonuçların, kullanılan ajan ve cihazların farklı özellikte olmasına ve uygulama metodlarındaki farklılığa bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

Ergin ve ark. LED ve Diyet lazer kullanarak yapmış oldukları in vitro çalışmada, LED ve Diyet lazerle aktivasyonun beyazlatma etkinliği üzerinde benzer etkiye sahip

olduğunu belirtmiştir (139). Lima ve ark. Halojen, Plazma ark, LED, Diyot lazer ve argon lazerin beyazlatma etkinliğini değerlendirdikleri in-vitro bir çalışmada, ışık aktivasyonunun renk değişimi üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığını belirtmiştir (127). Shahabi ve ark. bizim çalışmamıza benzer şekilde %40'lık hidrojen peroksitin LED ve Diyot lazerle aktivasyonunun renk değişimi üzerinde önemli bir etki yaratmadığını bildirmiştir (134). Papathanasiou ve ark, %35'lik HP jelini halojen ışık ile aktive ettikleri grup ile yalnız %35'lik HP uyguladıkları grupları, beyazlatma etkinliği açısından karşılaştırdıklarında her iki grupta da beyazlatma elde ettiklerini fakat gruplar arasında fark olmadığını ve halojen ışık kaynağı kullanımının hekime ya da hastaya bir yararının olmadığını bildirmiştir (140). Yüksek konsantrasyonda(%38) hidrojen peroksitin, Diyot lazer ve LED ışık kaynakları kullanılarak aktive edildiği birçok in vivo çalışmada, ışık aktivasyonlu ve aktivasyonsuz gruplar arasında beyazlatma etkinliği açısından fark olmadığı rapor edilmiştir (63, 126, 141). Bu çalışmalarla uyumlu olarak yapmış olduğumuz çalışmada da ışıkla aktivasyonun beyazlatma etkinliğini değiştirmedığı sonucuna ulaşılmıştır.

Günümüzde hidrojen peroksitle yapılan beyazlatma işlemleri oldukça popüler olsa da uygulama yöntemi ve hidrojen peroksitle bağlı bir takım yan etkiler görülebilmektedir. Bu yan etkilerden bazıları, diş hassasiyeti, diş etlerinde irritasyon, mine yüzeyindeki morfolojik değişiklikler, mineral kaybı ve yüksek konsantrasyonlardaki peroksitin sitotoksik ve kanserojen etkiye sahip olmasıdır (76, 77, 142-144). Bu yan etkileri azaltmak veya ortadan kaldırmak için beyazlatma yöntemleri ile ilgi araştırmacılar tarafından sürekli yeni çalışmalar yapılmaktadır. Bu sebeple son yıllarda okside edici özelliğinden dolayı ozonun diş beyazlatmada hidrojen peroksitle alternatif bir materyal olabileceği gündeme gelmiştir. Yüksek oksidasyon gücü, dolaşım uyarımı, analjezik ve anti-inflamatuar özellikleri nedeniyle diş hekimliğinde birçok alanda non invaziv bir yöntem olarak kullanılan ozonun yüksek oksitleme kapasitesi sayesinde diş beyazlatmada hızlı etkili ve zararsız bir ajan olarak kullanılabileceği belirtilmektedir (73, 75). Yapmış olduğumuz çalışmada, güncel bir beyazlatma ajanı olan ozonun yalnız ve H_2O_2 ile kombine kullanımının beyazlatma etkinliği ve mine morfolojisi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Ozonunun beyazlatma etkinliğinin, ozonun konsantrasyonuna, uygulama süresine, kullanılan jelin konsantrasyonuna ve gaz akış hızına bağlı olacağı belirtilmektedir. Ancak literatürde en uygun uygulama protokolü ile ilgili fikir birliği olmadığı görülmektedir (145). Yapmış olduğumuz çalışmada ozon gazı üretmek için

Ozone DTA jenaratörü (Ozone DTA, Apoza, New Taipei, Tayvan) kullanıldı. Beyazlatma işlemi 235 ppm gaz konsantrasyonu sağlayan 3 numaralı düz prob ucu ile altıncı güç seviyesinde 20 dk süre ile gerçekleştirildi. Hidrojenperoksit ve ozonun kombine kullanımı ile beyazlatma yapılan grupta ise Al-Omiri ve arkadaşlarının (146) çalışmalarına benzer şekilde her 10 dakikalık hidrojen peroksit uygulamasının ardından ozon gazı 60 sn uygulandı ve işlem iki defa tekrarlanarak toplamda 20 dk HP ve 2dk ozon uygulaması yapıldı.

Teisser ve ark. ratlar üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada, ozonun tetrasiklin renklemeleri üzerindeki beyazlatma etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda 5 dakikalık ozon uygulamasının, tetrasiklin renklenmesinde başarılı sonuçlar gösterdiği bulunmuştur (75). Grundlingh ve ark. ozonun, dişleri %45'lik karbamid peroksit kadar etkili beyazlatabildiğini bildirmiştir (147). Zanjani ve ark. %35'lik hidrojen peroksit, ozon gazı ve her iki ajanın kombine kullanımının beyazlatma etkisini değerlendirdikleri çalışmada 4 dakikalık ozonla beyazlatma uygulamasının diğer gruplara oranla anlamlı derecede düşük etkinlik gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca hidrojen peroksit ile hidrojen peroksit+ozon grubu arasında benzer beyazlatma etkinliği olduğu rapor edilmiştir (74). Aynı şekilde Tavares ve arkadaşları farklı ofis tipi beyazlatma prosedürlerini karşılaştırdıkları in vitro çalışmada, hidrojen peroksitle ozonun kombine kullanımının, ozonun tek başına kullanımından anlamlı derecede daha üstün olduğunu bildirmiştir (148).

%38'lik hidrojen peroksit ve hidrojen peroksit ile birlikte 60 sn ozon uygulamasını içeren kombine beyazlatma uygulamasının renk değişikliği üzerindeki etkisini inceleyen in vitro ve in vivo çalışmalarda, hidrojen peroksit +ozon uygulamasının yalnızca hidrojen peroksit uygulamasına kıyasla daha etkili bir beyazlatma sağladığı rapor edilmiştir (149, 150). Yetkiner ve ark, %40'lık HP ve ozon gazı kullanarak yaptıkları in-vivo çalışmada, ΔE^* değerleri ağartmadan hemen sonra istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermezken, ağartmadan 48 saat sonra gruplar arasında renk değişimi önemli ölçüde farklılık göstermiştir. En fazla renk değişiminin ise HP uygulanan grupta olduğu bildirilmiştir (151). Sürmeli ve Torun ozon gazı, hidrojen peroksit ve hidrojen peroksitin diyet lazerle aktivasyonunun beyazlatma etkinliğini inceledikleri in-vivo çalışmada, tüm gruplarda beyazlatma meydana geldiğini ancak 2 hafta sonra ozon grubundaki renk değişiminin diğer gruplardan daha düşük olduğunu bildirmiştir. Ayrıca diyet lazerle aktivasyonun beyazlatma etkinliğini arttırmadı belirtilmiştir (152). Yapmış olduğumuz çalışmada, elde ettiğimiz veriler bu çalışmalar ile kısmen uyumludur. 5 farklı ofis tipi

beyazlatma metodunun beyazlatma etkinliğini incelediğimiz çalışmamızda, tüm gruplarda yeterli düzeyde beyazlatma meydana gelmiştir. Ayrıca farklı ışık aktivasyonunun beyazlatma etkinliğini etkilemediği, ozon ve hidrojen peroksit kombinasyonunun diğer gruplarla benzer sonuçlar gösterdiği tespit edildi. Diğer çalışmalardan farklı olarak araştırmamızda ozonun 20 dakikalık uygulamasının diğer gruplarla benzer sonuçlar gösterdiği tespit edildi. Bu farklılığın ozonun uygulama süresinden kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz. Öte yandan AL-Omiri ve arkadaşları literatürdeki bu farklı sonuçların elde edilmesinde kullanılan ozon cihazı, uygulama süresi ve çalışma yöntemlerinin farklı olması gibi birçok faktörün etkili olabileceğini bildirmiştir (146).

Literatürde peroksit bazlı materyallerin mine yüzeyine olan etkilerinin incelendiği çalışmalarda, uygulama şekline, konsantrasyonuna ve süresine bağlı olarak beyazlatma ajanının, minenin inorganik ve organik bileşiminde değişikliklere neden olduğu bildirilmiştir. Yapıda meydana gelen bu değişiklikler, minenin sertliğinde azalma, yüzey pürüzlülüğünde ise artış ile sonuçlanmaktadır (153, 154). Bununla beraber beyazlatma sonrası yüzey pürüzlülüğü ve sertliğinin değerlendirildiği çalışmalarda farklı sonuçların olduğu görülmektedir. Bazı araştırmacılar beyazlatma işleminin yüzey pürüzlülük ve sertliğini etkilediğini belirtirken (47, 155, 156) bir kısım araştırmacı ise yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertliğin etkilenmediğini belirtmiştir (157, 158).

Mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü ile ilgili çalışmalarda, doğru ölçümler yapabilmek için örneklerin düzgün ve polisajlanmış yüzeylere sahip olması gerekmektedir. Bu sebeple birçok çalışmada ölçülen verilerin güvenilirliğini sağlamak amacıyla işlem öncesi yüzeylerin 150 nm miktarında zımparalanması önerilmiştir (159). Bizim çalışmamızda da ölçümler öncesinde düz yüzeyler elde etmek için örneklerle zımparalama işlemi uygulandı.

Mikrosertlik ve pürüzlülük çalışmalarında, numunelerin saklandığı solüsyonların mineralize doku yüzeyinde kimyasal değişikliklere neden olabileceği ve bunda ölçüm güvenilirliğini etkileyebileceği belirtilmiştir (160). Örneklerin tükürükte tutulduğu çalışmalarda, tükürükle numuneler arasında kalsiyum fosfat geçişiyle beyazlatma sonrası oluşan yüzey pürüzlülüğündeki artış ve mine yüzey sertliğindeki azalmanın tersine döndüğü gösterilmiştir (161). Örneklerin distile suda bekletildiği çalışmalarda ise ortam ile numuneler arasında iyon geçişi olmadığı bu sebeple daha güvenilir sonuçlar elde edileceği belirtilmiştir. Yapılan çalışmalarda distile suya konulan numunelerde iyon

geçiş olmadığı gösterilmiştir (162). Bu nedenle çalışmamızda numunelerin distile suda bekletilmesi tercih edildi.

Yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için profilometreler, atomik kuvvet mikroskobu (AFM), taramalı elektron mikroskobu (SEM), Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi (EDS), Taramalı Uç Mikroskobu (SPM), X-ışını Fotoelektron Spektrometresi (XPS) gibi çeşitli yöntem ve analizler kullanılmaktadır (163, 164). Bununla birlikte ön hazırlık gerektirmemesi, aynı örneklerin tekrar tekrar kullanılabilmesi ve kolay ölçüm elde edilmesi gibi avantajları nedeniyle pürüzlülük çalışmalarında genellikle profilometre cihazları kullanılmaktadır (165). Ölçümlerin kolay ve tekrarlanabilir olmasından dolayı çalışmamızda profilometre cihazı tercih edildi.

Faraoni-Romano ve arkadaşları farklı konsantrasyonlara sahip KP ve HP ile yapmış oldukları in vitro çalışmada, mine yüzey pürüzlülüğü açısından beyazlatma jelleri arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığını bildirmiştir (166). Covington ve ark. 45 gün boyunca ağartma materyali uyguladıkları mine ve dentinin yapısında, değişiklik meydana geldiğini ve bu değişimin kalsiyum ile fosfor miktarındaki hafif azalma şeklinde olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte mine yapısının önemli bir değişime uğramadığı gözlemlenmiştir (167). Benzer şekilde De souzo ve ark. farklı konsantrasyonlardaki (%20 KP, %9.5 HP, %38 HP, %45 KP) peroksit içerikli ajanların beyazlatma etkinliği, minenin yüzey pürüzlülüğü ve sertliğine olan etkilerini değerlendirdikleri in vitro çalışmada, beyazlatma ajanları ile kontrol grubu arasında yüzey pürüzlülüğü açısından fark olmadığını bildirmiştir (158). Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar, literatürdeki bu çalışmalarla uyumlu olmayıp kullanmış olduğumuz 40'lık (Opasellent Boost) HP mine yüzeyinde önemli derecede pürüzlülüğe neden olmuştur.

Pinto ve ark. farklı konsantrasyonlardaki karbamid peroksit ve hidrojen peroksitin (%10 KP, %7,5 HP, %35HP, %35-%37 KP) beyazlatma sonrası profilometre cihazı ile mine yüzey pürüzlülüğünü değerlendirdikleri çalışmalarında, tüm gruplarda pürüzlülüğün arttığını bildirmiştir (168). Lugo ve ark. %40'lık hidrojen peroksit (Opalescence Boost %40) ve aynı konsantrasyona sahip (%35) farklı içerikteki (Whiteness HP AutoMixx),(whiteness HP blue) 2 beyazlatma ajanı ile 40 dakikalık bir beyazlatma uygulamasından sonra örneklerin yüzey pürüzlülüğünü değerlendirdikleri çalışmada, tüm gruplarda pürüzlülük bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğu bildirilmiştir (169). Farklı konsantrasyondaki karbamid peroksitin minenin pürüzlülüğüne olan etkisinin incelendiği diğer bir çalışmada, yüksek konsantrasyona sahip karbamid peroksit ajanlarının mine yüzeyinde anlamlı değişiklik meydana getirdiği

bildirilmiştir (170). Çalışmamızda, literatürdeki bu çalışmalarla uyumlu olarak, %40'lık hidrojen peroksitle beyazlatma sonrasında yüzey pürüzlülüğünde anlamlı bir artış elde edilmiştir.

Mondelli ve ark; %35 HP-hibrit ışık; %35 HP-halojen ışık ve %16 KP ile sıgır dişlerine beyazlatma işlemi uyguladıktan sonra dişlerin mine yüzeyini incelemiş ve çalışma sonucunda, mine pürüzlülük değerinde anlamlı bir değişiklik olmadığını bildirmiştir (171). Suresh ve ark. farklı ışık kaynakları ile yapılan beyazlatma işlemlerinin (%35'lik hidrojen peroksit, %37.5'lik HP+LED ışık aktivasyonu ve %45 HP+ Diyot lazer) ardından SEM cihazı ile yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmiş, elde ettikleri veriler ışığında en yüksek pürüzlülük değerinin herhangi bir ışık aktivasyonu olmayan grupta, en düşük pürüzlülük değerlerinin ise LED ile aktive edilen grupta olduğunu bildirmiştir. Araştırmacılar, LED ile %35'lik HP grubunda beyazlatma süresinin (24dk) aynı olmasına rağmen elde edilen bu farklılığın, kullanılan jelin pH'sına bağlı olabileceğini, Diyot lazer grubundaki farklılığın ise diğer iki gruba oranla beyazlatma süresinin (17dk) daha az olmasından kaynaklanabileceğini belirtmiştir (172).

Anaraki ve arkadaşları, %40 HP (Opalascence Xtra Boost) ve Diyot lazer + Heydent jeli kullanarak yaptıkları beyazlatma çalışmasında, mine yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmiş, çalışma sonucunda her iki ofis içi beyazlatma sisteminin de mine mikro pürüzlülüğünü önemli ölçüde arttırdığını belirtmiştir (173). Sığır dişi kullanarak yapılmış olan bir diğer çalışmada, %35'lik hidrojenperoksit jeli üç farklı ışık kaynağı (Er-YAG lazer, Diyot lazer, LED) ile aktive edilmiştir. Beyazlatma işlemi ardından mine yüzey pürüzlülüğünü değerlendiren araştırmacılar, tüm gruplarda anlamlı derecede pürüzlülük artışı olduğunu tespit etmiştir (134). Bizim çalışmamızda da bu çalışmalar ile uyumlu olarak %40'lık HP ve %40'lık HP'in LED ve Diyot lazer aktivasyonu ile beyazlatıldığı gruplarda mine yüzeylerinde önemli derecede pürüzlülük meydana geldiği ancak oluşan bu pürüzlülük derecesinin gruplar arasında farklılık arz etmediği bulunmuştur.

Araştırmacılar, mine yüzey pürüzlülüğü ile ilgili elde edilen bu farklı sonuçların, kullanılan ajanın içeriğine, konsantrasyonuna, uygulama sürelerine, saklama koşullarına, pH ve uygulama metodlarındaki farklılığa bağlı olduğunu bildirmiştir (174).

Dominguez ve ark. %35 HP (Whiteness HP Maxx, FGM; Joinville-Santa Catarina-Brazil) ile beyazlatma işlemi sonrası florür uygulaması ile kendiliğinden florürlü %38'lik HP'i (Opalescence Boost PF, Ultradent Products, Salt Lake City) karşılaştırdıkları çalışmada, mine yüzey pürüzlülüğünün her iki grupta istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığını bildirmiştir (175). Şişmanoğlu ve ark. vital beyazlatma

öncesi florid ve ozon uygulamanın dişlerin yüzey pürüzlülüğü etkisine baktıkları bir çalışmada, ozonun pürüzlülüğün azalmasına anlamlı derecede katkı sunmadığını bildirmiştir (176). Beyazlatma ajanının içinde bulunan florürün remineralizasyona etkisinin incelendiği başka bir çalışmada, içerikte yer alan florürün remineralizasyon olayına herhangi bir katkı sağlamadığı belirtilmiştir (177). Çalışmamızda beyazlatma ajanı olarak içeriğinde sodyum florür (NaF) bulunan nötr pH'a sahip %40'lık HP (Opalascence Boost, Ultradent) kullanıldı. Beyazlatma sonucunda yüzey pürüzlülüğünde anlamlı artış olduğu gözlemlendi. Elde ettiğimiz bu sonuç yukarıdaki çalışmaları destekler nitelikte olup ajan içerisindeki NaF'ün remineralizasyona katkı sağlamadığını düşündürmektedir.

Yapılan birçok çalışmada, beyazlatma amacıyla kullanılan yüksek konsantrasyonlardaki hidrojen peroksitin, mine dokusu üzerinde pürüzlülük, demineralizasyon artışı ve mekanik özelliklerde azalma gibi olumsuzluklara neden olduğu belirtilmektedir (93-95, 178). Bu olumsuz etkileri azaltmak amacıyla düşük konsantrasyonlarda peroksit, yüksek pH içeriği ve kalsiyum, florür gibi remineralize edici ajanların kullanımı araştırmacılar tarafından önerilmektedir. Bununla birlikte son yıllarda bazı araştırmacılar, okside edici özelliğinden dolayı ozonun hidrojen peroksit alternatif bir beyazlatma ajanı olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir (145, 146). Literatüre bakıldığında ozonun beyazlatma amacıyla kullanımının, mine yüzey pürüzlülüğüne olan etkisini inceleyen az sayıda çalışma vardır.

El sayad, yapmış olduğu çalışmada, 1 dakikalık ozon maruziyetinin diş yüzeyinde değişikliğe neden olmadığını, bununla birlikte 2 dakikalık bir maruziyetin mine yüzey morfolojisinde pürüzlülük açısından belirgin değişikliklere neden olduğunu bildirmiştir (179). Wagner ve ark, ozon kullanımının süt dişlerinin mine yüzeyinde pürüzlülük artışına neden olduğunu belirtmişlerdir (180). Ozonun beyazlatma etkinliğini ve diş üzerinde oluşturduğu fizikokimyasal değişimlerin değerlendirildiği diğer bir çalışmada, %35'lik HP, Ozon ve Ozon ile HP'in kombine kullanımının yüzey pürüzlülüğü açısından benzer özellikler gösterdiği belirtilmiştir (148). Çalışmamızda beyazlatma öncesi-sonrası pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, tüm gruplarda yüzey pürüzlülüğü istatistiksel olarak anlamlı bir artış göstermiştir. Bununla birlikte pürüzlülük açısından gruplar arasında anlamlı bir fark olmamasına rağmen Ozonla ağartma yapılan grupta ozon yüzey pürüzlülüğünü daha fazla artırmıştır. Çalışmamızdaki bu artışın, diğer çalışmalara göre ozonun daha uzun süre uygulanmasına bağlamaktayız.

Literatüre bakıldığında, diş beyazlatma sonrası mikrosertlik ölçümleri genellikle Knoop veya Vicker's sertlik yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Vicker's mikrosertlik yöntemi dengeli kuvvet uygulaması, kare şeklinde iz bırakması, bıraktığı izin alanının kolay hesaplanabilmesi ayrıca düz olmayan yüzeylerde de ölçüm yapabilmesi sebebiyle çalışmalarda genellikle daha fazla tercih edilmektedir (181, 182). Yapılan birçok çalışmada Vicker's sertlik ölçüm deneyi için uygulanan kuvvet ve zaman farklılık göstermektedir. Çalışmamızda, De Magalhaes ve arkadaşlarının (183) çalışmasında olduğu gibi 10 saniye boyunca 200 gr. yük uygulanarak Vicker's mikrosertlik ölçümleri yapıldı.

Zhang ve ark. yapmış oldukları çalışmada, KTP (532 nm), diyet lazer (980 nm) ve LED ile aktivasyonlu ağartma işlemi sonrasında tüm gruplarda mikrosertlik değerlerinin önemli ölçüde değişmediği bildirilmiştir (184). Aynı şekilde De Magalhaes, 830 nm diyet lazer ile aktive edilen ağartma jelinin mine mikro sertliğini anlamlı düzeyde değiştirmedğini göstermiştir (183).

Parreiras ve arkadaşları %35 H₂O₂ ağartma jeli ve bu jelin LED ışık kaynağı ile aktivasyonunun mine sertliği üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi şeklinde tasarladıkları çalışmada, her iki grupta da mine sertliğinde önemli bir değişiklik olmadığını bildirmiştir (185). Vanderstricht ve arkadaşları KTP lazer, diyet lazer ve LED lamba ile peroksit aktivasyonunun minede benzer mikrosertlik değişimine neden olduğunu belirtmiştir (186). Nematianaraki ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada ise hem plazma ark (350-700 nm) hem de diyet lazer (810 nm) ile ağartma jeli aktivasyonun mine mikro sertliğinde azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (117). Benzer şekilde Majeed ve arkadaşları da yapmış oldukları çalışmada, ışık aktivasyonu olan ve olmayan %38 HP'in dentin mikrosertliğini azalttığını göstermiştir (187).

Araujo ve ark. LED, halojen lambalar, argon lazerle birlikte %35 HP uygulamasından sonra mikrosertlik değişimini değerlendirmiş, HP uygulamasının 14 gün sonra mikrosertlikte azalmaya yol açtığını, ışık aktivasyonunun bu değeri etkilemediği sonucuna varmıştır (188). Gomes ve arkadaşları, tek başına %35 HP jel kullanımının mikrosertlikte %15 lik bir azalmaya yol açtığını, plazma ark ve LED ışık kaynağı ile aktivasyonunun ise mikrosertliğin azalmasına önemli ölçüde katkıda bulunmadığını göstermiştir (189). Klaric ve arkadaşları ağartma aktivasyonu için ZOOM2, LED405 ve OLED ışık kaynaklarını kullanarak yapmış oldukları araştırmada, ışık kaynakları ile aktivasyon sonrası tüm gruplarda mikrosertlikte önemli bir azalma olduğu gözlemlenmiştir (190). Pinto ve arkadaşları, 2004 yılında yapmış oldukları bir in vitro çalışmada, farklı

konsantrasyon ve farklı uygulama süreleriyle KP ve HP içeren 7 grupta mikrosertlik değişimi yönünden değerlendirme yapmıştır. Beyazlatma sonrası tüm gruplarda, kontrol grubuna göre yüzey mikrosertlik değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gözlemlenmiştir (168). Berger ve ark. %35 hidrojen peroksiti, halojen ışık, LED, diyet lazer ile aktive ettikleri çalışmada, hangi tip beyazlatma ışığı kullanılırsa kullanılsın yüzey mikrosertlik değerlerinde önemli bir düşüş olduğunu göstermiştir (191).

Literatürde farklı sonuçlar olmakla beraber çalışmamızda, tüm grupların işlem öncesi ve sonrası ölçülen mikrosertlik değerlerinde anlamlı ölçüde azalma bulundu. Bununla birlikte gruplar arasında sertlik değişimi açısından anlamlı fark görülmedi.

Beyazlatma sonrası yapılan mikrosertlik çalışmalarında bulunan farklı sonuçların elde edilmesinde, pürüzlülük deneylerinde olduğu gibi kullanılan ajan pH'sı, konsantrasyonu, içeriğindeki farklı bileşenler ve uygulama sürelerindeki farklılıklar rol oynamaktadır. Ayrıca örneklerin saklanma koşulları da (yapay tükürük distile su, de iyonize su vb.) elde edilen sonuçları etkileyebilmektedir. Örneğin yapay tükürük içinde saklanan dişlerde, demineralizasyon ve remineralizasyon olaylarının gerçekleşmesi elde edilecek sonuçları değiştirebileceği bilinmektedir (125).

Çalışmamızda ozon gazı ve hidrojen peroksit ile ozon gazının kombine uygulandığı gruplarda, diğer gruplarla benzer şekilde mikrosertlik değerinde azalma olduğu görüldü. Tahmassebi ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada ise yapılan mikrosertlik deneyinde ozon uygulanan grupta yüzey sertlik değerinde anlamlı bir fark olmadığını bildirilmiştir (192). Literatürdeki sonuçların çalışmamızdan farklı olmasının nedenini, kullanılan ozon jenarötörü ve sürenin farklı olmasına bağlamaktayız.

Duggal ve arkadaşları ozonun, mine ve dentinden mineral kaybının inhibisyonu üzerindeki etkisini mikrosertlik testi kullanarak incelemiştir. Araştırmacılar, ozonun diş sert doku demineralizasyonunun inhibisyonu üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı sonucuna varmıştır (193). Santana ve ark. ozonun beyazlatma etkinliği ile mine mikrosertliği üzerindeki etkililerini değerlendirdikleri in vitro bir çalışmada ozonun minenin knoop sertlik değerlerini anlamlı ölçüde azalttığını göstermiştir (194). Çalışmamızda, bu çalışma ile uyumlu olup, ozonla beyazlatma sonrasında minenin Vicker's mikrosertlik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu görüldü.

Literatürde ozon ve hidrojen peroksin kombine kullanımı ile yapılan beyazlatma işlemi sonrasında, mikrosertlik değerlerinin incelendiği bir çalışma yoktur. Bununla birlikte elde ettiğimiz veriler sonucunda, ozonun hidrojen peroksitle kombine

kullanımının mikrosertliği azalttığı ve bu azalmanın çalışmamızdaki diğer ofis tipi beyazlatma metodlarıyla benzer olduğu bulundu.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı ofis tipi beyazlatma teknikleri kullanılarak yapılan beyazlatma işlemlerinin, beyazlatma etkinliğini ve mine yüzeyinde oluşan değişiklikleri incelediğimiz bu in vitro çalışmamızda elde edilen sonuçlar şu şekildedir.

- Farklı ofis tipi teknikleri uygulanan grupların hepsinde beyazlatma etkinliği görülmüştür ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.
- Ortalama ΔE değerlerine bakıldığında en fazla renk değişiminin Grup 1’de olduğu, en az renk değişiminin ise Grup 3’te olduğu bulunmuştur. Ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.
- Beyazlatma tedavisi sonrasında tüm gruplarda yüzey pürüzlülüğü istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artmıştır. Yine istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte ortalama değerlere göre en fazla artış ise grup 1’de görüldü.
- Beyazlatma tedavisi öncesi ve sonrası yüzey pürüzlülüğü gruplar arasında karşılaştırıldığında ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı.
- Beyazlatma sonrasında tüm gruplarda, Vicker’s mikrosertlik değeri istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azalmıştır. Yine ortalama değerlere bakıldığında en fazla azalma grup 5(HP+O₃)’ te olurken en az azalma ise grup 4(O₃)’te tespit edildi.
- Son olarak beyazlatma öncesi ve sonrası ölçülen mikrosertlik değerleri açısından gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmadı.

Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda bütün yöntemlerin benzer şekilde beyazlatma etkinliği gösterdiği, led ışık kaynağı ve lazerin beyazlatma etkinliği ile mine yüzey değişiklikleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmadığı görüldü. Öte yandan ozonun hidrojen peroksit alternatif bir beyazlatma ajanı olabileceğini ancak bu sonucun desteklenmesi amacıyla daha çok kontrollü in-vitro ve in-vivo çalışmaya ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

- 1- Başaran S, Yamanel K. Gülümseme Tasarımı *A.. Diş Hek. Fak. Derg.* 2015; 42 (2): 123-134, 2015
- 2- Sasaki RT, Arcanjo AJ, Flrio, FM ve Basting, RT. Micromorphology and microhardness of enamel after treatment with home-use bleaching agents containing 10% carbamide peroxide and 7.5% hydrogen peroxide. *Journal of Applied Oral Science*, 2009, 17: 611-616.
- 3- Heymann Harald O.; Ritter, André V. Additional conservative esthetic procedures. In: *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. Elsevier, 2018. p. 264-305.
- 4- Joiner Andrew. Tooth colour: a review of the literature. *Journal of dentistry*, 2004; 32: 3-12.
- 5- Goldstein Ronald E.; Garber, David A. Complete dental bleaching. 1995.
- 6- Carey Clifton M. Tooth whitening: what we now know. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, 2014; 14: 70-76.
- 7- Oktay, E. K. Farklı vital beyazlatma sistemlerinin diş rengi üzerine etkilerinin klinik olarak karşılaştırılması. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstits. *Ankara, Türkiye*, 2006.
- 8- Sulıeman Munther. An overview of tooth discoloration: extrinsic, intrinsic and internalized stains. *Dental update*, 2005, 32(8): 463-471.
- 9- Gerlach RW, Barker ML, Sagel PA. Comparative efficacy and tolerability of two direct-to-consumer tooth whitening systems. *American journal of dentistry*, 2001, 14(5): 267-272.
- 10- Celiberti P, Pazera P, Lussi A. The impact of ozone treatment on enamel physical properties. *American journal of dentistry*, 2006, 19(1): 67-72
- 11- Panati Charles. *Panati's extraordinary origins of everyday things*. Chartwell Books, 2016.
- 12- Chapplle JA. Restoring discolored teeth to normal. *Dent Cosmos*, 1877; 19: 449.
- 13- Westlake A. Bleaching teeth by electricity. *The American journal of dental science*, 1895; 29(3): 101.

- 14- Abbot CH. Bleaching discolored teeth by means of 30% perhydrol and the electric light rays. *J Allied Dent Soc*, 1918; 13: 259.
- 15- Prinz H. Recent improvements in tooth bleaching. *Dent Cosmos*, 1924; 66(5): 558-60.
- 16- Ames JW. Removing stains from mottled enamel. The Journal of the American Dental Association and The Dental Cosmos, 1937; 24(10): 1674-77.
- 17- Cohen S, Parkins FM. Bleaching tetracycline-stained vital teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1970; 29(3): 465-471.
- 18- Fasanora TS. Bleaching teeth: history, chemicals, and methods used for common tooth discolorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 1992, 4.3: 71-78.
- 19- Haywood VB. Nightguard vital bleaching. *Quintessence int*, 1989; 20: 173-176.
- 20- Croll TP. Enamel microabrasion for removal of superficial discoloration. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 1989; 1(1): 14-20.
- 21- Haywood VB. Current status of nightguard vital bleaching. *Compendium*, 2000; 21(28): 10-17.
- 22- Keyf F, Uzun G, Altunsoy Sema. Diş hekimliğinde renk seçimi. *Hacettepe Diş Hek Fak Derg*, 2009, 33.4: 52-58.
- 23- Sengez G, Dörter C. Estetik diş hekimliğinde renk seçimi. *Selcuk Dent J*. 2019; 6: 213-220
- 24- Hunt RWG, Pointer, MR. Measuring colour. John Wiley & Sons, 2011.
- 25- Özdoğan ZC, Çelik Ç. Diş renklemeleri ve beyazlatma tedavileri. *7tepe Klinik Dergisi*. 2017; 13(1): 37-44.
- 26- Siekert RG, Gibilisco JA. Discoloration of the teeth in alkaptonuria (ochronosis) and parkinsonism. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1970; 29(2): 197-199.
- 27- Fayle SA, Pollard MA. Congenital erythropoietic porphyria--Oral manifestations and dental treatment in childhood: A case report. *Quintessence International*, 1994; 25: 8.
- 28- Welbury R, Duggal MS, Hosey MT. (ed.). Paediatric dentistry. Oxford university press, 2018.

- 29- Crawford PJ, Aldred M, Bloch-Zupan, A., Agnes. Amelogenesis imperfecta. *Orphanet journal of rare diseases*, 2007; 2(1): 1-11.
- 30- 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.
- 31- Kim JW, Simmer JP. Hereditary dentin defects. *Journal of dental research*, 2007; 86(5): 392-399.
- 32- Witkop Jr C. J. Amelogenesis imperfecta, dentinogenesis imperfecta and dentin dysplasia revisited: problems in classification. *Journal of Oral Pathology & Medicine*, 1988; 17(9): 547-553.
- 33- Shields E. D, Bixler D, El-Kafrawy A. M. A proposed classification for heritable human dentine defects with a description of a new entity. *Archives of oral biology*, 1973, 18(4): 543-553.
- 34- Tredwin C.J, Scully C, Bagan-Sebastian J.V. Drug-induced disorders of teeth. *Journal of dental research*, 2005; 84(7): 596-602.
- 35- Venkateswarlu M, Naga Sailaja R. Tetracycline induced tooth discoloration. *IJDA*, 2011, 3(1): 457.
- 36- Van der Bijl P, Pitigoi-Aron G. Tetracyclines and calcified tissues. *Annals of dentistry*, 1995; 54(1-2): 69-72.
- 37- Mehta D.N, Shah J. Reversal of dental fluorosis: A clinical study. *Journal of natural science, biology, and medicine*, 2013, 4(1): 138.
- 38- Grenwall L. Discoloration of Teeth. In: *Tooth Whitening Techniques*. CRC Press, 2017. p. 1-19.
- 39- Martos J, Gewehr A, Paim E. Aesthetic approach for anterior teeth with enamel hypoplasia. *Contemp Clin Dent* 2012; 3(1): 82-85
- 40- Weerheijm K.L. Molar incisor hypomineralisation (MIH). *European Journal of Paediatric Dentistry*, 2003; 4: 115-120.
- 41- Morely J. The esthetics of anterior tooth ageing. *Curr Opin Cosmet Dent* 1997; 4: 35-39.

- 42- Nathoo SA. The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. *The Journal of the American Dental Association*, 1997; 128: 6-10.
- 43- Manuel S.T, Abhishek P, Kundabala M. Etiology of tooth discoloration-a review. *Etiology of tooth discoloration-a review*, 2010; 18(2): 56-63.
- 44- Watts AM, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *British dental journal*, 2001; 190(6): 309-316
- 45- Heymann HO. Additional conservative esthetic procedures. In. Heymann HO, Swift Jr E., Ritter AV, eds. *Sturdevant's art and Science of Operative Dentistry* 6th ed. Missouri 2012. p. 312-38.
- 46- Heymann HO. Tooth whitening: facts and fallacies. *British Dental Journal*; 2005; 198(8): 514-514.
- 47- Buchalla W, Attin T. External bleaching therapy with activation by heat, light or laser—a systematic review. *Dent Mater*. 2007; 23(5): 586-96.
- 48- Sheets CG, Paquette JM, Wright RS. Tooth-whitening modalities for pulpless and discolored teeth. *Pathways of the Pulp*; 2002, 8: 755.
- 49- Leonard RH. Nightguard Vital Bleaching: Post-Treatment Effects, Longevity, and Long-Term Results. In: *Tooth Whitening Techniques*. CRC Press, 2017. p. 285-294.
- 50- Burrell KH. ADA supports vital tooth bleaching—but look for the seal. *The Journal of the American Dental Association*, 1997; 128: 3-5.
- 51- Kwon SR, Wertz PW. Review of the mechanism of tooth whitening. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2015; 27(5): 240-257.
- 52- Bowles WH, Ugwuneri Z. Pulp chamber penetration by hydrogen peroxide following vital bleaching procedures. *Journal of Endodontics*, 1987; 13(8): 375-377.
- 53- Féliz-Matos L, Hernández LM, Abreu N. Dental bleaching techniques; hydrogen-carbamide peroxides and light sources for activation, an update. Mini review article. *The open dentistry journal*, 2014; 8: 264.
- 54- Bektaş ÖÖ, Siso ŞH, Eren D. Işık kaynakları, polimerizasyon ve klinik uygulamalar. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 2006; 27(2): 117-124.
- 55- Caughman WF, Rueggeberg FA. Shedding new light on composite polymerization. *Operative dentistry*, 2002; 27(6): 636-638.

- 56- Hubbezoğlu İ, Doğan A, Doğan M, Demir H. Kompozit Rezin Materyallerin Farklı Işık Kaynaklarıyla Polimerizasyonu Sırasında Oluşan Isısal Değişikliklerin İncelenmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2008; 11(1): 16-22.
- 57- Asmussen E, Peutzfeld A. Influence of pulse-delay curing on softening of polymer structures. *Journal of Dental Research*, 2001; 80(6): 1570-73.
- 58- Sulieman M, Addy M, Rees JS. Surface and intra-pulpal temperature rises during tooth bleaching: an in vitro study. *British dental journal*, 2005;199(1): 37-40.
- 59- Franck P, Henderson PW, Rothaus KO. Basics of Lasers. *Clin. Plast. Surg*, 2016; 43: 505-513.
- 60- De Moor RJG, Verheyen J, Diachuk A, Verheyen P, Meire MA, De Coster PJ & Walsh LJ. Insight in the chemistry of laser-activated dental bleaching. *The Scientific World Journal*, 2015; 2015: 1-6.
- 61- Olivi G, Genovese MD. Laser restorative dentistry in children and adolescents. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 2011; 1(2): 68-78.
- 62- Parker S. Laser-tissue interaction. *British dental journal*, 2007; 202(2): 73-81.
- 63- Uslu A. Farklı Işık Kaynakları ile Aktive Edilen Beyazlatma Ajanının Klinik Etkinliğinin Değerlendirilmesi. Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi. Ankara Hacettepe Üniversitesi 2019.
- 64- Kato IT, Kohara EK, Sarkis JE, Wetter NU. Effects of 960-nm diode laser irradiation on calcium solubility of dental enamel: an in vitro study. *Photomedicine and Laser Therapy*, 2006; 24(6): 689-693.
- 65- Walsh LJ. Safety issues relating to the use of hydrogen peroxide in dentistry. *Australian dental journal*, 2000; 45(4): 257-269.
- 66- Marshall MV, Gragg PP, Packman EW, Wright PB, Cancro LP. Hydrogen peroxide decomposition in the oral cavity. *American journal of dentistry*, 2001; 14(1): 39-45.
- 67- Delgado AW, Calderón R. Acatasia in two Peruvian siblings. *Journal of Oral Pathology & Medicine*, 1979; 8(6): 358-368.
- 68- Çelik Ç. Diş Renklenmelerinin Tedavisi. *Türkiye Klinikleri J Restor Dent-Special Topics*, 2017; 3(2): 104-12.

- 69- Zimmerli B, Jeger F, Lussi A. Bleaching of nonvital teeth. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 2010; 120(4): 306-13.
- 70- Seidler V, Linetskiy I, Hubáľková H, Staňková H, Šmucľer R, Mazánek J. Ozone and its usage in general medicine and dentistry a review article. *Prague Medical Report* 2008;109(1): 5–13.
- 71- Bocci V, Paulesu L. Studies on the biological effects of ozone 1. Induction of interferon gamma on human leucocytes. *Haematologica*, 1990, 75(6): 510-515.
- 72- Mahapatra AK, Muthukumarappan K, Julson JL. Applications of ozone, bacteriocins and irradiation in food processing: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2005; 45(6): 447-461.
- 73- Nogales CG, Ferrari PH, Kantorovich EO, Lage-Marques, JL Ozone therapy in medicine and dentistry. *J Contemp Dent Pract*, 2008, 9(4): 75-84.
- 74- Zanjani VA, Ghasemi A, Torabzadeh H, Jamali M, Razmavar S, Baghban AA. Bleaching effect of ozone on pigmented teeth. *Dent Res J* 2015; 12: 20-24.
- 75- Tessier J, Rodriguez PN, Lifshitz F, Friedman SM, Lanata EJ. The use of ozone to lighten teeth. An experimental study. *Acta Odontol Latinoam*. 2010; 23(2): 84-89.
- 76- Özel Y, Özel E, Attar N, Aksoy G. Diş hekimliğinde beyazlatma. *EÜ Diş Hek Fak Derg*, 2007; 28: 33-40.
- 77- Bowles WH, Burns Jr H. Catalase/peroxidase activity in dental pulp. *Journal of Endodontics*, 1992; 18(11): 527-529.
- 78- Schulte JR, Morrisette DB, Gasior, EJ, Czajewski MV. The effects of bleaching application time on the dental pulp. *Journal of the American Dental Association* 1994; 125(10): 1330-35.
- 79- Koruk D, Kırzioğlu Z. Diş beyazlatma tedavisinin güvenilirliği. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2010; 11(1): 29-37.
- 80- Trope M. Cervical root resorption. *The Journal of the American Dental Association*, 1997; 128: 56-59.
- 81- Harrington GW, Natkin E. External resorption associated with bleaching of pulpless teeth. *Journal of Endodontics*, 1979; 5(11): 344-48.

- 82- Bayırlı G. Diş Renkleşmeleri ve Beyazlatma. In: Endodontik Tedavi 1. İstanbul Üniversitesi Basımevi ve film merkezi. İstanbul-1998, 585-621.
- 83- Kawanishi S, Inoue, S, Yamamoto, K. Site-specific DNA damage induced by nickel (II) ion in the presence of hydrogen peroxide. *Carcinogenesis*, 1989; 10(12): 2231-35.
- 84- Woolverton CJ, Haywood VB, Heymann HO. Toxicity of two carbamide peroxide products used in nightguard vital bleaching. *American journal of dentistry*.1993, 6.6: 310-314.
- 85- Carlsson J. Salivary peroxidase: an important part of our defense against oxygen toxicity. *Journal of Oral Pathology & Medicine*, 1987; 16(8): 412-416.
- 86- Dorozhkin SV, Epple M. Biological and medical significance of calcium phosphates. *Angew. Chem, Int. Ed.* 2002; 41: 3130–46.
- 87- Enax J, Epple M. Synthetic hydroxyapatite as a biomimetic oral care agent. *Oral Health Prev. Dent.* 2018; 16: 7–19.
- 88- Epple M, Meyer F, Enax J. A critical review of modern concepts for teeth whitening. *Dentistry journal*, 2019; 7(3): 79-92.
- 89- Haywood VB, Leech T, Heymann HO, Crumpler D, Bruggers K. Nightguard vital bleaching: effects on enamel surface texture and diffusion. *Quintessence Int.* 1990; 21(10): 801-804.
- 90- Azrak B, Callaway A, Kurth P, Willershausen B. Influence of bleaching agents on surface roughness of sound or eroded dental enamel specimens. *J Esthet Restor Dent.* 2010; 22(6): 391-9.
- 91- Xu B, Li Q, Wang Y. Effects of pH values of hydrogen peroxide bleaching agents on enamel surface properties. *Oper Dent.* 2011; 36(5): 554-62.
- 92- Lopes GC, Bonisconi L, Baratieri LN, Vieira LCC, Monteiro S. Effect of bleaching agents on the hardness and morphology of enamel. *J Esthet Restor Dent.* 2002; 14: 24–30.
- 93- White DJ, Kozak KM, Zoladz JR, Duschner H, Götz H. Peroxide interactions with hard tissues: effects on surface hardness and surface/subsurface ultrastructural properties. *Compend Contin Educ Dent.* 2002; 23: 42–48.

- 94- Bitter NC. A scanning electron microscopy study of the effect of bleaching agents on the enamel. A preliminary report. *J Prosthet Dent* 1990; 67: 852-55.
- 95- Fearon J. Tooth whitening: Concepts and controversies. *J. Ir. Dent. Assoc.* 2007; 53: 132–140.
- 96- Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *J Endod.* 1996; 22(1): 23-6
- 97- Zantner C, Beheim-Schwarzbach N, Neumann K, Kielbassa AM. Surface microhardness of enamel after different home bleaching procedures. *Dent Mater.* 2007; 23(2): 243-50.
- 98- Potočnik I, Kosec L, Gašpersič D. Effect of 10% carbamide peroxide bleaching gel on enamel microhardness, microstructure, and mineral content. *J Endod.* 2000; 26(4): 203-6.
- 99- Chng HK, Ramli HN, Yap AUJ, Lim CT. Effect of hydrogen peroxide on intertubular dentine. *Journal of Dentistry*, 2005, 33(5): 363-369.
- 100- Müjdecı A, Gökay O. Dental effects of home bleaching gels and whitening strips on the surface hardness of resin composites. *American journal of dentistry*, 2005, 18(5): 323-326.
- 101- Cooley RL, Burger KM. Effect of carbamide peroxide on composite resins. *Quintessence Int* 1991; 22: 817-21.
- 102- Haywood VB. A comparison of at-home and in-office bleaching. *Dent Today*, 2000, 19.4: 44-53.
- 103- Hummert TW, Osborne JW, Norling BK, Cardenas HL. Mercury in solution following exposure of various amalgams to carbamide peroxides. *American journal of dentistry*, 1993; 6(6): 305-309.
- 104- Plotino G, Buono L, Grande NM, Pameijer CH, Somma F. Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures. *Journal of endodontics*, 2008; 34(4): 394-407.
- 105- Torneck CD, Titley KC, Smith DC, Adibfar A. The influence of time of hydrogen peroxide exposure on the adhesion of composite resin to bleached bovine enamel. *Journal of endodontics*, 1990; 16(3): 123-128.

- 106- Cvitko E, Denehy GE, Swift Jr EJ, Pires JAF. Bond strength of composite resin to enamel bleached with carbamide peroxide. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 1991; 3(3): 100-102.
- 107- McGuckin RS, Thurmond BA, Osivitz S. Enamel shear bond strengths after vital bleaching. *American journal of dentistry*, 1992; 5(4): 216-222
- 108- Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of dentistry*, 2017; 67: 3-10.
- 109- Lagouvardos PE, Fougia AG, Diamantopoulou SA, Polyzois GL. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2009; 101(1): 40-45.
- 110- Khurana R, Tredwin CJ, Weisbloom M, Moles DR. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *British dental journal*, 2007; 203(12): 675-680
- 111- Kahramanoğlu E, Özkan YK. Diş hekimliğinde estetik ve renk. *Cumhuriyet Dental Journal*, 2013; 16(4): 339-347.
- 112- 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.
- 113- 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): 146-165.
- 114- İnan H, Tanam E, Bağış B. Tam protezlerde kullanılan farklı kaide materyallerinin yüzey pürüzlülüğü yönünden in vitro incelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Diş Hek Fak Derg.* 2008; 17: 171-76.
- 115- Park SH, Krejci I, Lutz F. Hardness of celluloid strip-finished or polished composite surfaces. *J Prosthet Dent.* 2000; 83(6): 660-663.
- 116- Savaşkan T. Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, 5.Baskı, Trabzon 2009, 134-142.
- 117- Nematianaraki S, Fekrazad R, Naghibi N, Kalhori KA, Junior AB. Effects of the bleaching procedures on enamel micro-hardness: Plasma Arc and diode laser comparison. *Laser therapy*, 2015; 24(3): 173-177.

- 118- Fekrazad R, Alimazandarani S, Kalhori KA, Assadian H, Mirmohammadi SM. Comparison of laser and power bleaching techniques in tooth color change. *J Clin Exp Dent*. 2017; 9(4): 511-15.
- 119- De Freitas PM, Menezes AN, da Mota AC, Simoes A, Mendes FM, Lago AD, et al. Does the hybrid light source (LED/laser) influence temperature variation on the enamel surface during 35% hydrogen peroxide bleaching? A randomized clinical trial. *Quintessence Int*. 2016;47(1):61-73.
- 120- Bahannan SA. Shade matching quality among dental students using visual and instrumental methods. *J Dent*. 2014; 42(1):48-52.
- 121- Stephen J. Use of a reflectance spectrophotometer in evaluating shade change resulting from tooth-whitening products. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2003; 15: 42-48.
- 122- Luo W, Westland S, Brunton P, Ellwood R, Pretty IA, Mohan N. Comparison of the ability of different colour indices to assess changes in tooth whiteness. *journal of dentistry*. 2007; 35(2): 109-116.
- 123- Meireles SS, Heckmann SS, Santos IS, Della Bona A, Demarco FF. A double blind randomized clinical trial of at-home tooth bleaching using two carbamide peroxide concentrations: 6-month follow-up. *Journal of Dentistry*. 2008; 36(11): 878-884.
- 124- Khashayar G, Bain PA, Salari S, Dozic A, Kleverlaan, CJ, Feilzer AJ. - Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *Journal of dentistry*, 2014; 42(6): 637-644.
- 125- Joiner A. The bleaching of teeth: A review of the literature. *J Dent*. 2006; 34(7): 412-9.
- 126- Calderini A, Sciara S, Semeria C, Pantaleo G, Polizzi E. Comparative clinical and psychosocial benefits of tooth bleaching: different light activation of a 38% peroxide gel in a preliminary case-control study. *Clin Case Rep*. 2016; 4(8): 728-35.
- 127- Lima DA, Aguiar FH, Liporoni PC, Munin E, Ambrosano GM, Lovadino JR. In vitro evaluation of the effectiveness of bleaching agents activated by different light sources. *J Prosthodont*. 2009; 18(3):249-54.

- 128- Al Quran FA, Mansour Y, Al-Hyari S, Wahandni AA, Mair L. Efficacy and persistence of tooth bleaching using a diode laser with three different treatment regimens. *Eur J Esthet Dent*. 2011;6(4): 436-445.
- 129- Dostalova T, Jelinkova H, Housova D, Sulc J, Nemec M, Miyagi M, et al. Diode laser-activated bleaching. *Braz Dent J*. 2004; 15: 3-8
- 130- Dominguez A, García JA, Costela A, Gómez C. Influence of the light source and bleaching gel on the efficacy of the tooth whitening process. *Photomedicine and laser surgery* 2011; 29(1): 53-59.
- 131- Luk K, Tam L, Hubert M. Effect of light energy on peroxide tooth bleaching. *The Journal of the American Dental Association*, 2004; 135(2): 194-201
- 132- Liang S, Sa Y, Jiang T, Ma X, Xing W, Wang Z, et al. In vitro evaluation of halogen light-activated vs chemically activated in-office bleaching systems. *Acta Odontol Scand* 2013; 71: 1149-55.
- 133- Mena-Serrano AP, Garcia E, Luque-Martinez I, Grande R, Loguercio AD, Reis A. A Single-Blind Randomized Trial About the Effect of Hydrogen Peroxide Concentration on Light-Activated Bleaching. *Oper Dent*. 2016; 41(5):455-64.
- 134- Shahabi S, Assadian H, Nahavandi AM, Nokhbatolfoghahaei H. Comparison of tooth color change after bleaching with conventional and different light-activated methods. *J Lasers Med Sci* 2018; 9(1): 27-31.
- 135- Marson FC, Sensi LG, Vieira LC, Araujo E. Clinical evaluation of in-office dental bleaching treatments with and without the use of light-activation sources. *Oper Dent* 2008; 33:15-22
- 136- Hahn P, Schondelmaier N, Wolkewitz M, Altenburger MJ, Polydorou O. Efficacy of tooth bleaching with and without light activation and its effect on the pulp temperature: An in vitro study. *Odontology* 2013; 101: 67-74.
- 137- Torres CR, Barcellos DC, Batista GR, Borges AB, Cassiano KV, Pucci CR. Assessment of the effectiveness of light-emitting diode and diode laser hybrid light sources to intensify dental bleaching treatment. *Acta Odontol Scand* 2011; 69:176-81.
- 138- Wetter NU, Barroso MC, Pelino JE. Dental bleaching efficacy with diode laser and LED irradiation: an in vitro study. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official*

Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery, 2004; 35(4): 254-258.

- 139- Ergin E, Yazici AR, Kalender B, Usumez A, Ertan A, Gorucu J, Sari T. In vitro comparison of an Er: YAG laser-activated bleaching system with different light-activated bleaching systems for color change, surface roughness, and enamel bond strength. *Lasers in medical science*, 2018; 33(9): 1913-18.
- 140- Papathanasiou A, Kastali S, Perry RD, Kugel G. Clinical evaluation of a 35% hydrogen peroxide in-office whitening system. *Compendium of continuing education in dentistry* 2002; 23(4): 335-8,
- 141- Lo Giudice R, Pantaleo G, Lizio A, Romeo U, Castiello G, Spagnuolo G, et al. Clinical and Spectrophotometric Evaluation of LED and Laser Activated Teeth Bleaching. *Open Dent J.* 2016; 10: 242-50.
- 142- Tredwin, C. J., Naik, S., Lewis, N. J. & Scully, C. Hydrogen peroxide tooth-whitening (bleaching) products: Review of adverse effects and safety issues. *Br. Dent. J.* 2006; 200: 371–376
- 143- Colares, VLP. et al. Hydrogen peroxide-based products alter inflammatory and tissue damage-related proteins in the gingival crevicular fluid of healthy volunteers: A randomized trial. *Sci. Rep.* 2019; 9,3457: 1-11.
- 144- Liena, C. et al. Comparison of diffusion, cytotoxicity and tissue inflammatory reactions of four commercial bleaching products against human dental pulp stem cells. *Sci. Rep.* 2019; 9 (1): 1-11
- 145- Dietrich, L. et al. A meta-analysis of ozone effect on tooth bleaching. *Scientific Reports*, 2021; 11(1): 1-12.
- 146- AL-OMIRI, Mahmoud K., et al. Randomized controlled clinical trial on bleaching sensitivity and whitening efficacy of hydrogen peroxide versus combinations of hydrogen peroxide and ozone. *Scientific reports*, 2018; 8(1): 1-10
- 147- Grundlingh AA., Grossman ES, Witcomb MJ. Tooth colour change with Ozicure Oxygen Activator: A comparative in vitro tooth bleaching study. *South African Dental Journal*, 2012; 67(7): 332-337

- 148- Tavares Nayara Rodrigues Nascimento Oliveira, et al. Can ozone or violet light improve the color change or physicochemical properties of hydrogen peroxide-bleached tooth? *Brazilian Dental Journal*, 2021; 32: 19-30.
- 149- AL-OMIRI, Mahmoud K., et al. Improved tooth bleaching combining ozone and hydrogen peroxide—A blinded study. *Journal of dentistry*, 2016; 46: 30-35.
- 150- AL-OMIRI, Mahmoud K., et al. Effects of combining ozone and hydrogen peroxide on tooth bleaching: A clinical study. *Journal of dentistry*, 2016; 53: 88-93.
- 151- Yetkiner A, Ertuğrul F, Eden E, Aladağ A, Ergin E, Özcan M. Color assessment after bleaching with hydrogen peroxide versus ozone: a randomized controlled clinical trial. *General dentistry*, 2017; 65(4): 12-17.
- 152- Sürmelioglu D, Torun ÖY. Evaluation of effectiveness and postoperative sensitivity following ozone and laser activated bleaching methods. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2019; 29(3): 416-423.
- 153- Keçeci AD, Küçük Ö. Beyazlatmanın diş ve çevre dokularda yaratabileceği yan etkiler. *Selcuk Dental Journal*, 2019; 6(1): 110-119.
- 154- Singh JKM, Sengut M, Halim MS, Ab-Ghani Z, Abd Rahman N. Safety comparison of over the counter bleaching with professionally prescribed home bleaching agent. *European Journal of General Dentistry*. 2018; 7(2): 35-40.
- 155- Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching: how safe is it? *Quintessence Int*. 1991; 22(7): 775-82.
- 156- Hosoya N, Honda K, Iino F, Arai T. Changes in enamel surface roughness and adhesion of *Streptococcus mutans* to enamel after vital bleaching. *Journal of Dentistry*, 2003; 31(8): 543-548.
- 157- Spalding M, Taveira LA, de Assis GF. Scanning electron microscopy study of dental enamel surface exposed to 35% hydrogen peroxide: alone, with saliva, and with 10% carbamide peroxide. *J Esthet Restor Dent*, 2003; 15: 154-164.
- 158- de Souza TF, Catelan A. Effect of bleaching agents on hardness, surface roughness and color parameters of dental enamel. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 2020; 12(7): 670-75.

- 159- Ten Cate JM, Duijsters PPE. Alternating demineralization and remineralization of artificial enamel lesions. *Caries research*, 1982; 16(3): 201-210
- 160- Hosoya Y, Marshall SJ, Watanabe LG, Marshall GW. Microhardness of carious deciduous dentin. *Oper Dent*. 2000; 25: 81-89.
- 161- Baratieri LN, Ritter A V, Monteiro S, Caldeira de Andrada MA, Cardoso Vieira LC. Nonvital tooth bleaching: guidelines for the clinician. *Quintessence Int*. 1995.
- 162- Pickel FD, Cort W, Starr N, Bilotti A, Pigman W. Evaluation of enamel-rehardening agents in saliva. *Journal of dental research*, 1965; 44(5): 855-859.
- 163- Kakaboura A., Fragouli, M., Rahiotis, C., Silikas N. Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 2007; 18(1): 155-163.
- 164- Gjorgievska E, Nicholson JW. Prevention of enamel demineralization after tooth bleaching by bioactive glass incorporated into toothpaste. *Aust Dent J*. 2011; 56(2): 193-200.
- 165- Yikilgan İ, Kamak H, Akgül S, Özcan S, Bala O. Üç farklı ağartma maddesinin farklı polisaj teknikleri ile tamamlanan kompozit numune yüzeylerinin mikrosertlik ve pürüzlülüğü üzerine etkileri. *Klinik ve deneysel diş hekimliği dergisi*, 2017; 9(3): 460.
- 166- Faraoni-Romano JJ, Da Silveira AG, Turssi CP, Serra MC. Bleaching agents with varying concentrations of carbamide and/or hydrogen peroxides: effect on dental microhardness and roughness. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2008; 20(6): 395-402.
- 167- Covington JS, Friend GW, Jones JE. Carbamide peroxide tooth bleaching: Deep enamel and compositional changes. *J. Dent. Res*. 1991; 70: 570.
- 168- PINTO, Cristiane Franco, et al. Peroxide bleaching agent effects on enamel surface microhardness, roughness and morphology. *Brazilian oral research*, 2004; 18: 306-311.

- 169- Lugo-varilles JG., et al. Influencia del nivel de pH de geles blanqueadores en la rugosidad superficial del esmalte bovino. *Odovtos International Journal of Dental Sciences*, 2020; 22(2): 100-111.
- 170- Oltu Ü, Gürkan S. Effects of three concentrations of carbamide peroxide on the structure of enamel. *Journal of oral rehabilitation*, 2000; 27(4): 332-340
- 171- Mondelli RF, Azevedo JF, Francisconi PA, Ishikiriyama SK, Mondelli J. Wear and surface roughness of bovine enamel submitted to bleaching. *Eur J Esthet Dent*, 2009; 4(4): 396-403.
- 172- Suresh S, Navit S, Khan SA, Sharma A, Jabeen S, Grover N, Alia S. Effect of Diode Laser Office Bleaching on Mineral Content and Surface Topography of Enamel Surface: An SEM Study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2020; 13(5): 481-85.
- 173- Anaraki SN, Shahabi S, Chiniforush N, Nokhbatolfoghahaei H, Assadian H, Yousefi B. Evaluation of the effects of conventional versus laser bleaching techniques on enamel microroughness. *Lasers in medical science*, 2015; 30(3): 1013-18.
- 174- Coceska E, Gjorgievska E, Coleman NJ, Gabric D, Slipper IJ, Stevanovic M, Nicholson JW. Enamel alteration following tooth bleaching and remineralization. *Journal of microscopy*, 2016; 262(3): 232-244
- 175- Dominguez JA., Bittencourt B, Michel M, Sabino N, Gomes JC, Gomes OM. Ultrastructural evaluation of enamel after dental bleaching associated with fluoride. *Microscopy research and technique*, 2012; 75(8): 1093-98.
- 176- Sismanoğlu S, Gümüstas B, Efes BG. The impact of fluoride or ozone gas before vital tooth bleaching on enamel surface roughness. *European Oral Research*, 2013; 47(1): 1-7.
- 177- Tschoppe P, Neumann K, Mueller J, Kielbassa AM. (2009). Effect of fluoridated bleaching gels on the remineralization of predemineralized bovine enamel in vitro. *Journal of Dentistry*, 2009; 37(2): 156-162.
- 178- Trentino AC, Soares AF, Duarte MAH, Ishikiriyama SK, Mondelli RFL. Evaluation of pH levels and surface roughness after bleaching and abrasion tests of eight commercial products. *Photomed Laser Surg*. 2015; 33(7): 372–7.

- 179- Elsayad II. Chemical analysis and surface morphology of enamel following ozone application with different concentrations and exposure times. *Journal of Advanced Research*, 2011; 2(2): 131-136.
- 180- Wagner L, Blaszczyk A. Morphological changes in the surface of enamel of primary teeth after application of ozone gas. *Polimery*. 2015; 60: 713-717.
- 181- Meyers MA, Chawla KK. Mechanical behavior of materials. Cambridge university press, 2008.
- 182- Gutierrez-salazar MP, Reyes-gaska J. Microhardness and chemical composition of human tooth. *Materials Research*, 2003; 6: 367-373.
- 183- Magalhães JG, Marimoto ÂR, Torres CR, Pagani C, Teixeira SC, Barcellos DC. Microhardness change of enamel due to bleaching with in-office bleaching gels of different acidity. *Acta Odontologica Scandinavica*, 2012; 70(2): 122-126
- 184- Zhang C, Wang X, Kinoshita JI, Zhao B, Toko T, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of KTP laser irradiation, diode laser, and LED on tooth bleaching: a comparative study. *Photomedicine and Laser Surgery*, 2007; 25(2): 91-95.
- 185- 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): 225-230.
- 186- Vanderstricht K, NAMMOUR S, DE MOOR R. " Power bleaching" with the KTP laser. *Rev Belge Med Dent*. 2009; 64(3): 129-139.
- 187- Majeed A, Grobler SR, Moola MH, Rossouw RJ, Kotze TVW. Effect of four different opalescence tooth whitening products on enamel microhardness: scientific. *South African Dental Journal*, 2008; 63(5): 282-286.
- 188- Araújo FDO, Baratieri LN, Araújo E. In situ study of in-office bleaching procedures using light sources on human enamel microhardness. *Operative Dentistry*, 2010; 35(2): 139-146
- 189- Gomes MN, Francci C, Medeiros IS, Salgado NRDGF, Riehl H, Marasca JM, Muench A. Effect of light irradiation on tooth whitening: enamel microhardness and color change. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2009; 21(6): 387-394.

- 190- Klaric E, Rakic M, Sever I, Milat O, Par M, Tarle Z. Enamel and dentin microhardness and chemical composition after experimental light-activated bleaching. *Operative dentistry*, 2015; 40(4): 132-141.
- 191- Berger SB, Cavalli V, Ambrosano GM, Giannini M. Changes in surface morphology and mineralization level of human enamel following in-office bleaching with 35% hydrogen peroxide and light irradiation. *General Dentistry*, 2010; 58(2): 74-9.
- 192- Tahmassebi JF, Chrysafi N, Duggal MS. The effect of ozone on progression or regression of artificial caries-like enamel lesions in vitro. *Journal of dentistry*, 2014; 42(2): 167-174.
- 193- Duggal MS, Nikolopoulou A, Tahmassebi JF. The additional effect of ozone in combination with adjunct remineralisation products on inhibition of demineralisation of the dental hard tissues in situ. *Journal of dentistry*, 2012; 40(11): 934-940.
- 194- Santana MS, Bridi EC, Navarro RS, de Lima CJ, Fernandes AB, do Amaral FL, Basting RT. Dental bleaching with ozone: effects on color and enamel microhardness. *Acta Odontológica Latinoamericana*, 2016; 29(1): 68-75.