

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

**FARKLI BEYAZLATMA AJANLARININ DİŞ MİNESİNİN
MİNERAL DEĞİŞİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ VE
UYGULAMA SONRASINDA DİŞ RENGİ DEĞİŞİMİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt. Ebru ÖZKAN

UZMANLIK TEZİ

ANKARA

2022

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

**FARKLI BEYAZLATMA AJANLARININ DİŞ MİNESİNİN
MİNERAL DEĞİŞİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ VE
UYGULAMA SONRASINDA DİŞ RENGİ DEĞİŞİMİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt. Ebru ÖZKAN

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Fatma Dilşad ÖZ

ANKARA

2022

ONAY

24/10/2022

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığına

Dt.Ebru ÖZKAN'nın 24.10.2022 tarihinde jürimiz önünde yaptığı savunmasında "FARKLI BEYAZLATMA AJANLARININ DIŞ MİNESİNİN MİNERAL DEĞİŞİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ VE UYGULAMA SONRASINDA DIŞ RENGİ DEĞİŞİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ " başlıklı çalışması jürimiz tarafından Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof.Dr. Neslihan ARHUN

Tez Danışmanı : Doç.Dr.Fatma Dilşad ÖZ

Üye : Prof.Dr.Esra ERGİN

ONAY : Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıda jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Tülin TANER
Dekan

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

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

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

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

o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. (1)

X Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir. (2)

o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. (3)

24/10/2022
EBRU ÖZKAN

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

- . (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- . (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkânı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- . (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir. Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir * Tez **danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.**

ETİK BEYAN

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

EBRU ÖZKAN

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince her zaman içtenlikle yanımda olan, akademik bilgi ve birikimiyle bana katkı sağlayıp her konuda bana yol gösteren ve tez sürecimin her aşamasında ilgiyle bana destek olan güler yüzlü, çok değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. F. Dilşad Öz'e,

Tez jürimde bulunarak tezime olan değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. Neslihan Arhun'a ve Prof. Dr. Esra Ergin'e,

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda uzmanlık eğitim süresince bana katkılarını esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Sevil Gürkan, Prof. Dr. Şükran Bolay, Prof. Dr. Gül Özgünaltay, Prof. Dr. Jale Görücü, Prof. Dr. Meserret Başeren, Prof. Dr. Arlin Kiremitçi, Prof. Dr. Nuray Attar, Prof. Dr. Rüya Yazıcı, Prof. Dr. Filiz Yalçın Çakır, Doç. Dr. Elif Öztürk Bayazıt, Doç. Dr. Uzun Koç Vural, Doç. Dr. Zeynep Bilge Kütük, Doç. Dr. Cansu Atalay, Dr. Öğr. Üyesi Ece Meral ve Öğr. Gör. Aybüke Uslu Tekçe'ye,

Uzmanlık eğitimine birlikte başladığımız güzel arkadaşlık kurup birbirimize destek olduğumuz eş kıdemlim Dt. Ömer Taha Meriç'e,

Uzmanlık eğitimim boyunca bana her konuda bilgi ve birikimiyle yardımcı olan çok değerli arkadaşım, Uzm. Dt. İlknur Elitok'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca beraber çalışırken işlerimizi kolaylaştıran her konuda yardımcı olan bütün değerli araştırma görevlisi arkadaşlarıma,

Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı idari personeline,

Bana olan destek ve sevgilerini hiçbir zaman esirgemeyen her daim arkamda olan en değerlilerim annem Seniha Bulut, babam Sadi Bulut ve kardeşim Emel Bulut'a,

Sevgisini her zaman hissettiğim her konuda yanımda olup bana destek olan, biricik eşim Ömer Akın Özkan'a,

Tüm kalbimle teşekkür ederim.

ÖZET

Özkan, E., Farklı Beyazlatma Ajanlarının Diş Minesinin Mineral Değişimi Üzerindeki Etkileri ve Uygulama Sonrasında Diş Rengi Değişiminin Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Ankara, 2022. Bu *in vitro* çalışmanın amacı; 5 farklı beyazlatma ajanının diş minesini üzerindeki etkilerini karşılaştırmak ve diş rengi değişimlerini değerlendirmektir. 80 adet çekilmiş, üst daimi santral veya lateral dişler köklerinin alt 2/3'ünden kesilmiştir. Örnekler 5 gruba (n=12) ayrılmıştır: (1) Opalescence Boost PF %40 (OPLB) (2) Opalescence Go %6 (OPLGO) (3) Opalescence PF %16 (OPL16) (4) Total Blanc Office H35 (TBL) (5) Cavex Bite&White %25 Office (CV). Her grup için 4 diş (toplam 20), SEM görüntülemeleri için kullanılmıştır. Tüm gruplardaki örneklerin Kalsiyum (Ca), Fosfor (P), Potasyum (K), Sodyum (Na), Magnezyum (Mg), Flor (F), Oksijen (O), Silisyum (Si), Karbon (C), Azot (N), Alüminyum (Al), Kalay (Sn), Stronsiyum (Sr), Çinko (Zn) seviyeleri SEM-EDS cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Her grup için SEM görüntülemeleri yapılmıştır ve spektrofotometre cihazıyla (VITA Easyshade V) renk ölçümleri gerçekleştirildikten sonra beyazlatma uygulamaları üreticilerinin önerilerine göre yapılmıştır. Beyazlatma işleminden hemen sonra ve 14 gün sonra mineral içerikleri ölçümleri tekrarlanmıştır. Beyazlatmadan hemen sonra, beyazlatmadan 7 gün sonra ve beyazlatmadan 14 gün sonra ise renk ölçümleri tekrarlanmıştır. Örnekler, bekleme süreleri boyunca 37°C'de yapay tükürükte bekletilmiştir. Mineral değerleri tekrarlı ölçümlü ANOVA testi ve Friedman testi kullanılarak, renk farklılıkları ve ΔW_{ID} değerlerindeki zamana bağlı değişimleri iki yönlü karma ANOVA (two-way (5x3) mixed ANOVA) ile incelenmiştir. TBL ve CV gruplarında beyazlatmadan sonra Ca seviyeleri bakımından anlamlı bir azalma görülürken; OPLB, OPLGO ve OPL16 gruplarında anlamlı bir azalma görülmemiştir. Beyazlatmadan öncesi ile karşılaştırıldığında beyazlatmadan sonra OPLB, OPLGO, OPL16, CV gruplarında P seviyeleri bakımından anlamlı bir değişiklik görülmezken; TBL grubunda anlamlı bir azalma gözlemlenmiştir. Beyazlatmadan öncesiyle beyazlatmadan hemen sonrası karşılaştırıldığında OPLB, OPL16 ve TBL grupları diğer gruplara göre daha yüksek ΔE_{00} değerleri göstermiştir. OPL16, TBL, CV grupları diğer gruplara göre beyazlatmadan sonra zamana bağlı olarak renk stabilitesini daha iyi korumuştur. OPLGO grubunda, diğer gruplara göre daha az W_{ID} değeri değişimi gözlenmiştir. Renk stabilitesini en iyi koruyan TBL grubudur. Test edilen beyazlatma ajanları insan minesindeki mineral içeriğini etkilemiştir. Çalışmada kullanılan beyazlatma ajanları farklı etkinlikte renk değişimlerine sebep olmuştur.

Anahtar kelimeler: Diş Beyazlatma, Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi, Mineral İçerik, Renk, Spektrofotometre

ABSTRACT

Özkan, E., Effects of Different Bleaching Agents on the Mineral Change of Enamel and Evaluation of Color Changes After Bleaching Applications. Hacettepe University, Department of Restorative Dentistry, Specialization Thesis, Ankara, 2022. The aim of this *in vitro* study was to evaluate the mineral levels and color changes on enamel after the application of 5 different bleaching agents. 80 extracted, maxillary permanent central or lateral teeth were cut from the lower 2/3 of their roots. The samples were divided into 5 groups (n=12): (1) Opalescence Boost PF 40% (OPLB) (2) Opalescence Go 6% (OPLGO) (3) Opalescence PF 16% (OPL16) (4) Total Blanc Office H35 (TBL) (5) Cavex Bite&White 25% Office (CV). Calcium (Ca), Phosphorus (P), Potassium (K), Sodium (Na), Magnesium (Mg), Fluorine (F), Oxygen (O), Silicon (Si), Carbon (C), Nitrogen (N), Aluminum (Al), Tin (Sn), Strontium (Sr), Zinc (Zn) levels were measured using SEM-EDS device. SEM images were taken for each group. After color measurements using a spectrophotometer (VITA Easyshade V), bleaching applications were conducted according to manufacturers' instructions. Mineral content measurements were repeated after bleaching and 14 days after bleaching. Color measurements were repeated immediately after bleaching, 7 days after bleaching, and 14 days after bleaching. The samples were kept in artificial saliva at 37°C during the waiting periods. Statistical analysis for mineral values were carried out using ANOVA and Friedman tests. Color and ΔWI_D changes were analyzed using two-way mixed ANOVA (two-way (5x3) mixed ANOVA). There was a significant decrease in Ca percentages in TBL and CV groups and no significant differences were detected in the OPLB, OPLGO, and OPL16 groups after bleaching. There was no significant difference in P percentages in OPLB, OPLGO, OPL16, CV groups after bleaching, however a significant reduction was observed in the TBL group. Immediately after bleaching, OPLB, OPL16, and TBL groups exhibited higher ΔE_{00} values than the other groups. OPL16, TBL, CV groups preserved their color stability better over time after bleaching compared to other groups. OPLGO group showed lower WI_D change than the other groups after bleaching. TBL group, preserved its color stability better than other groups over time. After the bleaching applications using five bleaching agents, differences were observed between the average mass percentages of the elements in the enamel samples. Tested bleaching agents affected the mineral content of human enamel. Bleaching agents used in the study were differently effective on enamel color change.

Keywords: Bleaching, Colour, Energy Dispersive X-ray Spectroscopy, Mineral Content, Spectrophotometer

İÇİNDEKİLER

ONAY	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xiii
TABLolar	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Diş Beyazlatma Tarihçesi	4
2.2. Renk	4
2.3. Diş Renklenmeleri	8
2.3.1. İç Kökenli Renklenmeler	8
2.3.2. Dış Kökenli Renklenmeler	13
2.4. Diş Beyazlatma Uygulamasının Mekanizması	15
2.5. Diş Beyazlatma Uygulamasında Kullanılan Materyaller	16
2.6. Beyazlatmayı Etkileyen Faktörler	20
2.7. Beyazlatma Uygulamasının Endikasyonları/Kontrendikasyonları	21
2.8. Beyazlatma Ajanlarının Yan Etkileri	22
2.9. Beyazlatma Uygulamasının Mine Üzerine Etkileri	23
2.10. Beyazlatma Uygulamasının Dentin Üzerine Etkileri	23
2.11. Minenin Yapısı ve Özellikleri	23
2.12. Diş Beyazlatma Uygulaması Yöntemleri	25
2.12.1. Vital Beyazlatma Yöntemleri	25
2.12.2. Devital Dişlerde Beyazlatma Uygulamaları	28
2.13. Beyazlatmada Kullanılan Işık Kaynakları	29
2.14. Diş Hekimliğinde Renk Ölçüm Yöntemleri	29
2.14.1. Renk Skalaları	30
2.14.2. Kolorimetreler	30

2.14.3. Dijital Kameralar	31
2.14.4. Spektrofotometreler	31
2.15. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	32
2.16. Taramalı Elektron Mikroskobu-Enerji Dağılımlı X Işını Spektroskopisi (SEM-EDS)	32
3. GEREÇ VE YÖNTEM	34
3.1. Çalışmada Kullanılan Dişlerin Toplanması	34
3.2. Örneklerin Hazırlanması ve Saklanması	35
3.3. Çalışmada Kullanılan Materyaller	35
3.4. Çalışma Gruplarının Belirlenmesi	36
3.5. Mineral İçeriklerinin Ölçülmesi	36
3.6. Spektrofotometre Cihazı ile Renk Ölçümlerinin Yapılması	37
3.7. Beyazlatma Ajanı Uygulama Protokolleri	39
3.8. EDS Cihazı ile Ölçümlerin Yapılması	42
3.9. Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi	42
3.10. İstatistiksel Analiz	42
4. BULGULAR	44
4.1. Minerallere Ait Bulgular	44
4.2. Renk Farklılıklarının Değerlendirilmesi- ΔE	57
4.3. CIEDE2000 Renk Farklılıklarının Değerlendirilmesi- ΔE_{00}	60
4.4. ΔW_{ID} Bulguları	62
4.5. Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) Bulguları	65
5. TARTIŞMA	70
6. SONUÇLAR	89
7. KAYNAKLAR	92
8. EKLER	113
EK-1: Tez Çalışması ile İlgili Etik Kurul İzni	113
EK-2: Tez Çalışması Orjinallik Raporu	114
9. ÖZGEÇMİŞ	115

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
ACP	Amorf kalsiyum fosfat
Al	Alüminyum
ANOVA	Analysis of variance
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
CaCl₂	Kalsiyum klorür
CIE	Comission Internationale de l'Eclairage
CO₂	Karbondioksit
CV	Cavex Bite&White %25 Office
EDS, EDX	Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi
F	Flor
HO₂	Hidroperoksil
H₂O₂	Hidrojen peroksit
HCl	Hidroklorik asit
HP	Hidrojen Peroksit
IR	Kızılötesi
K	Potasyum
KCl	Potasyum Klorür
KH₂PO₄	Potasyum dihidrojen fosfat
KP	Karbamit Peroksit
LED	Light Emitting Diode
LSD	En Küçük Anlamlı Fark/Least Significant Difference
Mg	Magnezyum
MgCl₂	Magnezyum klorür
N	Azot
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum klorür
NaOCl	Sodyum hipoklorit
NTAP	Termal olmayan atmosferik plazma

O	Oksijen
O⁻	Oksijen İyonu
OH⁻	Hidroksil İyonu
OPL16	Opalescence PF %16
OPLB	Opalescence Boost PF %40
OPLGO	Opalescence Go %6
OTC	Over the Counter
P	Fosfor
PH	Power of Hydrogen
PO₄	Fosfat
QTH	Quartz Tungsten Halojen
S	Sülfür
SEM	Scanning Electron Microscopy
Si	Silisyum
Sn	Kalay
SP	Sodyum Perborat
SPM	Taramalı Uç Mikroskobu
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
Sr	Stronsiyum
TBL	Total Blanc Office H35
UV	Ultraviöle
VL	Mor ışık
VR	Violet radyasyon
WAT	Kabul edilebilirlik
WPT	Algılanabilirlik
XPS	X-ışını Fotoelektron Spektrometresi
Zn	Çinko
Δ	Delta

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
2.1. Munsell'e göre renklerin organizasyonu.	5
3.1. Çalışma için seçilen üst santral diş	34
3.2. VITA Easyshade V (VITA Zahnfabrik, H. Rauter GmbH & Co. Bad Sackingen, Almanya)	37
3.3. Spektrofotometreyle ölçümlerin yapılması.	38
3.4. Opalescence Boost PF %40 (Ultradent)	39
3.5. Opalescence Go %6 (Ultradent)	40
3.6. Opalescence PF %16 (Ultradent)	40
3.7. Total Blanc Office H35 (DFL)	41
3.8. Cavex Bite&White %25 Office	41
4.1. Opalescence Boost PF %40 (OPLB) SEM görüntüleri; A. Beyazlatma yapılmamış mine örneği görüntüsü, B. Beyazlatmadan hemen sonra mine örneği görüntüsü, C. Beyazlatmadan 7 gün sonra mine örneği görüntüsü, D. Beyazlatmadan 14 gün sonra mine örneği görüntüsü	65
4.2. Opalescence Go %6 (OPLGO) SEM görüntüleri; A. Beyazlatma yapılmamış mine örneği görüntüsü, B. Beyazlatmadan hemen sonra mine örneği görüntüsü, C. Beyazlatmadan 7 gün sonra mine örneği görüntüsü, D. Beyazlatmadan 14 gün sonra mine örneği görüntüsü	66
4.3. Opalescence PF %16 (OPL16) SEM görüntüleri; A. Beyazlatma yapılmamış mine örneği görüntüsü, B. Beyazlatmadan hemen sonra mine örneği görüntüsü, C. Beyazlatmadan 7 gün sonra mine örneği görüntüsü, D. Beyazlatmadan 14 gün sonra mine örneği görüntüsü	67
4.4. Total Blanc Office H35 (TBL) SEM görüntüleri; A. Beyazlatma yapılmamış mine örneği görüntüsü, B. Beyazlatmadan hemen sonra mine örneği görüntüsü, C. Beyazlatmadan 7 gün sonra mine örneği görüntüsü, D. Beyazlatmadan 14 gün sonra mine örneği görüntüsü	68
4.5. Cavex Bite&White %25 Office (CV) SEM görüntüleri; A. Beyazlatma yapılmamış mine örneği görüntüsü, B. Beyazlatmadan hemen sonra mine örneği görüntüsü, C. Beyazlatmadan 7 gün sonra mine örneği görüntüsü, D. Beyazlatmadan 14 gün sonra mine örneği görüntüsü	69

TABLOLAR

Tablo	Sayfa
3.1. Çalışmada kullanılan materyaller	36
4.1. Kalsiyum değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri	44
4.2. TBL ve CV kullanıldığında zamanların kalsiyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	45
4.3. Fosfor değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri	45
4.4. OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanların fosfor değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	46
4.5. Florür değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri	46
4.6. OPLB ve OPL16 kullanıldığında zamanların florür değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	47
4.7. Oksijen değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri	47
4.8. Zamanların oksijen değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	48
4.9. Karbon değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri	48
4.10. OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanların karbon değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	49
4.11. Alüminyum değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri	49
4.12. OPL16 kullanıldığında zamanların alüminyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	50
4.13. Çinko değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri	50
4.14. OPLGO kullanıldığında zamanların çinko değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	51
4.15. Sodyum değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri	51
4.16. OPLGO ve OPL16 kullanıldığında zamanların sodyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	52
4.17. Stronsiyum değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri	52
4.18. OPLGO, OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanların stronsiyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	53

Tablo	Sayfa
4.19. Magnezyum değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri	53
4.20. OPL16 kullanıldığında zamanların magnezyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	54
4.21. Silisyum değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri	54
4.22. OPLB, OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanların silisyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	55
4.23. Potasyum değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri	55
4.24. Azot değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri	56
4.25. Zamanların azot değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	56
4.26. Kalay değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri	57
4.27. OPLGO kullanıldığında zamanların kalay değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	57
4.28. Renk farklılıklarının ortalama ve standart sapma (\pm SS) değerleri	58
4.29. $\Delta E'$ lerin renk farklılıkları bakımından ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	58
4.30. Ürünlerin renk farklılıkları bakımından ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	59
4.31. Renk farklılıklarının ortalama ve standart sapma (\pm SS) değerleri	60
4.32. ΔE_{00} 'ların renk farklılıkları bakımından ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	61
4.33. Ürünlerin CIEDE2000 renk değişimi bakımından ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	62
4.34. ΔWI_D değerlerinin ortalama ve standart sapmaları (\pm SS)	63
4.35. ΔWI_D 'lerin ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	63
4.36. Ürünlerin ΔWI_D bakımından ikili olarak karşılaştırılması sonuçları	64

1. GİRİŞ

Gülümseme bir kişinin en önemli iletişim yöntemlerinden biridir. Diş hekimliğinde estetiğin nihai amacı, hastanın dişeti, dudakları ve yüzü ile uyum içinde hoş bir diş dizilimi ile güzel bir gülüş yaratmaktır (1). Estetik beklentilerle birlikte diş beyazlatma işlemi oldukça fazla talep gören bir tedavi yaklaşımı haline gelmiştir (2).

Diş rengi, mine ve dentinin optik özelliklerinin bir birleşimidir. Diş renginin değişiklikleri kişiden kişiye dişin yapısı, lokalizasyonu, beslenme biçimi, iç ve dış kaynaklı renklenmeler gibi birçok etiyolojiye bağlı olarak farklılık göstermiştir. Bununla ilişkili olarak tedavinin prognozunda ve sonuçlarında değişiklikler olabilir. Diş renklenmeleri beyazlatıcı diş macunlarının kullanılması, diş temizliği, diş beyazlatma uygulamaları, minenin mikro-abrazyonu, kompozit, porselen veneerler ve kron uygulamaları gibi yöntemlerle giderilmektedir. Vital diş beyazlatma uygulamaları, kompozit rezin dolgulara, veneerlere ve kron uygulamalarına göre daha noninvaziv, hızlı, basit, etkili bir yöntem olduğundan renklenmiş dişlerin tedavisinde sıklıkla tercih edilmektedir (3).

Günümüzde genel olarak kullanılan beyazlatma ajanları hidrojen peroksit (HP) ve karbamid peroksittir (KP). Bu iki beyazlatma ajanının güvenilirlikleri ve etkinlikleri birbiriyle farklılık göstermesine rağmen her ikisi de diş rengini değiştirir (4, 5).

Hekim tarafından klinikte uygulanan ofis tipi beyazlatma uygulamaları ve diş hekimlerinin kontrolünde evde uygulanan ev tipi beyazlatma uygulamaları vital diş beyazlatma teknikleridir (6). Bu teknikler birlikte veya birbirleriyle kombine olarak da uygulanabilmektedir. Bazı durumlarda hekimlerin, bu tekniklerden birisini hastaya göre seçmesi gerekmektedir. Klinikte uygulanan beyazlatma tekniklerinin yumuşak dokuların korunması, daha hızlı beyazlatma elde edilmesi, beyazlatma işleminin tamamen hekim kontrolünde olması gibi avantajları var iken; yüksek maliyet ve tedavinin kalıcılığının bilinmemesi gibi dezavantajları vardır. Ayrıca yumuşak dokuların korunması için tedbirler alınması gerekliliği, izolasyon sağlamada kullanılan ağız ekartörlerinin hastaya hissettirdiği rahatsızlık ve uygulama

sonrasında oluşabilecek duyarlılık da dikkate alınmalıdır (7). Hekim kontrolünde ev tipi beyazlatma yönteminin avantajları, uygulaması kolay, yan etkisi daha az, maliyeti düşük, klinikte geçirilen sürenin tedavi boyunca daha az olması ve daha düşük konsantrasyonda peroksit kullanılmasıdır. Dezavantajları ise tedavi süresi uzundur, yumuşak doku zarar görebilir ve tedavi başarısı hasta uyumuna bağlıdır (8).

Ofis tipi beyazlatmada yüksek konsantrasyondaki jeller 1 veya daha fazla seansta dişlere direkt olarak uygulanır (1). Ev tipi beyazlatma uygulamalarında ise hastanın ölçüsü alınıp hastaya özel bir beyazlatma plağı hazırlanmaktadır. Ev tipi beyazlatma ajanları konsantrasyon ve uygulama süreleriyle ilgili olarak 7–14 gün arasında kullanılmaktadır (9).

Vital beyazlatmanın dişlerde makroskopik olarak görülebilen kusurlar yarattığı düşünülmemesine rağmen, özellikle peroksitler yüksek konsantrasyonlarda uygulandığında, beyazlatma ajanlarının neden olduğu diş sert dokusunun mikroyapısal değişikliklerini gösteren çok sayıda çalışma vardır (10, 11). Bununla birlikte, bir dizi başka çalışma, beyazlatılmış diş dokularında çok az topografik değişiklik göstermiş veya hiç göstermemiştir (12, 13). Bir *in vitro* çalışmada SEM cihazını kullanarak, KP'le beyazlatılmış minenin yüzey morfolojisinde değişiklikler olduğunu, ancak minenin bileşiminde önemli bir değişiklik olmadığı bildirilmiştir (14). Beyazlatmanın diş dokusundaki morfolojik değişiklikler üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalar çelişkili olsa da, genellikle peroksitlerin diş mineral içeriğini değiştirebileceği ortaya konmuştur (15, 16). Diş hekimliği araştırmalarında, mine ve dentindeki mineral içeriği seviyeleri, demineralizasyon ve remineralizasyon süreçlerinin iyi bir göstergesidir (17, 18). Beyazlatma ajanları mine ve dentinde potasyum (K), sülfür (S), fosfor (P) ve kalsiyum (Ca) seviyelerinde değişikliklere sebep olduğundan, mine ve dentinin organik inorganik bileşenleri arasındaki oranı değiştirerek çözünürlüğü artırır (19). Florür (F) iyonlarının fluorohidroksiapatit oluşumunu sağlanması, Ca ve P iyonlarının diş yüzeyine çökmesini hızlandırılması ve bakterisit özelliklerinden dolayı remineralize edici etkisi bulunmaktadır (20, 21). Beyazlatma ajanlarına Ca ve/veya F içeren ajanların eklenmesinin remineralizasyona katkı sağlayacağı belirtilmiştir (22). Bu bakımdan beyazlatma ajanlarının diş sert dokular üzerine etkilerinin araştırılması önem kazanmıştır.

Spektrofotometre; dental materyallerin renklerinin sayısal değerini bulmak ve renkli iki cisim arasındaki renk değişimini ölçmek için kullanılmaktadır (23). Spektrofotometrelerle bulunan verilerin incelenmesinde “Commission Internationale de l’Eclairage” (CIE) tarafından ortaya konan formüller kullanılır (24). CIE L*a*b* formülü, yaygın olarak sert ve yumuşak oral dokular ile dental materyallerin rengini belirlemede kullanılmaktadır (25). Fakat bu formül görsel olarak algıyı tam anlamda sağlamaz. Diğer formül CIEDE2000 renk formülünde CIE L*a*b* renk farkı formülündeki tekdüzelik giderilmiştir (24). CIEDE 2000 renk sistemi, CIEL*a*b* sistemine göre daha iyi bir alternatif olarak gösterilmiştir (26). WI_D ise üç CIELAB kromatik koordinatının değerleri kullanılarak elde edilen ve net bir yoruma sahip basit bir doğrusal formülasyondur (27).

Bu çalışmada, farklı konsantrasyonlarda beyazlatma ajanlarının diş minesinin mineral değişimi üzerindeki etkilerini taramalı elektron mikroskobu enerji dağılımlı X-ışını (SEM-EDS) cihazı ile karşılaştırmak ve diş rengi değişimlerini spektrofotometre cihazı ile tespit etmek amaçlanmıştır.

Çalışmanın sıfır hipotezleri test edilen beyazlatma ajanlarının; (1) insan minesindeki mineral içeriğini etkilemeyeceği ve (2) renk değişimi üzerinde fark yaratmayacağıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Diş Beyazlatma Tarihçesi

1848 yılında devital dişler üzerinde gümüş klorit ile beyazlatma çalışmaları yapılmıştır (28). Devital dişlerin beyazlatılması için hidrojen dioksit, oksalik asit, sodyum peroksit gibi maddeler de sonraki yıllarda kullanılmaya başlanmıştır (28). Vital diş beyazlatmasında ise 1868 yılında oksalik asit daha sonraları HP ve pirozon kullanılmıştır (29). 1960 yılında, ortodontist Dr. Bill Klusmier, dişetleri için antiseptik olarak önerilen %10 KP içeren jeli, özel olarak hazırlanmış ağız plağının içine koyması sonucu bu işlemin aynı zamanda dişlerin renginde açılmaya neden olduğu fark edilmiştir (30). 1989 yılında, %10 KP içerikli beyazlatma jelinin özel bir plak ile birlikte gece boyunca veya gün içerisinde birkaç saat (2-6 hafta) uygulandığı vital beyazlatma yöntemi tanıtılmıştır (31). Feinman, 1987’de %30’luk HP’yi ışık cihazı ile birlikte uygulamıştır (32). 1996 yılında ise Reyto beyazlatmada, lazer ışınını başarıyla kullanmıştır (32). Son yıllarda, ışık aktivasyonu veya ışık aktivasyonsuz %15-40 HP içerikli beyazlatma ajanlarıyla ofis tipi beyazlatma tekniği uygulanmaktadır (30).

2.2. Renk

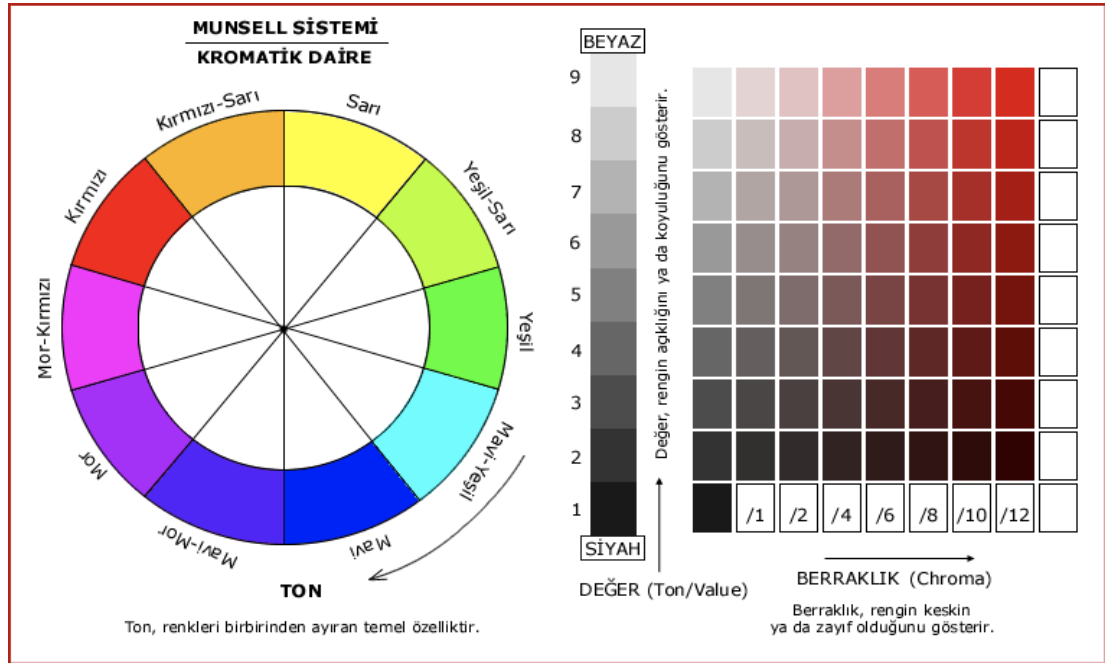
Diş hekimliği açısından renk bilimi; rengin algılanması ve tarif edilmesi açısından önem kazanmıştır. Diş renginin incelenmesinde ortam koşulları çok önemlidir. Dişin incelendiği açı, ışık kaynağı, günün saatine göre güneşin konumu, çevre koşulları gibi faktörler diş rengini etkilemektedir. Aynı diş, farklı koşullar altında görüntülenirse, farklı bir renk sergileyebilmektedir; buna “metamerizm” denir (33).

Dişlerin optik özelliklerinin birleşimi diş rengidir. Işık diş ile karşı karşıya geldiğinde etkileşmesiyle ışığın (a) dişi geçmesi, (b) yüzeyde yansması, (c) dokularda absorpsiyon ve ışığın (d) dağılması gibi durumlar gözlenir (34). Dişin rengi, ışığın miktarına ve yüzeyinden yansıttığı farklı dalga boylarına bağlıdır (35).

Sağlıklı minenin rengi mavi-beyaz, gri-beyaz, sarı ve bunların tonları arasında değişir. Opak mineyle örtülü olan dişler çoğunlukla gri-beyaz renkte görünürken,

saydam yapıda minesini olan dişler altta bulunan dentinin rengini yansıtır ve kahverengi-sarımsı renkte görünür. Dişlerin mine kalınlığı, okluzal ve insizal kenarında servikal bölgesine göre daha fazladır. Bundan dolayı mine insizal kenarda mavi renkte görünürken servikal bölgede daha sarı görünür. Yaşlanmayla birlikte dişler, sekonder dentin yapımı ile dentin kalınlığının artması, mine mineralizasyon derecesinin artması gibi fizyolojik değişimlerle daha koyu renkte görünür (36).

Diş rengini belirlemek estetik açıdan zordur ve renk algısı subjektif olup, kişiden kişiye değişiklik gösterir (33). Culpepper (37) tarafından 1970 yılında yapılan bir çalışmada, aynı dişin rengini belirlerken farklı diş hekimleri arasında anlaşmazlık olup, farklı zamanlarda aynı diş aynı hekim tarafından değerlendirildiğinde renk seçiminde farklılık olabileceği rapor edilmiştir. Bu nedenle rengi tanımlamak, benzer özellikte renkleri bir araya getirip, renk değişimlerinin ölçülebildiği bir sistem oluşturmak için çok sayıda çalışma yapılmıştır. En çok kabul gören sistemlerden biri Munsell'in (38) 1905'de oluşturduğu renk sistemidir (Şekil 2.1) (39). Bu sistem rengin görsel özelliklerini yoğunluk (Chroma), parlaklık (Value) ve renk tonu (Hue) olmak üzere 3 ayrı bileşende tanımlar. Bu bileşenler rengin sayısal değeri olarak açıklanmasını sağlar.



Şekil 2.1. Munsell'e göre renklerin organizasyonu (39).

Hue (Ton): Rengin tonu, çeşidi ve karakteridir. Munsell'in tanımıyla "bir renk grubunu diğerinden ayırt etmemizi sağlayan karakterdir; sarıdan kırmızıya, mavimordan yeşile olarak belirlenmiştir.

Value (Parlaklık): Aynı rengin açıklık, koyuluk derecesini belirleyen değerdir. Cismin parlaklık veya matlık derecesini ifade eder. Munsell, parlaklığı siyah-beyaz arasında kontrast olarak tarif etmiştir.

Chroma (Yoğunluk): Rengin doygunluk derecesini tanımlar. Birim alanda renk yoğunluğunu belirtir (1, 33).

Diğer renk değerlendirme sistemi CIE tarafından tanımlanan L*a*b* sistemidir. Bu renk ölçümünde parametre olarak kullanılan CIELab değerlerindeki, L* parlaklığı (beyaz-siyah aralığı), a* kırmızı-yeşil renk aralığını (+a kırmızı, -a yeşil), b* ise sarı-mavi renk aralığını (+b sarı, -b mavi) göstermektedir. İnsan gözünün görebildiği tüm renkler sayısal olarak bu aralıklarda ifade edilebilmektedir (40, 41).

CIE renk sisteminde en fazla tercih edilen renk değişim formülleri; CIE L*a*b* ve CIEDE2000'dir (42).

Renk değişimi ΔE ile gösterilir. CIE L*a*b*'a göre renk değişim formülü

$$\Delta E_{f-b} = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2} = [(L_f - L_b)^2 + (a_f - a_b)^2 + (b_f - b_b)^2]^{1/2} \quad (2.1.)$$

f: final değerleri

b: başlangıç değerleri (40, 41)

ΔE değerleri 1 in altında ise insan gözü algılayamamaktadır ve ΔE değeri 1 ve üzerindeyse iki cisim arasında göz ile algılanacak derecede renk değişimi başlamış olduğunu ifade eder. ΔE değerleri 3,3'i geçmiş ise kabul edilemez renk değişiminin olduğunu gösterir (43, 44).

CIE L*a*b* formülasyonu belirli durumda küçük renk değişimlerinin tespitinde homojen olmadığından, renk alanının düzensizliklerini elimine etmek amacıyla CIEDE2000 renk değişim formülü geliştirilmiştir. Işığın, doygunluk ve ton

değerlerinin ve ton-doygunluk ilişkisinin renk farkı üzerinde oluşturduğu etkinin ayarlanmasıyla geliştirilen bu formül endüstriyel renk değişiminin hesaplanmasında kullanılır (45). Bu renk değişim formülü 31 Ocak 2014'te ISO 11664-6:2014 (CIE S 014-6/E:2013) standardı olarak kabul edilmiştir.

CIEDE2000 renk formülü şu şekildedir;

$$\Delta E_{00} = [(\Delta L^* / K_L S_L)^2 + (\Delta C^* / K_C S_C)^2 + (\Delta H^* / K_H S_H)^2 + RT(\Delta C^* / K_C S_C)(\Delta H^* / K_H S_H)]^{1/2} \quad (2.2.)$$

CIEDE2000 renk formülü CIE L*a*b* renk formülüne beş farklı ayarlama yapılarak elde edilmiştir: (1) dönme terimi RT, (2) yeni bir a* ölçeği (Sadece renk farkı amaçlı), (3) hem C*_{ab} ve hem H_{ab}'ye bağlı yeni S_H fonksiyonu, (4) yeni S_L fonksiyonu (seçikleştirme etkisi, (5) CIE94 tarafından önerilen S_C fonksiyonu (46).

CIE L*a*b* formülasyonuna göre daha kompleks görünen bu formülde renk farkı hesaplaması için yeni unsurlar eklenmiştir. CIEDE2000 formülünde belirtilen S_L, S_C, S_H ve RT gibi parametreler, CIE L*a*b* sistemindeki rutinliği önlemek için eklenmiştir. K_L, K_C, K_H gibi faktörler ise deneysel izleme durumlarına bağlı olan hesaplama düzeltmelerdir. S_L parametresi ölçme farklılığı bakımından CMC, BFD ve CIE94 formüllerine göre asıl fark yaratan ana faktördür. Bu fonksiyon CIEDE2000 formülünde bulunan seçkinleştirme etkisi ile ilgilidir. L* değerlerindeki arka plan değişimlerinin etkisi S_L'yi oluşturur. Siyah fonda görünen gri ton ile beyaz fonda görünen gri ton arasında gözlemciyle ilgili olarak farklılık gösteren algı mekanizması buna örnek olabilir (47). S_L aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$S_L = 1 + [0,015(L^* - 50)^2 / (20 + (L^* - 50)^2)^{1/2}] \quad (2.3.)$$

K_L, K_C, K_H fonksiyonları incelemenin yapıldığı yerin koşullarıyla ilgilidir ve tekstil endüstrisinde K_L = 2 değeri kullanılırken, birçok endüstriyel ölçüm ve renk farkının incelenmesinde ise K_L = 1 değeri kullanılmaktadır. Ölçümü yapılan örneğin yüzey yapısı, incelemenin yapıldığı ortam ve cihazın ışık değerleri bu farklılığın nedenidir (48).

0,8 ve 1,8 arasındaki ΔE₀₀ değerleri, algılanabilir eşik değerleri olarak kabul edilmiştir (49). İki renk ölçümü arasındaki farkı belirlemede ΔE₀₀ ve ΔE

formülleri kullanılır. Ancak nesnelerin beyazlık derecesi bu formüllerle değerlendirilmemektedir. Diş hekimliği için CIELab parametrelerine bağlı olarak yeni bir özelleştirilmiş Beyazlık İndeksi (WI_D) bulunmuştur. Nesnelerin renk değişimleri ΔE_{00} ve ΔE formülleri kullanarak hesaplanırken, aynı zamanda renklenen materyallerin farklı yöntemlerle beyazlatılması sonrası beyazlatma etkinliği de CIELab renk sisteminde bulunan CIE L^* , a^* , b^* veya CIE L^* , C^* , h° koordinatları kullanılarak hesaplanabilmektedir. WI_D , görsel algıyla birlikte diğer tüm endekslere göre daha iyi korelasyon göstermektedir. Dental renk ölçümünde subjektif görsel faktörden kaçınmayı amaçlar ve net bir yoruma sahiptir (50). Beyazlatma etkinliğinin hesaplandığı formül şu şekildedir (51):

$$WI_D = 0,511L^* - 2,2324a^* - 1,100b^* \quad (2.4.)$$

WI_D değerinin artması nesnenin açık tonda olduğunu gösterirken, azalan WI_D değerleri ise nesnenin daha koyu tona sahip olduğunu göstermektedir (51). WI_D 'deki ilk ve son ölçümler arasındaki farklılıklar da ΔWI_D değeri olarak ifade edilebilmektedir, ΔWI_D değeri için algılanabilirlik eşiği 0,72 ve kabul edilebilirlik eşiği 2,60 olarak kabul edilmektedir (52).

2.3. Diş Renklenmeleri

Diş dokularının ışığı yansıtması ve absorbe etmesinden dolayı dişlerin görünümü değişmektedir (53).

Diş renklenmeleri intrensik (içsel) ve ekstrensik (dışsal) renklenmeler şeklinde sınıflandırılır. Bu sınıflandırmanın dışında ekstrensik olarak başlayıp mine defektlerinden içeri sızarak intrensik renklenmeye dönüşen ‘Stain Internalizasyon’ olarak adlandırılan bir sınıflandırmada bulunur (54).

2.3.1. İç Kökenli Renklenmeler

İç kökenli renklenmeler diş germlerinin gelişimi esnasında diş sert dokularının yapısal birleşiminde ve kalınlıklarında değişimler sonucunda oluşur ve diş dokusunun ışığı geçirme özelliğini değiştirir (55). İçsel renklenmeler sürme öncesinde ya da sonrasında oluşabilmektedir ve çeşitli faktörler etkilidir. Bu faktörler

yaşlanma, travma, genetik ve metabolik hastalıklar, iatrojenik ve idiopatik nedenlerden oluşur (33).

Amelogenezis İmperfekta

Hem daimi dentisyonda hem de süt dentisyonda mineyi etkilemektedir (53). Mine oluşumu sırasında mineralizasyonu ve matris kısmını etkileyen herediter bir hastalıktır. Histolojik, klinik, genetik ve radyolojik özelliklerine göre birçok alt dala ayrılmaktadır ve bunların büyük bir kısmı otozomal dominant veya X kromozomuna bağlı olarak geçiş gösterir (56, 57). Hipoplastik, hipokalsifik, hipomature ve taurodontizm ile kombine görülen hipomature-hipoplastik olmak üzere dört tipi bulunmaktadır (58). Minedeki bozulmalar ameloblastların değişikliğe uğraması sonucu oluşmaktadır ve bu değişiklikler genellikle minenin orta 1/3'ünde görülmektedir. Diş renkleri ise sarıdan kahverengiye değişiklik göstermektedir (59).

Dentinogenezis İmperfekta

Daimi dişlere göre süt dişlerinde daha fazla görülmektedir. Dişler sürdüğünde renkleri normal olup, daha sonra saydamlaşıp, sarı ya da kahverengi olmaktadır (53). Üç tipte bulunur. Tip I, osteogenezis imperfekta ile ilişkilidir. Sklerada mavi renk, kemiklerde kırılmalı eklemlerde elastisite ve opak dentine rastlanır. Mine yapısı kırılmalı olup pulpa odası nadiren tıkanır (60). Tip II dentinogenezis imperfektada dişler çoğunlukla mavi-mor ya da gridir ve pulpa odaları oblitere. Kırılmalı minenin ayrılmasıyla dentin kolayca aşınır ve mine-dentin bileşimi ortaya çıkar. Dentinin açığa çıkmasıyla dentine kromojenlerin geçmesiyle birlikte dişler hızlıca kahverengi renk alır. Dentinogenezis imperfekta tip III te dişler tip I ve tip II dentinogenezis imperfekta da olduğu gibidir fakat süt dişlerinde çok fazla pulpa ekspozlarına rastlanır. Radyografilerde ise dişlerin görünümü kabuk şeklindedir (61).

Dentinal Displazi

Tip I dentin displazisi otozomal dominant geçiş gösterir. Normal şekil ve forma sahip süt ve daimi diş kronları sarı renktedir. Radyografide diş kökleri kısa ve konik görülür. Pulpa odası ise çoğunlukla oblitere ve tipik olarak radyolüsen

görünümüdür. Tip II dentin displazisinde ise dişlerde kahverengi renklenmeler görülür ve pulpa odasında çok fazla pulpa taşına rastlanır (62).

Alkaptonüri

Otozomal resesif bir hastalık olup temel bir aminoasit olan fenilalenini tirozine çeviren fenilalenin hidroksilaz aktivitesinin olmaması nedeniyle meydana gelir. Bu tarz durumda daimi dişlerin dentin dokusu kahverengi renkte görünür (33).

Eritroblastozis Fetalis

Anne ile fetüsün Rh uyumsuzluğu sonucunda oluşur. Eritrositlerin aglutinasyon ve hemolizi ile gerçekleşen yeni doğan hastalığıdır. Etkilenen diş rengi, kahverengiden mavi-yeşile kadar değişiklik göstermekte olup genellikle çocuğun büyümesi ile kendiliğinden düzelmektedir (63).

Porfiryra

Porfirin metabolizmasındaki bozukluk sebebiyle kemiklerde ve dişlerde porfirin birikimi olup dişlerde eritrodonti adı verilen ve beyazlatma uygulamalarına cevap vermeyip kırmızı-kahverengi renklenmelere sebep olmaktadır. Otozomal resesif görülen metabolizma hastalığı olup süt dentisyonda daimi dentisyona göre daha sık rastlanır (53, 64).

Orak Hücreli Anemi ve Talasemi

Hem orak hücreli anemide hem de talasemide eritroblastozis fetalisdeki gibi etkilenen diş rengi, kahverengiden mavi-yeşile kadar farklılık gösteren benzer renklenmeler gözlenmektedir. Fakat bu hastalıklardaki renklenmeler daha yaygın olup kalıcıdır (63).

Tetrasiklin Renklenmesi

Tetrasiklin diş gelişimi esnasında sistemik olarak alındığında kemik ve diş sert dokularında birikmektedir (65, 66). Tetrasiklin ve türevleri, kemik ve diş sert dokularında bulunan hidroksiapatit kristallerinin Ca iyonları ile şelasyon yaparak,

hidroksiapatitin yapısına katıldığı belirtilmektedir. Bundan dolayı renklenme dentinde mineye göre daha fazla görülür (66, 67). Sürekli dişlerin gelişimi 12 yaşına kadar sürdüğünden dolayı 12 yaşından küçük çocuklarda, hamilelerde ve emziren kadınlarda tetrasiklin kullanımı kontrendikedir (68). Tetrasiklin kullanımıyla ilgili rastlanan renklenmeler daimi dişlerde doz ve kullanma süresiyle ilişkilidir. Tetrasiklin türevleri farklı boyanmaya neden olur. Örneğin; tetrasiklin, oksitetrasiklin, dimetiltetrasiklin kullanımı dişlerde sarı, kahverengimsi, gri; klortetrasiklin ise gri tonda renk değişimine neden olur. Tetrasiklinden etkilenen dişler, sürme döneminde sarı veya kahverengi-yeşil renkteyken, ışığa maruz kaldığında renk kahverengiye dönüşmektedir. Bu değişiklik çoğunlukla ön dişlerde görülür (69, 70).

Tetrasiklin renklenmeleri lekelerin tipi, derecesi ve lokalizasyonuna göre dört grupta sınıflandırılır (59, 71).

I. Derece Tetrasiklin renklenmesi: Diş yüzeyine homojen olarak dağılıp, açık sarı, kahverengi ve grimsi renklerde izlenir. Bantlaşma görülmez. Beyazlatma uygulamalarına iyi cevap vermektedir.

II. Derece Tetrasiklin renklenmesi: Homojen sarı-kahverengi-gri tonlarda renklenmelere rastlanır. Bant yapısı izlenmez. Miktar ve lokalizasyonu çok değişkendir. Renklenmenin derecesi ve yoğunluğuna bağlı olarak beyazlatma uygulamalarına verdiği yanıt değişir.

III. Derece Tetrasiklin renklenmesi: Diş yüzeyinde mavi gri veya siyah renkte bantlaşmalar izlenmektedir. Vital beyazlatma uygulamalarına iyi cevap vermezler.

IV. Derece Tetrasiklin renklenmesi: Vital beyazlatma uygulamalarına yanıt vermeyen çok koyu renklenmeler olarak tarif edilir.

Endemik Fluorosis

Dışardan F alımıyla minede birtakım değişiklikler oluşur. Su kaynaklarından alınan F'den kaynaklanabileceği gibi tablet, gargara ve diş macunlarından alınan fazla miktardaki F ile ilgili olarak da oluşabilmektedir. Renklenme, opak noktalar

halinde ya da sarı-kahverengi şeritler olarak görülebilmektedir Kahverengi-siyah lekelenmeler, dişlerin sürme sonrası mine yüzeyinden kromojenlerin difüzyonuyla oluşmaktadır. Mine hipoplazisi olarak değerlendirilen florozis, içme suyunda F miktarının 1 ppm den fazla olduğu zamanlarda oluşur (72, 73).

Fazla alınan F ameloblast fonksiyonlarını etkileyerek hipomineralize bir mine oluşumuna neden olur. Fluorozis daimi dişlerde daha çok görülür ve simetriktir. F'ye bağlı olarak basit florozis, opak florozis ve çukurlu florozis olmak üzere üç tip renklenme görülür. Basit floroziste düz mine yapısı üzerinde kahverengi renklenmeler bulunur iken opak floroziste, mine yüzeyinde gri-beyaz lekeler rastlanmaktadır. Çukurlu floroziste ise renklenme diğer tiplere göre daha koyu izlenmektedir ve minede çeşitli defektler oluşmaktadır (74). Basit fluorozis vakaları beyazlatma tedavisine iyi yanıt vermektedir. Opak fluorozis olgusunda ise beyazlatma tedavileri her zaman başarılı olamamaktadır (53).

Pulpal Hemorajiler

Gelişim esnasında travma gören dişlerin pulpa odasında bazı yan etkiler oluşmaktadır. Çoğunlukla ön kesici dişlerde görülmektedir. Dişin pulpa odası gördüğü zarardan dolayı daha koyu renkte görünür (75).

Diş Sert Dokularının Rezorpsiyonu

Diş sert dokularında oluşan rezorpsiyon, mine-dentin sınırında pembe bir görünümde izlenebilir. Dentin dokusunun aşırı rezorpsiyonuyla vasküler yapının mineden görünmesi nedeniyle bu durum oluşmaktadır. İnternal rezorpsiyonda çoğunlukla pembe renkte lekeler rastlanır. Bununla birlikte periodontal dokularda hasar nedeniyle oluşan eksternal rezorpsiyonda da pembe renkte lekeler görülebilir (76).

Mine Hipoplazisi

Süt dentisyon sırasında meydana gelen travma ve enfeksiyon mine hipoplazilerinin en yaygın nedenidir (77). Diş germine zarar veren bu tarz lokal etkiler, hipoplastik mine defektlerinin meydana gelmesine sebep olur. Ayrıca gelişen

diş germeleri, kızamıkçık enfeksiyonu, hamilelik esnasında kullanılan ilaçlar, vitamin D eksikliği gibi durumlardan etkilenmektedir (78).

Dentin Hiperkalsifikasyonu

Travma sonucunda dişlerde kanlanmanın geçici olarak bozulmasıyla odontoblastlar etkilenir ve pulpa odası ile kanal duvarlarında düzensiz dentin yapımı oluşmaktadır. Bu durumda dişler canlı olmalarına rağmen saydamlıkları giderek azalır renkleri sarı ve kahverengiye dönmektedir (75).

İdiopatik Nedenlerle Oluşan İçsel Renklenmeler

“Molar insizör hipomineralizasyonu”, kesici ve sürekli birinci molarların minelerinde oluşan şiddetli hipomineralizasyondur ve etyolojisi bilinmemektedir. Hipomineralize mine, asimetrik, poröz ve kırılabilir olup dişlerin sürmesinden kısa bir zaman sonra çiğneme kuvvetleriyle ortadan kalkar (79).

Yaş

Pulpa, zamanla geri çekilerek yerini daha koyu renkli sekonder dentin almaktadır. Sekonder dentin ve tersiyer dentin oluşumu zamanla dişlerin ışık geçirgenliğinin azalmasına ve diş renginin koyulaşmasına sebep olmaktadır. Mine kalınlığının azalmasıyla dentin rengi mineden yansır; böylece dişler zamanla daha koyu görünür. Bu süreci yiyecek, içecek ve tütün ürünlerinin zamanla oluşan renklendirici etkileri hızlandırmaktadır. Vital beyazlatma uygulamalarıyla hızlı sonuçlar elde edilebilir (80).

2.3.2. Dış Kökenli Renklenmeler

Ekstrensik renklenmeler mine yüzeyindeki renklenmelerdir. Bu tarz renklenmeler çoğunlukla beyazlatma uygulamalarına iyi yanıt vermektedir. Ancak hasta aynı maddeleri kullanmaya devam ederse beyazlatma uygulamasının başarısı ne olursa olsun renklenme tekrarlamaktadır (81).

Metalik Olmayan Renklenmeler

Metalik olmayan renklenmelerde, plak ya da pelikülün yapısına difüze olan maddeler dişlerin renklenmesine sebep olur. Birtakım yiyecek ve içecekler, antiseptik gargaralar ve ilaçlar bu tip renklenmelerin etyolojik faktörü olabilir. Ağız hijyeni kötü olan bireylerde boyanma yeşil-turuncu iken, iyi bir ağız hijyenine sahip olan bireylerde ise boyanma siyah-kahverengi görülmektedir (82).

Metalik Renklenmeler

Metalik renklenmeler, alınan ilaçlara ya da mesleki olarak metal tuzlarına maruz kalan bireylerde görülmektedir. Buna örnek; demir madeninde çalışan veya demir tabletlerini kullanan bireylerde özellikle siyah renklenmeler görülmektedir (83). Bunun gibi uzun bir zaman ağız gargarası (84, 85) kullanan bireylerde gargaraların içeriklerine göre bakır ve gümüş nitrat (AgNO_3) yeşil, potasyum permanganat (KMnO_4) eflatun-siyah, kalay florür (SnF_2) ise kahverengi (86, 87) boyanmalar meydana getirmektedir.

Diş Çürükleri

Yiyeceklerle alınan kromojenler çürük lezyonunun artmış porözitesinden dolayı dentine ulaşır renklenmeler oluşturur. Bu duruma örnek olarak durmuş çürük lezyonu dış kaynaklardan aldığı renkten dolayı siyahlaşmıştır (88).

Restoratif Materyaller

Restoratif diş tedavisinde kullanılan materyallerden bazıları dişlerde renklenmeler meydana getirebilir. Kanal tedavisinde kullanılan öjenol ve fenol içeren bileşikler ile aynı tarzda kullanılan poliantibiyotik patları kök dentininde renklenmeler oluşturabilir. Önceden yapılmış amalgam restorasyonların diş çevresinde gri-siyah renklenmeye neden olduğu sonucuna varılmıştır. Amalgam partiküllerinden ayrılan cıvanın dentin tübüllerinde birikmesi ve sülfid iyonları ile reaksiyona girmesiyle bu durum meydana gelmektedir (89).

Diş Aşınmaları ve Diş Eti Çekilmeleri

Mine ve dentinin abrazyon, atrizyon ve erozyonla birlikte görülen kaybına diş aşınması denir. Mine inceldikçe dentinin rengi gözükmektedir ve dişin rengi koyulaşmaktadır. Dentin ortaya çıktığı zaman kromojenler dentinin yapısına girer. Fiziksel travmalar da çatlaklara ve mine kayıplarına sebep olmaktadır ve bunun sonucunda dişlerde renklenmeler görülebilir (88).

2.4. Diş Beyazlatma Uygulamasının Mekanizması

Dişlerde renklenmeye neden olan lekeler; sıklıkla heteroatomlar, karbonil ve fenil halkaları içeren, tek veya çift bağ içeren konjuge zincirli, kromofor olarak isimlendirilen organik bileşiklerdir (90).

Beyazlatma uygulaması temelde oksidasyon-redüksiyon reaksiyonuna dayanmakta olup peroksitlerin farklı tiplerinin kullanılmasıyla yapılmaktadır. Oluşan bu reaksiyonda çiftleşmemiş elektronlara sahip olan HP, okside edici ajan olarak bilinmektedir. HP serbest radikallerini vererek indirgenir. İndirgeyici ajan olan diş yüzeyi ise elektronları kabul eder ve okside olur (91).

Peroksit solüsyonları düşük molekül ağırlıklarından dolayı mine ve dentine difüze olabilir. Serbest oksijen (O) radikallerine ayrıştığından organik pigment molekülleriyle reaksiyona girer. Büyük pigment molekülleri daha küçük moleküllere parçalar. Serbest radikaller minede inorganik tuzlar içerisinde renklenme oluşturan organik moleküllerle tepkime verir. Bundan dolayı basit moleküller oluşur. Böylece ışık daha az yansır. Yani beyazlatma uygulamasında koyu renkte karbon bağları açılır, açık renkteki zincirlere dönüşür ve uygulamaya devam edildiği süre boyunca beyazlatılan dişin rengi açılır. Örnek olarak; sarı renklenme oluşturan karbon halkalı bileşikler açılır genellikle renksiz hidroksil (OH⁻) gruplarına döner (92, 93).

Beyazlatma uygulamalarının ilerleyen aşamalarında sadece hidrofilik ve renksiz yapıların kaldığı bir seviyeye ulaşılır. Bu da materyalin doyma noktası olarak bilinmektedir. Bu noktadan sonra beyazlatma yavaşlar. Eğer uygulamaya devam edilirse ortamda var olan karbon içerikli materyaller ve proteinlerin karbon

omurgaları kırılır; sonrasında OH^- grubu içeren bileşikler bölünerek ayrılır. Bunun sonucunda minede madde kaybı görülmeye başlar (94).

Beyazlatma uygulamasının son safhalarında minede madde kaybı ve mine yapısının bozulmasına rastlanır. Bundan dolayı diş hekimleri doyma noktalarına ulaşmadan beyazlatma uygulamalarını bitirmelidir (94).

2.5. Diş Beyazlatma Uygulamasında Kullanılan Materyaller

Diş hekimliğinde beyazlatma uygulamalarında çoğunlukla HP ve türevlerini içeren ürünler kullanılmaktadır (91). Beyazlatmanın tarihi incelendiğinde dişlerdeki farklı lekelenmeler için farklı materyal arayışına bağlı olarak pek çok farklı ajanın kullanıldığı görülmektedir (95).

Beyazlatma ajanlarının içeriğinde; HP, KP, peroksit içermeyen maddeler, yüzey gerilimini azaltan ve pigment ayırıcı maddeler, kıvam arttırıcı ajanlar (karbopol, poliks), üre, yardımcı maddeler (gliserin, glikol), koruyucu ve duyarlılık giderici maddeler, aromatikler bulunmaktadır (32).

Bu maddelerin dışında beyazlatma materyalinin etkinliğini arttırmak amacıyla katalizör olarak bazı enzimler de yer almaktadır (96).

Hidrojen Peroksit (H_2O_2)

İnsan vücudunda karaciğer tarafından ya da nötrofiller yardımıyla sentezlenen HP; diş hekimliği ve diğer pek çok alanda da kullanımı mevcuttur (97). Sanayide suyun temizlenmesi ve koku giderilmesi, keratinize dokuların, yiyeceklerin ve kumaşların ağartılması, işlemlerinde kullanılmaktadır (98). HP'nin sudaki %30-35'lik konsantrasyonu, diş hekimliğinde en çok kullanılan HP solüsyondur. HP %5 ile %40 arasında değişen konsantrasyonlarda, iç ve dış kaynaklı nedenlerle renk değişikliğine uğramış dişleri beyazlatmak için kullanılabilir (99, 100). Ayrıca H_2O_2 yakıcı özellikte olup, yumuşak doku temasında yanık oluşturur. Kullanırken diş etine uygun bir koruma sağlanmalı, tercihen rubberdam kullanılmalı ve dikkatli olunmalıdır. Yakıcı etkisi ve buharlaşma özelliği bulunduğu için koyu renkli cam veya plastik şişelerde ve serin ortamlarda saklanmalıdır (99, 101). HP, serbest radikal

üretebilen okside edici bir ajandır. Acı bir tada sahip olup, suda yüksek oranda çözünen ve asidik bir solüsyon oluşturan renksiz bir sıvıdır. HP'nin iyonize olmasıyla, büyük oranda serbest radikal olan O oluşmaktadır. Hidroperoksil (HO_2) ise daha kuvvetli bir serbest radikaldır ve HO_2 'nin oluşumunu arttırmak için en uygun pH aralığı 9,5-10,8 olmalıdır (32, 59).

HP kataliz ve enzimler olduğunda, iyonize olmaktadır. Serbest radikaller oluşmazsa, HP etkisiz hale gelmektedir. Ağızda bulunan bazı enzimler, O toksisitesine karşı vücutta savunma mekanizmasını oluştururlar. Bundan dolayı beyazlatma uygulaması yaparken dişler kuru ve debris uzaklaştırılmış olmalıdır (99, 101).

HP beyazlatmada direkt olarak veya KP veya sodyum perborattan kimyasal reaksiyonla üretilerek de uygulanabilir (102).

Eterde bulunan %25'lik HP solüsyonu pirozon olarak adlandırılır ve çoğunlukla tercih edilmez. Reaksiyonun eterin içinde oluşması yüzey geriliminin azalmasına sebep olur. Yüzey geriliminin azalması, HP'nin dentin tübülleri içerisine daha kolay difüze olmasını sağlar ve bu şekilde daha etkili bir beyazlatma oluşturur. Fakat yumuşak dokulara temasında yakıcı özellik gösterir ve mide bulantısına neden olması gibi dezavantajları vardır. Bu tarzda yan etkilere sahip olduğundan dolayı çoğunlukla kullanılmamaktadır (103).

HP'nin distile sudaki %30'luk solüsyonu ise süperoksol dur. Süperoksol ısı ve ışık ile temas ettiğinde parçalanma eğiliminde olduğundan buzdolabında ve koyu renkli şişelerde saklanmalıdır (104). Süperoksol de pirozon solüsyonu gibi yumuşak doku ile temas ettiğinde yanıklara neden olur. Deri ve oral dokularda beyaz peteşiler ve ağrılı bir yanma oluşturur. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmada; %30'luk HP'nin uzun süreli kullanımında tümör oluşmasına neden olduğu rapor edilmiştir. Buna karşın %3'lük HP'nin (oksijenli su) ağız içinde uzun süre kullanılmasının güvenli olduğu bildirilmiştir (103, 105). Bununla birlikte supragingival bölgede mikrobiyal floranın azalmasında etkili olduğu, plak inhibisyonunu sağladığı ve özellikle periodontal hastalıklarda terapötik etkisinin bulunduğu da rapor edilmiştir (103).

Karbamid Peroksit

KP, su ile temas ettiğinde O açığa çıkaran beyaz kristalli bir yapıdır (106). KP parçalandığında HP ve üre açığa çıkarır. Açığa çıkan HP iyonize olarak su ve O oluşturur ve oluşan oksidasyon reaksiyonu ile pigmente bölgelerde beyazlatma işlemini gerçekleştirir (107). KP parçalandığında HP'nin yanısıra oluşan üre, daha sonra amonyak ve karbondioksit parçalanmaktadır. Amonyakın ortamın pH'sını yükselterek beyazlatma reaksiyonlarını kolaylaştırdığı düşünülmektedir (108).

Çoğunlukla ev tipi beyazlatma ajanı olarak kullanılan KP piyasada %15, %20 ve %35'lik solüsyonlar-jeller halinde bulunmaktadır. Bu ajanlar kimyasal reaksiyonla sırasıyla; %5,4, %7 ve %10 oranında HP oluşturur (32).

KP'li ürünler içerisinde karbapol veya gliserin bulunur, HP'nin salınımını yavaşlatırken beyazlatma ajanının etkinliğini değiştirmezler ancak gliserin dişte rehidratasyon yaptığı için tercih edilmez. KP içerikli ürünler raf ömrünün uzun olması için çok az asidik hazırlanır. %10'luk KP uygulamalarının pH'yı ağız ve plak içinde yükseltip en az 2 saat aynı düzeyde tuttuğu ileri sürülmektedir (67).

Sodyum Perborat

Sodyum perborat, suda çözünebilir, beyaz ve kokusuz olup toz halinde bulunur (109). Toz halinde stabil olup su, asit veya sıcak hava varlığında parçalanıp serbest O, HP ve sodyum metaborat açığa çıkarır (100). Monohidrat, tetrahidrat ve trihidrat gibi formları bulunmakta olup bu formlar oluşturduğu O miktarıyla ilişkilidir (110).

Kalınlaştırıcı Ajan

Beyazlatma uygulamasında kullanılan materyallere kalınlaştırıcı ajan olarak çoğunlukla karbapol eklenir. Kalınlaştırıcı ajan beyazlatma ürünlerinin viskozitesini arttırırken O salınımını ise yavaşlatır. Böylece beyazlatma ajanları daha uzun süre aktif kalmış olur ve yüksek viskozite oluşturmamasından dolayı beyazlatma ajanı dişlere ve taşıyıcıya daha iyi adapte olur (32).

Üre

Üre, tükürük bezlerinde doğal olarak üretilmekte olup tükürük ve dişeti oluğu sıvısında bulunur. Ürenin yıkılması ile amonyak ve karbondioksit oluşur. HP'nin stabilizasyonunu sağlayıp, pH'yı artırır. Tükürük stimülasyonu, antikaryojenik ve yara iyileşmesine olan etkilerinden dolayı beyazlatma uygulamasında kullanılan ajanlara eklenmektedir (32).

Taşıyıcı

Taşıyıcı ajan olarak en fazla gliserin ve propelin glikol kullanılır. Taşıyıcı maddeler nem içerir ve eklenmesiyle birlikte diğer ajanların jel içerisinde çözünmesini sağlar (107).

Sürfaktan ve Pigment

Sürfaktan beyazlatma ajanlarının içerisinde yüzey nemlendiricisi olarak yer alır ve HP'nin dış yüzeyine difüze olmasını kolaylaştırır. Potasyum nitrat ve F diş duyarlılığını azaltmak amacıyla kullanılmakta olup potasyum hidroksit ise beyazlatma ajanının pH'sını ayarlama amacıyla kullanılır (111).

Koruyucular

Koruyucu madde olarak sıklıkla sodyum benzoat, metil, propilparaben kullanılmaktadır. Bunlar bakteriyel büyümeyi önleyip koruyucu ajan demir, magnezyum ve bakır gibi metalleri serbest bırakarak HP'nin parçalanmasını hızlandırır (107).

Aroma

Beyazlatma ajanlarına nane, meyve özü, anason gibi aromatikler, bu ajanların tat ve kokularının hastalar tarafından rahat tolere edilebilmesi ve kullanılabilmesi amacıyla katılır (107).

2.6. Beyazlatmayı Etkileyen Faktörler

Hidrojen Peroksit Konsantrasyonu

Beyazlatma uygulamasında kullanılan HP'nin konsantrasyonu arttıkça oksidasyonun etkisi de o derece artar. Çoğunlukla yüksek konsantrasyonda %35 HP kullanılmaktadır (112).

Yüzey Temizliği

Diş yüzeyinde debrisler HP'nin iyonizasyonunu değiştirip serbest radikal oluşumunu engeller ve böylece beyazlama gerçekleşmez. Bundan dolayı beyazlatma uygulaması öncesinde diş yüzeyindeki debrisleri uzaklaştırmak için kazıma ve polisaj işlemleri yapılmalıdır (54).

Sıcaklık

Beyazlatma uygulamasında on derecelik sıcaklık artması kimyasal reaksiyonun hızının iki kat artmasını sağlar. Isı hastanın rahatsızlık duymayacağı derecelere kadar yükseltirse uygulama güvenli ve etkili ısı aralığında gerçekleştirilmiş olur (113).

pH

HP'nin raf ömrünün uzun olması için asidik pH'ya sahip olması gerekmektedir. HP'nin oksidasyonunun ideal olması için gereken pH aralığı 9,5-10,8 aralığında olmalıdır. Bu pH seviyelerinde aynı sürede daha düşük pH seviyelerindeki sonuçlara göre en az %50 daha iyi sonuç vermektedir (112).

Zaman

Beyazlatıcı ajan uygulanan süreyle beyazlatmanın etkisi direkt olarak ilişkilidir. Süre arttıkça renk değişimi de bir seviyeye kadar artmaktadır (113).

Yalıtım

HP'nin yalıtılmış bir çevrede yerleştirilmesi, beyazlatma uygulamasının verimini arttırmaktadır (67).

2.7. Beyazlatma Uygulamasının Endikasyonları/Kontrendikasyonları

Endikasyonları

- Tütün ve tütün ürünleri, çay ve kahve gibi ürünlerin uzun süre kullanılmasından dolayı oluşan renklenmeler
- Kahverengi veya beyaz florozis renklenmeleri (32, 114)
- Yüzeysel (hafif ya da orta dereceli) tetrasiklin renklenmeleri (32, 114)
- Travma sonucunda renklenmiş olup vital olan dişler (115)
- Sağlıklı mineden farklı görünümde olan yüzeysel renklenmeler (115)
- Yaşa bağlı olarak görülen renklenmeler
- Diş renginden daha beyaz dişlere sahip olmak isteyen, diş renginden memnun olmayan hastalarda

Kontraendikasyonları

- İleri derecede renklenmeler (32, 114)
- İleri derecede tetrasiklin renklenmeleri (115)
- Amalgama bağlı olarak görülen şiddetli renklenmeler (115)
- Geniş restorasyonlu dişlerde
- Hamile ve emzirme dönemindeki annelerde
- Aşırı mine kayıplarında
- Peroksit alerjisi bulunanlarda
- Açık kök yüzeylerinde
- Sıcak ve soğuk gibi hipersensitivite reaksiyonu görülen ve yüzeyinde çatlak olan dişlere sahip olan hastalarda
- Geniş pulpalı dişlerde
- Fazla beklentisi ve kooperasyon eksikliği olup uyumsuz ve sabırsız olan hastalarda beyazlatma uygulaması yapılmamalıdır (91).

2.8. Beyazlatma Ajanlarının Yan Etkileri

Diş Eti İrritasyonu

Beyazlatma uygulamalarında en fazla görülen yan etkilerden biri diş eti irritasyonudur. Taşıyıcı plakların oluşturduğu mekanik irritasyon veya beyazlatma ajanlarının dokularda oluşturduğu kimyasal irritasyon nedeni olabilir. Diş eti irritasyonu diş etinde bulunan kesiklerin oluşturabileceğinden dolayı, beyazlatma plağı uygulamalarından önce fırçalamanın sert şekilde yapılmaması tavsiye edilmektedir (116, 117).

%30-35 gibi yüksek konsantrasyonda HP yumuşak dokularda kostik etkilidir ve diş etinde yanma ve beyazlanmaya neden olabilir. Deney hayvanlarında, %1'lik hidrojen peroksida maruz kalmış diş eti epitelinde hasar oluşmuştur ve subepitelyal dokuda akut inflamasyon gözlenmiştir (118). %10'luk karbamid peroksidin taşıyıcı plaklarda uygulandığı klinik deneylerde uygulama boyunca diş eti irritasyon bildirilmiştir (119).

Pulpadaki Değişimler

HP, düşük molekül ağırlığından dolayı mine ve dentine penetre olarak kolayca pulpaya ulaşır ve pulpadaki enzimlere etki edip hücre düzeyinde değişikliğe ve duyarlılığa sebep olabilir. Pulpal dokular vital beyazlatma uygulamalarından etkilenmektedir ama bu etkiler geriye dönebilmektedir (120).

Beyazlatma uygulamalarında geri dönüşümsüz pulpa hasarı olmayıp ancak aşırı ısı uygulandığında pulpada nekrozun oluşabileceği rapor edilmiştir (121, 122).

Diş Duyarlılığı

Diş duyarlılığı beyazlatma uygulamalarının en çok görülen ve en bilinen yan etkisidir. Duyarlılığın KP veya HP'nin dentin tübüllerine geçerek pulpaya ulaşmasıyla ilişkili olduğu açıklanmaktadır (121, 123).

Beyazlatma uygulamalarında duyarlılık, beyazlatma uygulamasının süresine ve hastanın ağrıyı algılama durumuna göre değişebilir (117, 124).

Açıkta kalmış dentin ve sement yüzeyleri, sement ve minede görülen çatlaklar, yaş ve cinsiyet, rijit bir taşıyıcı plak, beyazlatma ajanının yumuşak dokuyla temas etmesi, beyazlatıcı ajanın viskozitesi, pulpa hacmi, hasta alışkanlıkları, alerji diş duyarlılığına sebep olan etkenler arasında sayılabilir (117).

Beyazlatmaya bağlı oluşan duyarlılık durumunda, duyarlılık giderici ajan veya F uygulaması önerilir. Bunun için beyazlatma ajanlarının içine F, potasyum nitrat gibi duyarlılık önleyici ajanlar firmalar tarafından eklenmektedir. Ev tipi beyazlatmada uygulamaya birkaç gün ara verilip daha sonra devam edilmesi duyarlılığın azalmasına yardımcı olacaktır (125).

2.9. Beyazlatma Uygulamasının Mine Üzerine Etkileri

Beyazlatma uygulamasında kullanılan ajanların oluşturduğu oksidasyon reaksiyonu sonucunda mine yapısı zayıflar (126). Araştırmacıların bazıları beyazlatma uygulamaları sonucunda mine yüzeyinde erozyon demineralizasyon, pörözite ve yüzey pürüzlülüğünde artma gözlendiğini rapor etmiştir (11, 127-131).

Farklı araştırmalarda beyazlatma uygulamaları sonrasında mine yapısındaki protein konsantrasyonunda ve mine yüzey sertliğinde azalma, organik matris yıkımı, mineral kayıpları, Ca ve P oranında değişikliklerin meydana geldiği bildirilmiştir (31, 132, 133). Araştırmacıların bazılarına göre bu etkiler geri dönüşü olabilen etkilerdir (134).

2.10. Beyazlatma Uygulamasının Dentin Üzerine Etkileri

Beyazlatma uygulamasının dentin üzerindeki etkilerine bakıldığında beyazlatma sonrasında Ca ve P oranında azalma görüldüğü ve dentinin kırılma dayanımında azalma olduğu gözlenmiştir. Beyazlatma ajanının intertübüler ve peritübüler dentinin organik kısmını çözerek geçirgenliği artırdığı, sertlik ve elastiklik modülü azalttığı bildirilmiştir (133).

2.11. Minenin Yapısı ve Özellikleri

Mine, ameloblastlar tarafından oluşturulmuş ektoderm kökenli cansız ve hücreli özellikte olan dişin en dış sert dokusudur. Mine ağırlık olarak %95-98

inorganik madde içerir ve inorganik yapısını hidroksiapatitler $[Ca_{10}(PO_4)_6OH_2]$ oluşturmaktadır. Kalan kısmını ise %2-3 su, %2 karbonat, %0,01-0,05 F, %1 eser elementler ve %1'den daha az protein ve lipitler oluşturur. Mine hacim olarak ise %88 inorganik, %2 organik ve %10 su ve diğer maddelerden oluşmaktadır (135).

Minenin içeriğinde hidroksiapatit kristallerini oluşturan Ca, fosfat (PO_4) ve OH^- gruplarının yanında F, çinko (Zn), karbonat, alüminyum (Al), magnezyum (Mg) ve stronsiyum (Sr) gibi eser elementlerde vardır (136). Mine oluşumu esnasında eser elementler ve iyonlar kristallerin içine geçerek emilir veya kristallerin yapısına katılır (137, 138).

F^- iyonu tükürükteki Ca ve P iyonlarının dış yüzeyine çökmesinde katalizör etki yapar ve hidroksiapatitin yapısını değiştirerek çürüğe karşı daha dirençli bir yapı olan florohidroksiapatit oluşumunu sağlar (139). Birçok çalışma tarafından kanıtlanmış en etkili remineralizasyon ajanı F^- 'dir (140).

Minenin çok yüksek mineralli yapısı, onu tahribata karşı son derece dirençli kılar (141). Minenin yüksek mineral içeriği, aynı zamanda, ağızda bakteriler tarafından oluşturulan ve dış çürüklerine yol açan asitler tarafından demineralizasyona duyarlı hale getirir (142).

Mine dokusu translüsent renksizdir. Rengi minenin kalınlığına, minedeki renklenmelerin yoğunluğuna, minedeki bulunan yapısal bozukluklara ve altındaki dentinin rengine göre değişiklik gösterir. Mine yarı geçirgen özellikte bir doku olup, bundan dolayı bazı moleküllerin tamamını veya bir kısmını difüzyon yoluyla geçişini sağlar

Minenin histolojik yapı elemanı prizmalarıdır. Mine, daha dış yüzeyinde bulunan prizmatik mine haricinde çoğunlukla homojen bir yapıdadır. Mineralizasyon aşaması boyunca düşük ve yüksek aktivasyon bölgeleri oluşur. Aktivasyonun düşük olduğu bölgelere retzius çizgileri denir. Prizmalar arasında bulunan boşluklar ve Retzius çizgilerinin bulunduğu alanlar; su ve küçük iyonların geçişine izin verirken, büyük molekül ve iyonların geçişlerini kısıtlar (135).

2.12. Diş Beyazlatma Uygulaması Yöntemleri

2.12.1. Vital Beyazlatma Yöntemleri

Vital dişlerde beyazlatma uygulamaları; ofis tipi ve ev tipi olmak üzere iki farklı teknikle uygulanabilmektedir (143). Vital beyazlatma uygulaması ekstrakoronal bir beyazlatma yöntemidir. Yaşlanma, ilaç kullanımı gibi nedenlerle oluşan içsel renklenmeler ve hasta isteği, travma, renkli gıda tüketilmesiyle oluşan ekstrensik renklenmelerde vital beyazlatma uygulanabilmektedir (114, 144).

Ofis Tipi Beyazlatma Tedavileri

Hekim tarafından çeşitli konsantrasyonlarda farklı ajanlar kullanarak uygulanan vital beyazlatma şekli olup genellikle %25-35 konsantrasyonlarda bulunan beyazlatma ajanları, kısa süreli uygulanmaktadır.

Ofis tipi beyazlatmanın en önemli avantajı, hekim tarafından kısa bir sürede güvenli ve etkin şekilde uygulanabilmesidir. Diş hekimi uygulamadan önce renklenmenin etyolojisine göre tedavi planlaması oluşturmaktadır. Örneğin; beyazlatma isteyen hastalarda internal rezorpsiyonlar, ara yüz çürükleri ve endodontik tedavi gerektiren dişler teşhis edilir. Uygulama baştan sona diş hekimi kontrolünde yapıldığından beyazlatma boyunca herhangi zamanda hekim tarafından uygulamaya son verilebilmektedir (143).

Ofis tipi beyazlatma uygulamalarında, beyazlatmayı hızlandırmak için ısı veya ışıktan faydalanılabilir (32, 91). Bunun için quartz halojen lambalar, infrared lambalar, plazma ark lambaları, quartz halojen lambalar argon ve karbondioksit lazer, diod lazer kullanılabilmektedir (145).

Ayrıca ısı ve ışık gibi aktivatöre gerek olmaksızın sadece beyazlatma ajanı içine ferrik klorit ve sodyum hidroksit gibi bileşikler eklenmesiyle oluşan reaksiyonlar ile gerçekleştirilerekte uygulanabilir (146).

Ofis tipi beyazlatma yöntemin dezavantajı beyazlatmanın sadece ön dişlere yapılması, uygulamanın kalıcılığının bilinmeyişi ve maliyetinin yüksek olmasıdır. Ofis tipi beyazlatmanın diğer bir dezavantajı ise yüksek dozda HP'nin kostik

etkisinin bulunmasıdır. Bundan dolayı ağız içerisinde yumuşak dokular, ağız dışında göz ve dudak gibi yanma riski olan bölgeler korunmalı ve izolasyon sağlanmalıdır (143).

Mikroabrazyon

Mine yüzeyinin abrazyon içeren pat ve lastik fırçayla birlikte aşındırılmasına mikroabrazyon tekniği denir. Bu teknikte pomza taşı %37'lik fosforik asit ile veya %6,6, 10 ve 18'lik hidroklorik asit (HCl) ile birlikte kullanılabilir. Fakat patların difüzyonunun iyi olması için mine tabakasına ince grenli elmas frezler ile aşındırılma yapılması önerilir. Bu etkiyi gösteren su bazlı HCl ve silikon karbit mikropartikülleri içeren patlar piyasada bulunmaktadır. Minede, 0.2 mm'den küçük kahverengi veya beyaz florozise bağlı oluşan demineralizasyon lekelerinde kullanılabilir. Mikroabrazyon tekniği diş yüzeyinde değişimler oluştursa da bu teknik kompozitlerle yapılacak restorasyonlara göre daha koruyucudur (147). Bu teknik lokalize olan yüzeysel beyaz lekelerin uzaklaştırılmasında kullanıldığında makroabrazyon adını alır (148).

HCL içeriğinden dolayı izolasyona dikkat edilmeli ve rubber dam kullanılması gerekmektedir (147).

McInnes tekniğinde ise minede oluşan florozis gibi yüzeysel demineralizasyon lekelenmeleri 1 ml %36'luk HCl, 1 ml %30'luk HP ve 0.2 ml anestetik eterin karıştırılması ile oluşan mavimsi beyazlatma solüsyonu kullanılmaktadır. Bu solüsyon lekelenmiş yerlere pamukla birlikte 3-5 dk süreyle uygulanır. Daha sonra sodyum hipoklorit (NaOCl) ile nötralizasyon sağlanmalıdır (149).

Isı ve Işık Cihazı Kullanılarak Uygulanan Beyazlatma Tedavileri

Isı veya ışıkla beyazlatma ajanının aktive edildiği tekniktir. Bu tekniği Abbot yüksek yoğunluktaki ışık ile beyazlatma ajanını kimyasal aktivasyonunu sağlamak ve HP'nin sıcaklığını yükseltmek amacıyla kullanmıştır. 1991 yılında ise bu ajanları aktive etmek için ısının yerini, geleneksel ışık cihazları almıştır (150).

Beyazlatma ajanlarını aktive etmek için ışık kaynakları ve lazerler kullanılır. Bu teknik toplam beyazlatma uygulama süresini kısaltırken oluşan beyazlama daha hızlı geriye dönebilmektedir (151).

Ev Tipi Diş Beyazlatma Yöntemi

Koruyucu plaklarla hekim kontrolünde evde diş beyazlatma yöntemini ilk olarak 1989 yılında Haywood ve Heymann tanımlamıştır (6). Bu yöntem %10 KP içerikli ajanın hazırlanmış plaklar içerisinde 6-8 saat süreyle 2-6 hafta boyunca kullanımına dayanmaktadır (29). %10 KP %3,5 H₂O₂ ve %6,5 üre içermekte olup üre beyazlatma ajanının raf ömrünü uzatırken HP'nin ise salınımını yavaşlatır (152).

Beyazlatma uygulanacak dişlerin ölçüsü alınıp alçı model elde edilir ve alçı modelden ısıtıcılı vakum cihazında yumuşak vinil materyali ile kişiye özel plak hazırlanır. Beyazlatma uygulaması yapılacak dişlerin vestibül yüzeyine block-out yapılarak plaklar rezervuarlı hazırlanabilir (153). Rezervuarlar dişler üzerindeki basıncı azaltır ve beyazlatma ajanı için yer oluşturur (154).

Hastalar beyazlatma ajanının plağa yerleştirilmesi konusunda bilgilendirilmeli ve plağın doğru bir şekilde nasıl takılacağı hastalara gösterilmelidir. Yumuşak dokulara taşan beyazlatma ajanı gazlı bez veya fırça ile temizlenmesi, plak dişler üzerindeyken yiyecek içecek tüketilmemesi, plak dişlerden uzaklaştırıldıktan sonra dişlerin ve plağın temizlenmesi gerektiği ayrıntılı olarak hastalara anlatılmalıdır (155).

Ev tipi beyazlatmanın kolay uygulama, maliyetin az olması, tüm arkların aynı anda beyazlatılabilmesi ve düşük konsantrasyonlarda beyazlatma ajanı kullanılması gibi avantajları varken yumuşak dokularda hasar oluşabilmesi, TME rahatsızlığı olan hastalarda tercih edilmemesi, uygulamanın uzun sürmesi ve etkisinin hastaya bağlı olması gibi dezavantajları vardır (153).

Vital beyazlatma uygulamalarından ofis tipi beyazlatma yönteminin ve ev tipi beyazlatma yönteminin kombine kullanılmasının tek başına kullanılmasına göre daha etkili olduğu rapor edilmiştir (155).

Tezgâh Üstü Ürünler (Over the Counter-OCT) ile Vital Diş Beyazlatma Yöntemi

Hekim tarafından uygulanan ve yüksek maliyette olan yöntemlere ilave olarak over the counter (OTC) olarak isimlendirilen ürünler piyasada bulunmaktadır. Sakız, diş macunu, vernik gibi ürünlerin içerisinde veya beyazlatma bantları şeklinde de bulunan bu ürünlere hastalar rahatlıkla ulaşabilmektedir (156).

Beyazlatma bantları kişisel hazırlanmış plağa ihtiyaç duymadan hasta tarafından dişlere direkt adapte edilebilir ve tek kullanımlık olduğundan dolayı uygulanması kolaydır (157).

Beyazlatıcı diş macunları çoğunlukla abraziv partikül içeriğiyle beyazlatma sağlar. Az bir kısmının içerisinde KP veya HP bulunmaktadır. Beyazlatıcı macunlar sadece diş kaynaklı renklemeleri giderip, diş renginde herhangi bir beyazlama oluşturmadığı gözlenmiştir (158, 159).

2.12.2. Devital Dişlerde Beyazlatma Uygulamaları

Kanal tedavisi sonrasında kalan pulpa dokusu, kullanılan kanal dolgu maddeleri, travma sonucu oluşan kanamanın dentine penetrasyonu, restoratif materyaller ve simanlar devital dişlerde renklemeye neden olmasından dolayı devital beyazlatma uygulaması gerekebilir.

Anterior bölgede bulunan dişlerin estetik beklentilerden dolayı beyazlatılması önem kazanmaktadır. Devital dişlerde renklemeye çoğunlukla servikal üçlüde rastlanır (76). Devital beyazlatma yapabilmek için dişin semptom veya periapikal lezyona sahip olmaması, periapikal lezyonu varsa da dişin takip edilerek iyileşme sürecinde olduğunun izlenmesi ve dişin sızdırmaz bir kanal dolgusuna sahip olması gerekmektedir. Kök kanal dolgu maddesi beyazlatma materyalinin periodontal dokulara ve kök kanalına sızmasını önlemek için koronalde sızdırmaz şekilde dolgu yapılarak kapatılmalıdır (76).

Devital beyazlatma teknikleri walking bleaching, termokatalitik teknik inside/outside bleaching şeklinde sınıflandırılabilir (76).

Termokatalitik teknikte %35 HP pulpa odasına yerleştirildikten sonra oluşan oksidasyonu hızlandırmak için ısı uygulamasından yararlanılmaktadır (160).

2.13. Beyazlatmada Kullanılan Işık Kaynakları

Beyazlatma uygulamalarında jellerin aktivasyonunda, LED (light emitting diode) ışık kaynakları, farklı dalga boylarında lazerler, kuartz-tungsten-halojen (QTH) lambalar, plazma ark lambalar, hibrit (LED/lazer) cihazlar gibi ışık kaynakları tavsiye edilmektedir.

Işıkla aktive olan beyazlatma uygulamaları için tasarlanan çoğu ışık sistemi, beyazlatma için ayrıca bir ayara (beyazlatma modu) sahip olan rezin polimerizasyonunda kullanılan ışık cihazlarıdır. Beyazlatma uygulamaları için dizayn edilmiş ışık sistemleri, dental arkın tamamını veya birden fazla dişi aktive edilebilecek şekilde tasarlanmıştır (161).

Işık kaynakları kızılötesinden (IR) ultraviyoleye (UV) kadar geniş spektrumda ışık yayabildiklerinden yalnızca görünür-mavi spektrumda (350-500 nm) kullanılmaktadır. Ancak LED ışık kaynakları sınırlı bir dalga boyuna sahip olup ışığın salımını esnasında filtrasyon gerektirmez (162).

2.14. Diş Hekimliğinde Renk Ölçüm Yöntemleri

Diş hekimliğinde renk ölçüm cihazları kullanarak veya çıplak göz ile renk seçimi yapılmaktadır (163). Geleneksel olarak renk seçimi, renk skalaları birlikte yapılmaktadır (164). Görsel algı sübjektif olduğundan bu yöntem güvenilir bulunmamakta olup yetersiz sonuçlar vermektedir (165).

Renk seçiminde, göz yorgunluğu, klinisyen deneyimi ve yaşı renk körlüğü, ışığın durumu gibi faktörler hatalı renk seçimine sebep olabilmektedir. Rengin belirlenmesinde renk ölçüm cihazları; hızlı ve objektif sonuçlar verdiğinden dolayı görsel tekniğe göre avantajlıdır (165).

2.14.1. Renk Skalaları

Renk skalaları beyazlatma uygulamalarının öncesinde-sonrasında rengi tespit etmek için kullanılan az maliyetli ve geleneksel bir tekniktir (151, 166). Renk skalalarının sınırlı renk seçeneği olduğundan doğal dişlere göre renk tonlarının uyuşmaması estetik problem oluşumuna neden olmaktadır. Rengin belirlenmesi kişiden kişiye değişiklik göstermesi ve renk ölçümündeki standardizasyon eksikliğinden dolayı renk ölçüm cihazları kullanmak önem kazanmıştır (23, 167).

Renk skalaları çeşitli tipte ve formda olmasına rağmen temelinde parlaklık ve / veya yoğunluklarına göre düzenlenip sıralanmış standart diş rengini içerirler (35).

Renk seçiminde çoğunlukla kullanılan en düşük parlaklıktan, açıktan koyuya göre ayarlanan VITA Klasik Renk Skala'sıdır (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) (168-171). En açık renkte B1, en koyu renkte ise C4 skoru kullanılmakta olup etkili beyazlatma tanımı 5 birimden fazla oluşacak renk değişimi olarak tanımlanmaktadır (170).

1998'de tanıtılan 3D Master Toothguide (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) renk skalası diğer renk skalalarına göre daha düzgün ve geniş renk aralığına, daha iyi bir renk dağılımına sahip olarak ve renk ölçümünde daha iyi tekrarlanabilirlik gösterecek şekilde tasarlandığı bildirilmiştir (172-174).

2.14.2. Kolorimetreler

Renk kalibrasyonuna bağlı olarak, renk seçimi yapılan nesnenin verilerini analiz eden, ışığın yoğunluğu ve dalga boyunu temel alan cihazlar kolorimetrelerdir. Kolorimetreler; üç uyaranlı x, y, z veya CIE L*, a*, b* değerlerini ölçmektedir. Elde edilen değerler rakamsal olarak analiz edilebilir ve bu sayede farklı nesnelerin renk parametreleri kıyaslanabilmektedir.

Kolorimetrelerin dezavantajı düz yüzeylerde yapılacak ölçümler için tasarlanmış olmasıdır. Fakat dişlerin yüzeyi genellikle düz değildir ve morfolojisi bozuk dişlerde ölçüm yapmak hatalı sonuçlara neden olabilir (23).

2.14.3. Dijital Kameralar

Günümüzde dijital kameraların renk ölçümlerinde kullanılması yaygınlaşmıştır fakat görüntünün kalitesi çok önemlidir. Görüntü kalitesi; ortam aydınlanma şartları, kamera ayarları, kamera tipi, dişin pozisyonu, görüntü boyutu ve renk anahtarıyla ilişkili olarak farklılık gösterebilmektedir. Dijital fotoğraflar uygun şartlarda ve cihazlarla ölçüm yapıldığında faydalı olabilecek renk değerlendirme tekniğidir (23). Dijital kameraların en önemli özelliği nesnenin üzerindeki bir kısmın değil, nesnenin tümünün renginin ölçülebilmesidir. Dişlerin görüntüleri standart koşullarda dijital kameralar ile alınmakta ve kameranın bağlı olduğu bilgisayarlarla “CIE L*a*b*” değerleri cinsinden sonuçlar değerlendirilmektedir (93). Sistem; dijital kamera haricinde bağlı bulunduğu bilgisayar, bilgisayar programı, renk sensörü ve görüntüyü yakalayan sürücüden oluşmaktadır (175). Dijital kameraların kalibrasyonunda hata yapmak ve yanlış kullanmak renk ölçümünde hataya neden olan etkenlerdir (176).

2.14.4. Spektrofotometreler

Spektrofotometreler yüzey renklerinin ölçülmesinde en yaygın kullanılan renk ölçme tekniğidir (177). Bir spektrofotometre, 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.

Spektrofotometreler, diş hekimliğinde genel renk eşleştirme için en doğru, kullanışlı cihazlar arasındadır (178). Spektrofotometrelerle ilgili yapılan çalışmalarda eşleşen tekrarlanabilirlik derecesinin dişlere uygulanabilecek arka plandan ve ortam aydınlatıcısından etkilenebileceği bildirilmiştir (35, 179, 180). Optik lensin *in vivo* ölçüm esnasında buğulanması da hatalı ölçüme sebep olabilir. Spektrofotometreler sabit tutulan temas ölçüm cihazları olduğundan dolayı, uçları hastaların dişeti dokularında küçük rahatsızlıklara neden olabilir (181). İnsan gözüyle veya geleneksel tekniklerle yapılan gözlemlerle karşılaştırıldığında, spektrofotometrelerle renk ölçümünde doğrulukta %33 artış olduğu ve spektrofotometrelerin vakaların %93,3'ünde daha objektif bir eşleşme sunduğu bulunmuştur (182).

Spektrofotometreler ölçüm yapılacak nesneden yansıyan ışığın, beyaz yüzeyden yansıyan ışığa oranının ölçülmesini esas alarak çalışan spektrofotometreler çoklu sensör özelliği ile çalıştığından birçok dalga boyunda ölçümler yapabilir ve renk farklılıklarını kolayca tespit edebilir.

Spektrofotometreler ampul ışığı, floresan ışığı ve güneş ışığında değişik renk ölçüm değerleri verebilmektedir. Bundan dolayı kalite kontrolünde, bilimsel çalışmalarda, profesyonel alanlarda ve rengin ifade edilmesinde kullanılmaktadır (183-185).

2.15. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Tarama elektron mikroskobu (SEM), yüzey yapısı ve yüzeyde meydana gelen değişiklikler hakkında bilgi edinmek için birçok bilim dalında yaygın olarak kullanılan bir tekniktir.

Direkt görüntüleme tekniği olmayıp örnekler karbon veya altın gibi iletken bir madde ile kaplanarak incelenir. Ayrıca, yüksek vakum altında çalıştığından dolayı, su içeren maddeler görüntülenemez (186).

SEM'in temel çalışma prensibi, yüksek voltajla hızlandırılan elektronların incelenecek örnek yüzeyine gönderilmesiyle meydana gelen etkileşimlerin gözlenmesi esasına dayanır. SEM'de görüntü elektron demetinin incelenecek örneğin yüzeyi ile yaptığı fiziksel etkileşmeleriyle oluşan sinyallerin uygun algılayıcılarda toplanıp sinyal güçlendiricilerden geçirildikten sonra katot ışınları tüpünün bir ekrana yansıtılmasıyla oluşmaktadır. SEM dış hekimliğinde yüzey yapısı ve değişikliklerinin gözlemleneceği araştırmalarda kullanılmaktadır (187, 188).

2.16. Taramalı Elektron Mikroskobu-Enerji Dağılımlı X Işını Spektroskopisi (SEM-EDS)

Enerji dağıtıcı X-ışını spektroskopisi (EDX, ayrıca EDS olarak da bilinir), SEM yöntemine dahil edilebilecek bir mikroanaliz şeklidir.

Elektron ışınının örnek yüzeyi ile etkileşimi, örnek yüzeyinin en üst birkaç mikrometresindeki atomlar ve iyonlar tarafından X ışınlarının yayılmasına neden

olur. Bir atomun iç kabuğundan bir elektron fırlatılır ve bir dış kabuk elektronu eksik elektronun yerini aldığı anda, X-ışını radyasyonu şeklinde enerji yayılır. X-ışınları analiz edilir ve yüzeydeki element dağılımı ve örneklerin kimyasal içeriği hakkında bilgi sağlar (189, 190). Birçok araştırmada mine yüzeyindeki mineral değişimini incelemek için SEM-EDS yöntemleri kullanılmıştır (191, 192).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, 5 farklı beyazlatma ajanının (Opalescence Boost PF %40, Opalescence Go %6, Opalescence PF %16, Total Blanc Office H35, Cavex Bite&White %25 Office) *in vitro* olarak diş minesi üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır ve diş rengi değişimleri değerlendirilmiştir.

Bu *in vitro* çalışma, Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda yürütülmüştür ve Hacettepe Üniversitesi Etik Kurulundan (GO 22/420) onay alınmıştır. (Bkz. Ek 1)

Diş minesinde meydana gelen mineral değişimlerinin incelenmesi ise Hacettepe Üniversitesi İleri Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (Ankara, Türkiye) yapılmıştır.

3.1. Çalışmada Kullanılan Dişlerin Toplanması

Bu çalışma için 20-60 yaş aralığındaki gönüllülerden temin edilen ve periodontal nedenle çekim endikasyonu koyulmuş 80 adet üst kesici insan ön diş kullanılmıştır. Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji Anabilim dalında periodontal nedenlerle çekilmiş 20-60 yaş aralığındaki gönüllülerden temin edilen 80 adet çürük ve çatlak içermeyen üst santral ve lateral diş çalışmaya dâhil edilmiştir. Şekil 3.1.'de çalışma için seçilen üst santral diş gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma için seçilen üst santral diş

Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

- (1) Sağlam olmaları,
- (2) Çatlak ya da kırık olmaması
- (3) Çürük veya eski bir restorasyonun bulunmamasıdır.

Çalışmaya Dahil Edilmeme Kriterleri

- (1) Mine defekti bulunan dişler
- (2) Dolgulu veya çürüklü dişler
- (3) Çatlak, kırık, bukkal yüzeyi zarar görmüş dişler

3.2. Örneklerin Hazırlanması ve Saklanması

Çekilen dişler %0,1'lik timol solüsyonunda saklanıp dezenfekte edildikten sonra dişler üzerinde bulunan diş taşları ve birikintiler el aletleriyle uzaklaştırılmıştır ve yüzeyler polisaj lastikleriyle su altında temizlenmiştir. Yüzey temizleme işlemlerinden sonra dişler distile su içerisinde çalışmaya başlanana kadar bekletilmiştir. Daha sonra dişlerin köklerinin alt 2/3'ü düşük hızda elmas testere kullanılarak kesilmiştir. 20x büyütme altında stereomikroskop ile (Olympus SZ 61, Olympus Corporation, Shinjuku, Japonya) incelenme yapıldıktan sonra, çatlak ya da defektli dişler çalışmadan çıkarılmıştır.

3.3. Çalışmada Kullanılan Materyaller

Çalışmada farklı konsantrasyonda 1 adet ev tipi beyazlatma ajanı, 3 adet ofis tipi beyazlatma ajanı ve 1 adet OTC ürünü kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan materyallerin isimleri, üretici firmaları ve içerikleri Tablo 3.1.'de gösterilmektedir.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan materyaller

MATERYAL İSMİ	ÜRETİCİ FİRMA	MATERYALİN İÇERİĞİ
Opalescence Boost PF %40	Ultradent, Inc., South Jordan UT, ABD	%40 HP, %1,1 sodyum florür, %3 potasyum nitrat
Opalescence Go %6	Ultradent, Inc., South Jordan UT, ABD	%6 HP, sodyum hidroksit, potasyum nitrat, sodyum florür
Opalescence PF %16	Ultradent, Inc., South Jordan UT, ABD	%16 KP, gliserin, su, üre peroksit, xylitol, carbomer, PEG-6, sodyum hidroksit, EDTA, nane yağı, potasyum nitrat, sodyum florür
Total Blanc Office H35	DFL, Rio de Janeiro, Brezilya	%35 HP, koyulaştırıcı, bitki özleri, amid, ayırıcı ajan, glikol, boya ve su
Cavex Bite&White %25 Office	Cavex, Haarlem, Hollanda	%25 HP, PEG, su, poloksamer, t-bütül alkol, etidronik asit, nane yağı, sodyum stannat

3.4. Çalışma Gruplarının Belirlenmesi

Her grup için 4 diş (toplam 20), SEM görüntülemeleri için kullanılmıştır. Hazırlanan diğer örnekler beyazlatma sistemlerine göre mineral içeriklerini incelemek üzere rastgele olarak beş gruba (n=12) ayrılmıştır.

- (1) Opalescence Boost PF %40 (Ultradent, South Jordan UT, ABD) (OPLB)
- (2) Opalescence Go %6 (Ultradent, South Jordan, UT, ABD) (OPLGO)
- (3) Opalescence PF %16 (Ultradent, South Jordan, UT, ABD) (OPL16)
- (4) Total Blanc Office H35 (DFL, Rio de Janeiro, Brezilya) (TBL)
- (5) Cavex Bite&White %25 Office (Cavex, Haarlem, Hollanda) (CV)

3.5. Mineral İçeriklerinin Ölçülmesi

Beyazlatma işlemlerinden önce tüm grupların Ca, P, K, Sodyum (Na), Mg, F, O, Silisyum (Si), Karbon (C), Azot (N), Al, Kalay (Sn), Sr, Zn seviyeleri Hacettepe Üniversitesi İleri Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (Ankara, Türkiye) SEM-EDS (GAIA3 Triglav, TESCAN, Brno Kohoutovice, Çek Cumhuriyeti) cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Her grup için SEM görüntülenmeleri yapılmıştır.

Beyazlatma periyodu sonunda ve beyazlatmadan 14 gün sonra Ca, P, K, Na, Mg, F, O, Si, C, N, Al, Sn, Sr, Zn ölçümleri tekrarlanmıştır, veriler kaydedilmiştir.

3.6. Spektrofotometre Cihazı ile Renk Ölçümlerinin Yapılması

Çalışmada VITA Easyshade V (VITA Zahnfabrik, H. Rauter GmbH & Co. Bad Sackingen, Almanya) spektrofotometre cihazı, dişlerin rengini ölçmek için kullanılmıştır. Örnekler renk ölçümü yapılmadan önce kurulanmıştır. Spektrofotometre cihazının ayarlar menüsünden ölçümlere başlanılmadan önce kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra tek nokta ölçüm modu seçilmiştir. Renk ölçümü spektrofotometre cihazının kullanım talimatlarına uygun olarak cihazın ucu dişin orta üçlü alanın merkezine temas edecek şekilde yapılmıştır. Örneklerin hepsinin renk ölçümü, üst kısmında %95 oranında gün ışığına benzeyen floresan lamba (Activa 172 Sylvania, Erlangen, Almanya) içeren içerisi gri fon kartonla kaplanmış bir kutu içinde yapılmış olup, ölçüm yaparken beyaz fon arka plan olarak kullanılmıştır. Ölçüm yapılacak örnekler, cihazın ucunun dik ve yere paralel bir şekilde tutulmasına dikkat edilmiştir. Spektrofotometre cihazının her renk ölçümünden önce kalibrasyon moduna alınarak şarj ünitesinde bulunan beyaz kalibrasyon plağında kalibrasyonu yapılmıştır. Şekil 3.2.'de renk ölçümlerinin yapıldığı VITA Easyshade V (VITA Zahnfabrik, H. Rauter GmbH & Co. Bad Sackingen, Almanya) spektrofotometre gösterilmiştir. Her ölçümde L^* , a^* , b^* değerleri elde edilip kaydedilmiştir.



Şekil 3.2. VITA Easyshade V (VITA Zahnfabrik, H. Rauter GmbH & Co. Bad Sackingen, Almanya)

Renk değişimleri aşağıda belirtilen formüllerle hesaplanmıştır.

Renk değişimi ΔE ,

$$\Delta E_{f-b} = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2} = [(L_f - L_b)^2 + (a_f - a_b)^2 + (b_f - b_b)^2]^{1/2} \quad (3.1.)$$

f: final değerleri

b: başlangıç değerleri

ΔE_{00} değeri

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

Beyazlık indeksi (WI_D); $WI_D = 0.511L^* - 2.324a^* - 1.100b^*$

İki ölçüm arasındaki beyazlık farkı (ΔWI_D) $\Delta WI_D = WI_{Df} - WI_{Db}$

WI_{Df} : Beyazlatma uygulandıktan sonraki WI_D değerleri

WI_{Db} : Beyazlatma uygulamadan önceki WI_D değerleri

şekil 3.3.'de spektrofotometreyle renk ölçümü gösterilmiştir.



şekil 3.3. Spektrofotometreyle ölçümlerin yapılması.

Beyazlatma işlemi öncesi, beyazlatmadan hemen sonra, beyazlatmadan 7 gün sonra ve beyazlatmadan 14 gün sonra renk ölçümleri yapılarak veriler kaydedilmiştir.

3.7. Beyazlatma Ajanı Uygulama Protokolleri

Tüm gruplara beyazlatma işlemleri uygulanmıştır. Beyazlatma uygulamalarından sonra dişler 37°C'de yapay tükürük solüsyonunda (1000ml distile su [pH 7.0], 0,62 gr KCl, 0,17 gr CaCl₂, 1,1 gr K₂HPO₄, 0,3 gr KH₂PO₄, 0,87 gr NaCl) bekletilmiştir.

Opalescence Boost PF %40 (OPLB): Opalescence Boost %40 hidrojen peroksit içerikli ofis tipi beyazlatıcı bir jeldir. İki hazneli jel karıştırma tüp sisteminden oluşmaktadır. İki hazneli tüpün ucundaki pistonlar baş parmaklar kullanılarak itilip iç pistonun membranı yırtılmıştır ve aktivatör ile jelin karışması sağlanmıştır (Şekil 3.4). Bu işlem sağ ve sol tarafa 25'er kez olacak şekilde 50 kez tekrar edilmiştir. Karışan jel kırmızı şırıngaya itilerek ucuna Micro FX ucu takılmıştır. Örnekler sabitlenmiştir. Dişlerin labial yüzeyine ve biraz da insizal yüzeylerine 0,5-1,0 mm kalınlığında jel uygulanmıştır. Jel dişlere 20 dakika uygulanmıştır. Jel dişten gazlı bez kullanılarak uzaklaştırılmıştır. İşlem üç kez tekrar edilmiştir ve son olarak ajan bol suyla yıkanarak uzaklaştırılmıştır.



Şekil 3.4. Opalescence Boost PF %40 (Ultradent)

Opalescence Go %6 (OPLGO): Hazır taşıyıcı plak içinden %6 hidrojen peroksit doldurulmuş bant çıkartılmıştır (Şekil 3.5). Mine örneğine uygun boyutta kesilmiştir ve örnek yüzeylerine yapıştırılmıştır. Otuz dakika beklendikten sonra mine örneği yüzeyindeki bant uzaklaştırılmıştır, kalan artıkların temizlenmesi için örnekler su ile yıkanmıştır. Bantlar, 14 gün süreyle mine yüzeylerine uygulanmıştır.



Şekil 3.5. Opalescence Go %6 (Ultradent)

Opalescence PF %16 (OPL16): Örnekler sabitlenmiştir. Bu gruptaki örneklere, Opalescence PF %16 kiti içindeki şırıngasından mine yüzeylerine sıkılmıştır ve 30 dakika beklenmiştir (Şekil 3.6). Her uygulama sonrasında yüzeyler bol su ile yıkanarak beyazlatma ajanı uzaklaştırılmıştır. 14 gün süreyle uygulamaya devam edilmiştir.



Şekil 3.6. Opalescence PF %16 (Ultradent)

Total Blach Office H35 (TBL): Peroksit ve kıvamlaştırıcı içeren şırıngaların kapakları çıkarılmıştır ve konnektörü her iki şırıngaya takılmıştır (Şekil 3.7). Ürün homojen bir sarı renge ulaşana kadar pistonlar dönüşümlü olarak 7 kez itilmiştir. Ardından, tüm karışım şırıngalardan birine aktarılmıştır ve aplikatörün ucu şırıngaya bağlanmıştır. Dişler sabitlenmiştir ve beyazlatma jeli dişlerin labial yüzeyine uygulanmıştır. Beyazlatma jeli, diş yüzeyine 20 dakika uygulanmıştır. Bu süreden sonra jel küçük bir fırça kullanılarak kaldırılmıştır ve nemli gazlı bezle yüzey temizlenmiştir. İşlem iki kez tekrar edilmiştir. Son olarak ajan bol suyla yıkanarak uzaklaştırılmıştır.



Şekil 3.7. Total Blanc Office H35 (DFL)

Cavex Bite&White %25 Office (CV): Dişler sabitlenmiştir. Dişin labial yüzeyine ve biraz da insizal yüzeylerine ince bir tabaka jel uygulanmıştır (Şekil 3.8). Jel dişlerde 15 dakika bekletilmiştir. Jel dişten küçük bir fırça kullanılarak uzaklaştırılmıştır. İşlem üç kez tekrar edilmiştir. Son olarak ajan bol suyla yıkanarak uzaklaştırılmıştır.



Şekil 3.8. Cavex Bite&White %25 Office

3.8. EDS Cihazı ile Ölçümlerin Yapılması

Minenin mineral içeriğinin belirlenmesi ve mine yüzeyindeki elementel birleşimi incelemek için EDS analizi yapılmıştır. Cihazın (GAIA3 Triglav, TESCAN, Brno Kohoutovice, Çek Cumhuriyeti) içerdiği Oxford Xmax 150 Enerji Dağılım X-Işını Spektrometrisi (EDS) dedektörü ile numunelerden gelen elementel X ışınları ölçülmüştür ve elementel dağılım tespit edilmiştir. Dedektör numuneden gelen X ışınlarını almaktadır ve elementel dağılım analizi yapmaktadır. Aynı zamanda, örneğin analizini ve yüzey bozukluklarını belirlemektedir. Örneklerin her biri cihaza yerleştirilerek beyazlatma uygulamadan önce, beyazlatmadan sonra ve beyazlatmadan sonraki 14. gün (tükürükte bekletildikten sonra) mineral içeriği ölçülmüştür. Örnekler mineral içeriği olarak Ca, P, K, Na, Mg, F, O, Si, C, N, Al, Sn, Sr ve Zn seviyelerine bakılıp veriler kaydedilmiştir.

3.9. Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

Örnekler altın ile kaplanarak (EM ACE600, LEICA, Wetzlar, Almanya) Hacettepe Üniversitesi İleri Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (Ankara, Türkiye) farklı büyütme ölçeklerinde tarama elektron mikroskobu (SEM) (GAIA3 Triglav, TESCAN, Brno Kohoutovice, Çek Cumhuriyeti) ile incelenmiştir ve fotoğrafları çekilmiştir. Beyazlatmadan önce, beyazlatmadan sonra, beyazlatmadan 7 gün sonra ve beyazlatmadan 14 gün sonra mine yüzeylerindeki değişiklikleri karşılaştırabilmek amacıyla her gruptan bir örnek kontrol olarak incelenmiştir.

3.10. İstatistiksel Analiz

Beş farklı beyazlatma ürünü (OPLB, OPLGO, OPL16, TBL ve CV) kullanılan dişler renk ve WI_D bakımından beyazlatma öncesi, beyazlatma sonrası, 7 gün sonra ve 14 gün sonra olmak üzere değerlendirilmiştir. Beyazlatma öncesi ve sonrası (ΔE_1 , ΔE_{001} , ΔWI_{D1}), beyazlatma öncesi ve 7 gün sonrası (ΔE_2 , ΔE_{002} , ΔWI_{D2}), beyazlatma öncesi ve 14 gün sonrası (ΔE_3 , ΔE_{003} , ΔWI_{D3}) arasındaki farklar için renk ölçümleri ve beyazlatma indeksleri hesaplanmıştır. Mineral ölçümleri ise beyazlatma öncesi, beyazlatma sonrası ve 14 gün sonra olmak üzere yapılmıştır.

Çalışmada yer alan tüm ölçümler için ortalama \pm standart sapma hesaplanmıştır. Normal dağılım göstermeyen ölçümler için ortanca (medyan) da hesaplanmıştır. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilks testi kullanılarak incelenmiştir. ΔE ve ΔE_{00} verileri normal dağılım gösterirken, ΔW_{ID} verilerinin doğal logaritması (LN) alındığı durumda normal dağılım göstermiştir ($p>0,05$). Varyansların homojenliği Levene testi ile, küresellik varsayımı ise Mauchly'nin küresellik testi ile incelenmiştir.

Beyazlatma ürünlerinin renk farklılıkları ve ΔW_{ID} 'nin zamana bağlı değişimleri iki yönlü karma ANOVA (two-way (5x3) mixed ANOVA) ile araştırılmıştır. Mauchly Küresellik Testi'nin istatistiksel olarak anlamlı çıkmadığı durumlarda Greenhouse-Geisser ($\epsilon<0,75$ ise) ya da Huynh-Feldt ($\epsilon\geq 0,75$ ise) düzeltmeleri yapılmıştır ve F testi sonuçları dikkate alınmıştır. Aralarında fark bulunan gruplar ya da zamanlar için düzeltilmiş LSD testi kullanılarak çoklu karşılaştırma yapılmıştır.

Mineral değerlerinin zamana bağlı değişip değişmediği her bir ürün için incelenmiştir. Normal dağılım gösteren gruplarda tekrarlı ölçümlü ANOVA testi, normal dağılım göstermeyen gruplarda Friedman testi kullanılmıştır. Zamanlar arasında fark çıkması durumunda, normal dağılım gösteren gruplarda LSD çoklu karşılaştırma testi kullanılırken normal dağılım göstermeyen gruplarda düzeltilmiş p değerleri ile çoklu karşılaştırma yapılmıştır.

Veriler, SPSS (The Statistical Package for The Social Sciences) 23 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Minerallere Ait Bulgular

Kullanılan ürünlere göre 14 farklı mineral değerlerinin zamana bağlı değişimleri incelenmiş ve sonuçlar Tablo 4.1.- 4.27.'de gösterilmiştir.

Kalsiyum (Ca)

Beş ürünün kalsiyum değerleri Tablo 4.1.'de gösterilmiştir. TBL ve CV'de kalsiyum değeri bakımından zamanlar arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0,001$; $p=0,018$; Tablo 4.1). OPLB, OPLGO ve OPL16'de ise zamana bağlı kalsiyum miktarı değişimi önemli bulunmamıştır ($p=0,205$; $p=0,097$; $p=0,073$; Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Kalsiyum değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri

Ürün	Önce		Sonra		14 Gün Sonra		P
	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	
OPLB	34,78 ^a \pm 11,10	32,45	23,62 ^a \pm 9,17	25,85	23,73 ^a \pm 15,32	28,30	0,205 ^{**}
OPLGO	23,12 ^a \pm 2,75	23,50	20,53 ^a \pm 11,52	22,45	31,56 ^a \pm 12,51	35,20	0,097 ^{**}
OPL16	28,78 ^a \pm 7,78	28,85	21,97 ^a \pm 4,42	20,80	27,59 ^a \pm 7,49	26,60	0,073 [*]
TBL	37,81 ^a \pm 4,37	37,85	21,73 ^b \pm 5,45	20,60	29,42 ^c \pm 7,88	27,40	<0,001 [*]
CV	29,24 ^a \pm 7,97	28,05	20,22 ^b \pm 6,14	18,40	28,48 ^a \pm 11,42	29,15	0,018 [*]

*: tek yönlü tekrarlı ANOVA, **: Friedman testi sonucu.

Aynı satırda yer alan a,b,c: Zamanlar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

TBL ve CV kullanıldığında zamanların kalsiyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.2.'de gösterilmiştir. TBL'de kalsiyum miktarı beyazlatma sonrasında düşmüş, 14 gün sonra beyazlatma sonrasına göre artmıştır. CV'de beyazlatma öncesi ve 14 gün sonrası kalsiyum değeri benzer iken, beyazlatma sonrasına göre daha yüksektir.

Tablo 4.2. TBL ve CV kullanıldığında zamanların kalsiyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Ürün	Zaman	Ortalama Fark	St. Hata	p ⁺
TBL	Önce – Sonra	16,075	1,781	<0,001
	Önce - 14 gün sonra	8,392	2,826	0,013
	Sonra - 14 gün sonra	-7,683	2,433	0,009
CV	Önce – Sonra	9,025	2,609	0,005
	Önce - 14 gün sonra	0,758	3,498	0,832
	Sonra - 14 gün sonra	-8,267	3,426	0,034

+: LSD testi sonuçları.

Fosfor (P)

Beş ürünün fosfor değerleri Tablo 4.3.'te gösterilmiştir. OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanlar arasında fosfor değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık varken ($p=0,001$; $p<0,001$; $p=0,009$; Tablo 4.3), OPLB ve OPLGO kullanıldığında zamana bağlı değişim anlamlı değildir ($p=0,667$; $p=0,667$; Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Fosfor değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri

Ürün	Önce		Sonra		14 Gün Sonra		P
	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	
OPLB	14,03 ^a \pm 2,25	13,55	11,34 ^a \pm 4,93	13,00	10,23 ^a \pm 6,21	12,85	0,667 ^{**}
OPLGO	12,63 ^a \pm 1,40	12,80	11,63 ^a \pm 7,23	11,70	13,04 ^a \pm 4,49	14,65	0,667 ^{**}
OPL16	10,96 ^a \pm 1,66	11,35	9,87 ^a \pm 1,75	10,05	12,71 ^b \pm 1,50	12,90	0,001 [*]
TBL	14,74 ^a \pm 1,45	14,50	10,39 ^b \pm 2,22	11,10	12,95 ^c \pm 1,46	12,65	<0,001 [*]
CV	12,41 ^{ab} \pm 2,21	12,85	9,28 ^a \pm 2,95	7,90	12,68 ^b \pm 3,80	13,65	0,009 ^{**}

*: tek yönlü tekrarlı ANOVA, **: Friedman testi sonucu.

Aynı satırda yer alan a,b,c: Zamanlar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanların fosfor değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.4.'te gösterilmiştir. OPL16 kullanıldığında 14 gün sonra fosfor değerleri yükselmiştir. TBL kullanıldığında en düşük fosfor değerleri beyazlatma sonrasında gözlenmiştir. CV kullanıldığında fosfor değerlerindeki farklılık beyazlatma sonrası ile 14 gün sonrası arasında ortaya çıkmıştır.

Tablo 4.4. OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanların fosfor değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Ürün	Zaman	Ortalama Fark	St. Hata	p ⁺
OPL16	Önce – Sonra	1,092	0,658	0,125
	Önce - 14 gün sonra	-1,750	0,640	0,019
	Sonra - 14 gün sonra	-2,842	0,644	0,001
TBL	Önce – Sonra	4,350	0,758	<0,001
	Önce - 14 gün sonra	1,792	0,640	0,017
	Sonra - 14 gün sonra	-2,558	0,850	0,012
		Test İstatistiği	St. Hata	Düzeltilmiş p ⁺⁺
CV	Önce – Sonra	0,750	0,408	0,199
	Önce - 14 gün sonra	-0,500	0,408	0,662
	Sonra - 14 gün sonra	-1,250	0,408	0,007

+: LSD testi, ++: Dunn-Bonferroni testi sonuçları.

Florür (F)

Beş ürünün florür değerleri Tablo 4.5.'te gösterilmiştir. OPLB ve OPL16 kullanıldığında zamanlar arasında florür değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık varken ($p=0,001$; $p=0,038$; Tablo 4.5), OPLGO, TBL ve CV kullanıldığında zamana bağlı değişim anlamlı değildir ($p=0,274$; $p=0,066$; $p=0,115$; Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Florür değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri

Ürün	Önce		Sonra		14 Gün Sonra		p ⁺
	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	
OPLB	0,46 ^a \pm 0,52	0,25	2,16 ^b \pm 0,89	2,00	1,20 ^{ab} \pm 0,70	1,00	<0,001
OPLGO	0,59 ^a \pm 0,98	0,25	0,71 ^a \pm 0,72	0,45	0,45 ^a \pm 0,55	0,30	0,274
OPL16	0,25 ^a \pm 0,22	0,20	0,31 ^a \pm 0,50	0,10	0,63 ^b \pm 0,34	0,55	0,038
TBL	0,22 ^a \pm 0,27	0,15	0,27 ^a \pm 0,33	0,15	0,40 ^a \pm 0,32	0,30	0,066
CV	0,41 ^a \pm 0,41	0,35	0,17 ^a \pm 0,30	0,05	0,38 ^a \pm 0,31	0,35	0,115

+: Friedman testi sonucu.

Aynı satırda yer alan a,b: Zamanlar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

OPLB ve OPL16 kullanıldığında zamanların florür değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.6.'da gösterilmiştir. OPLB kullanıldığında

beyazlatma sonrası, OPL16 kullanıldığında 14 gün sonra florür değerleri yükselmiştir.

Tablo 4.6. OPLB ve OPL16 kullanıldığında zamanların florür değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Ürün	Zaman	Test İstatistiği	St. Hata	Düzeltilmiş p ⁺
OPLB	Önce – Sonra	-1,625	0,408	<0,001
	Önce - 14 gün sonra	-0,875	0,408	0,096
	Sonra - 14 gün sonra	0,750	0,408	0,199
OPL16	Önce – Sonra	0,000	0,408	1,000
	Önce - 14 gün sonra	-0,875	0,408	0,032
	Sonra - 14 gün sonra	-0,875	0,408	0,032

+: Dunn-Bonferroni testi sonuçları.

Oksijen (O)

Beş ürünün oksijen değerleri Tablo 4.7.'de gösterilmiştir. Tüm ürünlerde oksijen değeri bakımından zamanlar arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (tüm p<0,05; Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Oksijen değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri

Ürün	Önce		Sonra		14 Gün Sonra		P
	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	
OPLB	35,56 ^a \pm 9,66	36,75	52,90 ^b \pm 7,79	52,55	33,58 ^a \pm 25,07	30,95	0,001 **
OPLGO	45,54 ^a \pm 2,37	44,85	54,89 ^b \pm 9,65	55,40	30,58 ^c \pm 4,82	29,35	<0,001 *
OPL16	30,92 ^a \pm 8,90	30,00	54,70 ^b \pm 3,76	55,75	37,46 ^a \pm 6,67	40,40	<0,001 *
TBL	30,07 ^a \pm 4,58	30,65	55,85 ^b \pm 5,19	56,15	35,13 ^a \pm 7,43	35,65	<0,001 *
CV	29,94 ^a \pm 7,28	29,85	55,39 ^b \pm 5,68	56,35	35,39 ^a \pm 6,57	35,35	<0,001 *

*: tek yönlü tekrarlı ANOVA, **: Friedman testi sonucu.

Aynı satırda yer alan a,b,c: Zamanlar arası anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Zamanların oksijen değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.8.'de gösterilmiştir. Tüm beyazlatma ürünlerinde beyazlatma sonrası oksijen değerlerinin arttığı görülmüştür. OPLB, OPL16, TBL ve CV kullanıldığında 14 gün sonrası oksijen değerleri başlangıç düzeyine dönerken, OPLGO kullanıldığında başlangıca göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Tablo 4.8. Zamanların oksijen değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Ürün	Zaman	Test İstatistiği	St. Hata	Düzeltilmiş p ⁺
OPLB	Önce – Sonra	-1,333	0,408	0,003
	Önce - 14 gün sonra	0,083	0,408	1,000
	Sonra - 14 gün sonra	-1,333	0,408	0,003
		Ortalama Fark	St. Hata	p⁺⁺
OPLGO	Önce – Sonra	-9,350	2,480	0,003
	Önce - 14 gün sonra	14,958	1,637	<0,001
	Sonra - 14 gün sonra	24,308	3,238	<0,001
OPL16	Önce – Sonra	-23,783	3,186	<0,001
	Önce - 14 gün sonra	-6,542	3,514	0,090
	Sonra - 14 gün sonra	17,242	1,733	<0,001
TBL	Önce – Sonra	-25,783	2,116	<0,001
	Önce - 14 gün sonra	-5,067	2,895	0,108
	Sonra - 14 gün sonra	20,717	2,326	<0,001
CV	Önce – Sonra	-25,450	2,572	<0,001
	Önce - 14 gün sonra	-5,450	3,336	0,131
	Sonra - 14 gün sonra	20,000	2,088	<0,001

+: Dunn-Bonferroni testi, ++: LSD testi sonuçları.

Karbon (C)

Beş ürünün karbon değerleri Tablo 4.9.'da gösterilmiştir. OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanlar arasında karbon değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık varken ($p < 0,001$; $p = 0,003$; $p = 0,002$; Tablo 4.9), OPLB ve OPLGO kullanıldığında zamana bağlı değişim anlamlı değildir ($p = 0,205$; $p = 0,338$; Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Karbon değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri

Ürün	Önce		Sonra		14 Gün Sonra		P
	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	
OPLB	11,41 ^a \pm 3,30	11,70	8,01 ^a \pm 7,14	5,45	10,27 ^a \pm 5,72	11,05	0,205 ^{**}
OPLGO	15,36 ^a \pm 4,55	14,50	10,06 ^a \pm 9,82	7,85	14,93 ^a \pm 3,30	13,40	0,338 ^{**}
OPL16	25,78 ^a \pm 5,84	26,65	10,78 ^b \pm 2,77	10,45	13,51 ^b \pm 3,13	13,70	<0,001 [*]
TBL	13,51 ^a \pm 4,00	13,25	9,85 ^b \pm 3,08	9,65	15,65 ^a \pm 3,37	15,25	0,003 [*]
CV	23,91 ^a \pm 7,36	21,75	13,12 ^b \pm 4,58	13,90	16,39 ^b \pm 10,63	13,50	0,002 ^{**}

*: tek yönlü tekrarlı ANOVA, **: Friedman testi sonucu.

Aynı satırda yer alan a,b: Zamanlar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p < 0,05$).

OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanların karbon değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.10.'da gösterilmiştir. OPL16 ve CV kullanıldığında beyazlatma sonrasında karbon değerleri düşmüştür fakat beyazlatma sonrası ve 14 gün sonrası sonuçları benzerdir. TBL kullanıldığında ise beyazlatma öncesi ve 14 gün sonrası karbon değerleri benzerken beyazlatma sonrasında karbon değerleri daha düşüktür.

Tablo 4.10. OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanların karbon değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Ürün	Zaman	Ortalama Fark	St. Hata	p ⁺
OPL16	Önce – Sonra	15,000	1,706	<0,001
	Önce - 14 gün sonra	12,267	1,445	<0,001
	Sonra - 14 gün sonra	-2,733	1,284	0,057
TBL	Önce – Sonra	3,658	1,334	0,019
	Önce - 14 gün sonra	-2,142	1,796	0,258
	Sonra - 14 gün sonra	-5,800	1,404	0,002
		Test İstatistiği	St. Hata	Düzeltilmiş p ⁺⁺
CV	Önce – Sonra	1,250	0,408	0,007
	Önce - 14 gün sonra	1,250	0,408	0,007
	Sonra - 14 gün sonra	0,000	0,408	1,000

+: LSD testi, ++: Dunn-Bonferroni testi sonuçları.

Alüminyum (Al)

Beş ürünün alüminyum değerleri Tablo 4.11.'de gösterilmiştir. OPL16 kullanıldığında zamanlar arasında alüminyum değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık varken (p=0,028; Tablo 4.11), diğer ürünlerde değişim anlamlı değildir (tüm p>0,05; Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Alüminyum değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri

Ürün	Önce		Sonra		14 Gün Sonra		p ⁺
	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	
OPLB	0,05 ^a \pm 0,05	0,05	0,05 ^a \pm 0,09	0,00	0,01 ^a \pm 0,03	0,00	0,150
OPLGO	0,12 ^a \pm 0,22	0,05	0,04 ^a \pm 0,05	0,00	0,02 ^a \pm 0,06	0,00	0,122
OPL16	0,01 ^a \pm 0,03	0,00	0,08 ^a \pm 0,09	0,05	0,01 ^a \pm 0,03	0,00	0,028
TBL	0,03 ^a \pm 0,06	0,00	0,03 ^a \pm 0,08	0,00	0,03 ^a \pm 0,05	0,00	0,999
CV	0,04 ^a \pm 0,14	0,00	0,04 ^a \pm 0,07	0,00	0,00 ^a \pm 0,00	0,00	0,074

+: Friedman testi sonucu.

Aynı satırda yer alan a,b: Zamanlar arası anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

OPL16 kullanıldığında zamanların alüminyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.12.'de gösterilmiştir. OPL16 kullanıldığında zamanlar arasında alüminyum değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık çıksa bile ikili karşılaştırma sonucunda zamanlar arasında fark olmadığı görülmüştür (tüm $p>0,05$; Tablo 4.12).

Tablo 4.12. OPL16 kullanıldığında zamanların alüminyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Zaman	Test İstatistiği	St. Hata	Düzeltilmiş p ⁺
Önce – Sonra	-0,625	0,408	0,377
Önce - 14 gün sonra	0,000	0,408	1,000
Sonra - 14 gün sonra	0,625	0,408	0,377

+: Dunn-Bonferroni testi sonuçları

Çinko (Zn)

Beş ürünün çinko değerleri Tablo 4.13.'te gösterilmiştir. OPLGO kullanıldığında zamanlar arasında çinko değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık varken ($p=0,003$; Tablo 4.13), diğer ürünlerde değişim anlamlı değildir (tüm $p>0,05$; Tablo 4.13).

Tablo 4.13. Çinko değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri

Ürün	Önce		Sonra		14 Gün Sonra		P
	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	
OPLB	0,15 ^a \pm 0,11	0,10	0,19 ^a \pm 0,15	0,15	0,18 ^a \pm 0,25	0,10	0,843 ^{**}
OPLGO	0,16 ^a \pm 0,15	0,10	0,42 ^b \pm 0,16	0,40	0,23 ^a \pm 0,15	0,20	0,003 [*]
OPL16	0,21 ^a \pm 0,16	0,15	0,19 ^a \pm 0,16	0,15	0,14 ^a \pm 0,12	0,10	0,585 [*]
TBL	0,31 ^a \pm 0,28	0,30	0,24 ^a \pm 0,19	0,25	0,15 ^a \pm 0,09	0,20	0,177 [*]
CV	0,15 ^a \pm 0,14	0,10	0,14 ^a \pm 0,19	0,10	0,18 ^a \pm 0,14	0,20	0,433 ^{**}

*: tek yönlü tekrarlı ANOVA, **: Friedman testi sonucu.

Aynı satırda yer alan a,b: Zamanlar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

OLPGO kullanıldığında zamanların çinko değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.14.'te gösterilmiştir. OPLGO kullanıldığında beyazlatma sonrası çinko değerleri başlangıca ve 14 gün sonraya göre daha yüksektir.

Tablo 4.14. OPLGO kullanıldığında zamanların çinko değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Zaman	Ortalama Fark	St. Hata	p ⁺
Önce – Sonra	-0,258	0,058	0,001
Önce - 14 gün sonra	-0,075	0,072	0,319
Sonra - 14 gün sonra	0,183	0,072	0,026

+: LSD testi sonuçları.

Sodyum (Na)

Beş ürünün sodyum değerleri Tablo 4.15.'te gösterilmiştir. OPLGO ve OPL16 kullanıldığında zamanlar arasında sodyum değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık varken ($p=0,002$; $p=0,001$; Tablo 4.15), OPLB, TBL ve CV kullanıldığında değişim anlamlı değildir ($p=0,091$; $p=0,394$; $p=0,472$; Tablo 4.15).

Tablo 4.15. Sodyum değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri

Ürün	Önce		Sonra		14 Gün Sonra		P
	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	
OPLB	0,33 ^a \pm 0,19	0,25	0,55 ^a \pm 0,28	0,60	0,27 ^a \pm 0,17	0,30	0,091 ^{**}
OPLGO	0,40 ^a \pm 0,28	0,35	0,71 ^b \pm 0,18	0,80	0,38 ^a \pm 0,15	0,40	0,002^{**}
OPL16	0,26 ^a \pm 0,11	0,20	0,85 ^b \pm 0,38	1,00	0,43 ^c \pm 0,14	0,40	0,001[*]
TBL	0,32 ^a \pm 0,15	0,35	0,35 ^a \pm 0,14	0,30	0,38 ^a \pm 0,10	0,40	0,394 [*]
CV	0,36 ^a \pm 0,15	0,30	0,40 ^a \pm 0,10	0,40	0,34 ^a \pm 0,08	0,40	0,472 ^{**}

*: tek yönlü tekrarlı ANOVA, **: Friedman testi sonucu.

Aynı satırda yer alan a,b,c: Zamanlar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

OLPGO ve OPL16 kullanıldığında zamanların sodyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.16.'da gösterilmiştir. OPLGO ve OPL16 kullanıldığında beyazlatma sonrası sodyum değerleri başlangıç ve 14 gün sonraya göre daha yüksektir.

Tablo 4.16. OPLGO ve OPL16 kullanıldığında zamanların sodyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Ürün	Zaman	Test İstatistiği	St. Hata	Düzeltilmiş p ⁺
OPLGO	Önce – Sonra	-1,292	0,408	0,005
	Önce - 14 gün sonra	-0,083	0,408	1,000
	Sonra - 14 gün sonra	1,208	0,408	0,009
		Ortalama Fark	St. Hata	p⁺⁺
OPL16	Önce – Sonra	-0,592	0,120	<0,001
	Önce - 14 gün sonra	-0,175	0,051	0,006
	Sonra - 14 gün sonra	0,417	0,134	0,010

+: Dunn-Bonferroni testi, ++: LSD testi sonuçları.

Stronsiyum (Sr)

Beş ürünün stronsiyum değerleri Tablo 4.17.'de gösterilmiştir. OPLGO, OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanlar arasında stronsiyum değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık varken ($p=0,010$; $p=0,004$; $p=0,002$; $p=0,003$; Tablo 4.17), OPLB kullanıldığında değişim anlamlı değildir ($p=0,187$; Tablo 4.17).

Tablo 4.17. Stronsiyum değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri

Ürün	Önce		Sonra		14 Gün Sonra		P
	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	
OPLB	0,24 ^a \pm 0,19	0,20	0,41 ^a \pm 0,25	0,35	0,33 ^a \pm 0,17	0,40	0,187 ^{**}
OPLGO	0,19 ^a \pm 0,14	0,10	0,38 ^b \pm 0,14	0,40	0,38 ^b \pm 0,12	0,40	0,010^{**}
OPL16	0,22 ^a \pm 0,12	0,25	0,38 ^b \pm 0,15	0,40	0,39 ^b \pm 0,07	0,40	0,004^{**}
TBL	0,23 ^a \pm 0,11	0,25	0,48 ^b \pm 0,14	0,50	0,38 ^b \pm 0,05	0,40	0,002^{**}
CV	0,23 ^a \pm 0,13	0,20	0,47 ^b \pm 0,16	0,40	0,37 ^b \pm 0,12	0,40	0,003[*]

*: tek yönlü tekrarlı ANOVA, **: Friedman testi sonucu.

Aynı satırda yer alan a,b: Zamanlar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

OPLGO, OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanların stronsiyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.18.'de gösterilmiştir. OPLGO, OPL16, TBL ve CV kullanıldığında beyazlatma sonrası stronsiyum değerleri başlangıca göre daha yüksekken, 14 gün sonra ile benzerdir.

Tablo 4.18. OPLGO, OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanların stronsiyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Ürün	Zaman	Test İstatistiği	St. Hata	Düzeltilmiş p ⁺
OPLGO	Önce – Sonra	-0,917	0,408	0,025
	Önce - 14 gün sonra	-1,083	0,408	0,008
	Sonra - 14 gün sonra	-0,167	0,408	0,683
OPL16	Önce – Sonra	-0,958	0,408	0,019
	Önce - 14 gün sonra	-1,167	0,408	0,004
	Sonra - 14 gün sonra	-0,208	0,408	0,610
TBL	Önce – Sonra	-1,375	0,408	0,001
	Önce - 14 gün sonra	-0,875	0,408	0,032
	Sonra - 14 gün sonra	0,500	0,408	0,221
		Ortalama Fark	St. Hata	p⁺⁺
CV	Önce – Sonra	-0,233	0,073	0,009
	Önce - 14 gün sonra	-0,133	0,056	0,035
	Sonra - 14 gün sonra	0,100	0,051	0,074

+: Dunn-Bonferroni testi, ++: LSD testi sonuçları.

Magnezyum (Mg)

Beş ürünün magnezyum değerleri Tablo 4.19.'da gösterilmiştir. OPL16 kullanıldığında zamanlar arasında magnezyum değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık varken (p=0,026; Tablo 4.19), diğer ürünlerde değişim anlamlı değildir (tüm p>0,05; Tablo 4.19).

Tablo 4.19. Magnezyum değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri

Ürün	Önce		Sonra		14 Gün Sonra		p ⁺
	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	
OPLB	0,10 ^a \pm 0,04	0,10	0,14 ^a \pm 0,07	0,10	0,13 ^a \pm 0,09	0,10	0,223
OPLGO	0,15 ^a \pm 0,12	0,10	0,13 ^a \pm 0,09	0,10	0,11 ^a \pm 0,03	0,10	0,798
OPL16	0,07 ^a \pm 0,05	0,10	0,09 ^a \pm 0,05	0,10	0,13 ^a \pm 0,05	0,10	0,026
TBL	0,08 ^a \pm 0,06	0,10	0,11 ^a \pm 0,05	0,10	0,10 ^a \pm 0,04	0,10	0,565
CV	0,08 ^a \pm 0,04	0,10	0,10 ^a \pm 0,06	0,10	0,11 ^a \pm 0,05	0,10	0,368

+: Friedman testi sonucu.

Aynı satırda yer alan a,b: Zamanlar arası anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

OPL16 kullanıldığında zamanların magnezyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.20.'de gösterilmiştir. OPL16 kullanıldığında zamanlar arasında magnezyum değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık çıksa bile ikili karşılaştırma sonucunda zamanlar arasında fark olmadığı görülmüştür (tüm $p > 0,05$; Tablo 4.20).

Tablo 4.20. OPL16 kullanıldığında zamanların magnezyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Zaman	Test İstatistiği	St. Hata	Düzeltilmiş p^{++}
Önce – Sonra	-0,333	0,408	1,000
Önce - 14 gün sonra	-0,792	0,408	0,157
Sonra - 14 gün sonra	-0,458	0,408	0,785

+: Dunn-Bonferroni testi sonuçları.

Silisyum (Si)

Beş ürünün silisyum değerleri Tablo 4.21.'de gösterilmiştir. OPLB, OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanlar arasında silisyum değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık varken ($p=0,042$; $p<0,001$; $p=0,002$; $p=0,001$; Tablo 4.21), OPLGO kullanıldığında değişim anlamlı değildir ($p=0,907$; Tablo 4.21).

Tablo 4.21. Silisyum değerlerinin ortalama, standart sapma ($\pm SS$) ve ortanca değerleri

Ürün	Önce		Sonra		14 Gün Sonra		p^+
	Ortalama $\pm SS$	Ortanca	Ortalama $\pm SS$	Ortanca	Ortalama $\pm SS$	Ortanca	
OPLB	0,11 ^a $\pm 0,14$	0,10	0,26 ^b $\pm 0,16$	0,20	0,13 ^{ab} $\pm 0,10$	0,15	0,042
OPLGO	0,23 ^a $\pm 0,17$	0,10	0,21 ^a $\pm 0,05$	0,20	0,24 ^a $\pm 0,18$	0,20	0,907
OPL16	0,13 ^a $\pm 0,06$	0,10	0,40 ^b $\pm 0,24$	0,40	0,26 ^{ab} $\pm 0,25$	0,20	<0,001
TBL	0,11 ^a $\pm 0,03$	0,10	0,23 ^b $\pm 0,09$	0,20	0,14 ^{ab} $\pm 0,05$	0,10	0,002
CV	0,09 ^a $\pm 0,03$	0,10	0,22 ^b $\pm 0,14$	0,20	0,13 ^{ab} $\pm 0,07$	0,10	0,001

+: Friedman testi sonucu.

Aynı satırda yer alan a,b: Zamanlar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p < 0,05$).

OPLB, OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanların silisyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.22.'de gösterilmiştir. OPLB, OPL16, TBL ve CV kullanıldığında beyazlatma sonrası silisyum değerleri öncesine

göre daha yüksektir. Beyazlatma sonrası ve 14 gün sonrası silisyum ölçümleri benzerdir.

Tablo 4.22. OPLB, OPL16, TBL ve CV kullanıldığında zamanların silisyum değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Ürün	Zaman	Test İstatistiği	St. Hata	Düzeltilmiş p ⁺
OPLB	Önce – Sonra	-0,958	0,408	0,019
	Önce - 14 gün sonra	-0,417	0,408	0,307
	Sonra - 14 gün sonra	0,542	0,408	0,185
OPL16	Önce – Sonra	-1,417	0,408	0,002
	Önce - 14 gün sonra	-0,708	0,408	0,248
	Sonra - 14 gün sonra	0,708	0,408	0,248
TBL	Önce – Sonra	-1,167	0,408	0,013
	Önce - 14 gün sonra	-0,458	0,408	0,785
	Sonra - 14 gün sonra	0,708	0,408	0,248
CV	Önce – Sonra	-1,042	0,408	0,032
	Önce - 14 gün sonra	-0,333	0,408	1,000
	Sonra - 14 gün sonra	0,708	0,408	0,248

+: Dunn-Bonferroni testi sonuçları.

Potasyum (K)

Beş ürünün potasyum değerleri Tablo 4.23.'te gösterilmiştir. Tüm ürünlerde potasyum değerlerinin zamana bağlı olarak değişmediği görülmüştür (tüm p>0,05; Tablo 4.23).

Tablo 4.23. Potasyum değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri

Ürün	Önce		Sonra		14 Gün Sonra		p ⁺
	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	
OPLB	0,03 ^a \pm 0,05	0,00	0,08 ^a \pm 0,11	0,10	0,04 ^a \pm 0,09	0,00	0,328
OPLGO	0,09 ^a \pm 0,11	0,05	0,05 ^a \pm 0,07	0,00	0,10 ^a \pm 0,17	0,05	0,495
OPL16	0,01 ^a \pm 0,03	0,00	0,08 ^a \pm 0,11	0,05	0,05 ^a \pm 0,08	0,00	0,114
TBL	0,03 ^a \pm 0,05	0,00	0,04 ^a \pm 0,08	0,00	0,06 ^a \pm 0,05	0,10	0,368
CV	0,01 ^a \pm 0,03	0,00	0,04 ^a \pm 0,07	0,00	0,05 ^a \pm 0,05	0,05	0,156

+: Friedman testi sonucu.

Aynı satırda yer alan a,b: Zamanlar arası anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Azot (N)

Beş ürünün azot değerleri Tablo 4.24.'te gösterilmiştir. Tüm ürünlerde azot değerlerinin zamana bağlı olarak değişiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür (tüm $p < 0,05$; Tablo 4.24).

Tablo 4.24. Azot değerlerinin ortalama, standart sapma (\pm SS) ve ortanca değerleri

Ürün	Önce		Sonra		14 Gün Sonra		p ⁺
	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	Ortalama \pm SS	Ortanca	
OPLB	2,48 ^a \pm 3,49	0,00	0,00 ^a \pm 0,00	0,00	15,78 ^b \pm 26,39	6,15	<0,001
OPLGO	0,29 ^{ab} \pm 0,86	0,00	0,00 ^a \pm 0,00	0,00	3,77 ^b \pm 5,77	1,30	0,002
OPL16	2,02 ^a \pm 1,18	2,45	0,00 ^b \pm 0,00	0,00	6,65 ^a \pm 6,61	6,05	0,001
TBL	2,21 ^{ab} \pm 1,76	2,40	0,00 ^a \pm 0,00	0,00	5,11 ^b \pm 4,46	5,30	0,001
CV	2,77 ^{ab} \pm 2,66	2,35	0,00 ^a \pm 0,00	0,00	5,48 ^b \pm 5,62	4,55	0,003

+: Friedman testi sonucu.

Aynı satırda yer alan a,b: Zamanlar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p < 0,05$).

Zamanların azot değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.25.'te gösterilmiştir. Genel olarak, 14 gün sonraki azot miktarının beyazlatma sonrasına göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 4.25. Zamanların azot değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Ürün	Zaman	Test İstatistiği	St. Hata	Düzeltilmiş p ⁺
OPLB	Önce – Sonra	0,458	0,408	0,785
	Önce - 14 gün sonra	-1,083	0,408	0,024
	Sonra - 14 gün sonra	-1,542	0,408	<0,001
OPLGO	Önce – Sonra	0,542	0,408	0,554
	Önce - 14 gün sonra	-0,667	0,408	0,307
	Sonra - 14 gün sonra	-1,208	0,408	0,009
OPL16	Önce – Sonra	1,208	0,408	0,009
	Önce - 14 gün sonra	-0,083	0,408	1,000
	Sonra - 14 gün sonra	-1,292	0,408	0,005
TBL	Önce – Sonra	0,792	0,408	0,157
	Önce - 14 gün sonra	-0,542	0,408	0,554
	Sonra - 14 gün sonra	-1,333	0,408	0,003
CV	Önce – Sonra	0,958	0,408	0,057
	Önce - 14 gün sonra	-0,208	0,408	1,000
	Sonra - 14 gün sonra	-1,167	0,408	0,013

+: Dunn-Bonferroni testi sonuçları.

Kalay (Sn)

Beş ürünün kalay değerleri Tablo 4.26.'da gösterilmiştir. OPLGO kullanıldığında zamanlar arasında kalay değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık varken ($p=0,024$; Tablo 4.26), diğer ürünlerde ise zamana bağlı olarak değişiminin anlamlı olmadığı (tüm $p>0,05$; Tablo 4.26) görülmüştür.

Tablo 4.26. Kalay değerlerinin ortalama, standart sapma ($\pm SS$) ve ortanca değerleri

Ürün	Önce		Sonra		14 Gün Sonra		p ⁺
	Ortalama $\pm SS$	Ortanca	Ortalama $\pm SS$	Ortanca	Ortalama $\pm SS$	Ortanca	
OPLB	0,17 ^a $\pm 0,23$	0,05	0,11 ^a $\pm 0,16$	0,05	0,20 ^a $\pm 0,20$	0,10	0,486
OPLGO	0,83 ^a $\pm 1,41$	0,10	0,05 ^{ab} $\pm 0,07$	0,00	0,03 ^b $\pm 0,07$	0,00	0,024
OPL16	0,07 ^a $\pm 0,12$	0,00	0,05 ^a $\pm 0,09$	0,00	0,06 ^a $\pm 0,07$	0,05	0,861
TBL	0,17 ^a $\pm 0,21$	0,10	0,10 ^a $\pm 0,13$	0,05	0,08 ^a $\pm 0,08$	0,10	0,458
CV	0,17 ^a $\pm 0,25$	0,05	0,01 ^a $\pm 0,03$	0,00	0,04 ^a $\pm 0,07$	0,00	0,069

+: Friedman testi sonucu.

Aynı satırda yer alan a,b: Zamanlar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

OPLGO kullanıldığında zamanların kalay değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.27.'de gösterilmiştir. OPLGO kullanıldığında beyazlatma öncesi kalay miktarının 14 gün sonrakine göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 4.27. OPLGO kullanıldığında zamanların kalay değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Zaman	Test İstatistiği	St. Hata	Düzeltilmiş p ⁺
Önce – Sonra	0,667	0,408	0,102
Önce - 14 gün sonra	0,833	0,408	0,041
Sonra - 14 gün sonra	0,167	0,408	0,683

+: Dunn-Bonferroni testi sonuçları.

4.2. Renk Farklılıklarının Değerlendirilmesi- ΔE

Beş beyazlatma ürününün renk farklılığı (ΔE) ölçümleri Tablo 4.28.'de gösterilmiştir. İki yönlü karma ANOVA sonucunda ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($F=23,896$; $p<0,001$). Beş beyazlatma ürünü arasında renk değişimi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($F=3,444$; $p=0,014$). ΔE ve beyazlatma ürünü etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($F=1,948$; $p=0,083$).

Tablo 4.28. Renk farklılıklarının ortalama ve standart sapma (\pm SS) değerleri

Ürün	Renk			p ⁺
	Δ E1	Δ E2	Δ E3	
OPLB	10,89 ^{aA} \pm 3,50	10,08 ^{bA} \pm 3,48	9,41 ^{cAB} \pm 3,29	<0,001
OPLGO	6,61 ^{aB} \pm 3,60	5,97 ^{bC} \pm 3,28	5,72 ^{bC} \pm 3,23	0,020
OPL16	10,21 ^{aA} \pm 5,14	9,71 ^{aAB} \pm 5,06	9,57 ^{aAB} \pm 5,06	0,112
TBL	10,38 ^{aA} \pm 3,37	10,17 ^{aA} \pm 3,33	10,07 ^{aA} \pm 3,36	0,615
CV	7,08 ^{aB} \pm 2,99	6,87 ^{aBC} \pm 3,01	6,69 ^{aBC} \pm 2,98	0,410
p⁺⁺	0,015	0,014	0,015	

İki yönlü karma ANOVA +: renk farklılığı karşılaştırılması, ++: ürünlerin karşılaştırılması sonuçları.

Aynı satırda yer alan a,b,c: Δ E'ler arası anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Aynı sütunda yer alan A,B,C: Ürünler arası anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Δ E1: Beyazlatma öncesi ve sonrası renk değişimi

Δ E2: Beyazlatma öncesi ve 7 gün sonrası renk değişimi

Δ E3: Beyazlatma öncesi ve 14 gün sonrası renk değişimi

Δ E'lerin Karşılaştırması

OPLB ve OPLGO kullanıldığında renk farkında zamana bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir değişim ortaya çıkarken (p<0,001; p=0,020; Tablo 4.28); OPL16, TBL ve CV kullanıldığında anlamlı bir değişim ortaya çıkmamaktadır (p=0,112; p=0,615; p=0,410; Tablo 4.28). Diğer bir değişle, OPL16, TBL ve CV kullanıldığında anlamlı bir renk değişimi olmamaktadır.

OPLB ve OPLGO dikkate alındığında Δ E değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.29.'da gösterilmiştir.

Tablo 4.29. Δ E'lerin renk farklılıkları bakımından ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Ürün	Renk	Ortalama Fark	St. Hata	p ⁺
OPLB	Δ E1 - Δ E2	0,809	0,245	0,002
	Δ E1 - Δ E3	1,477	0,305	<0,001
	Δ E2 - Δ E3	0,668	0,155	<0,001
OPLGO	Δ E1 - Δ E2	0,647	0,245	0,011
	Δ E1 - Δ E3	0,892	0,305	0,005
	Δ E2 - Δ E3	0,245	0,155	0,120

+: LSD testi sonucu.

OPLB kullanıldığında, başlangıç ile beyazlatma sonrasındaki (Δ E1), başlangıç ile 1 hafta sonrasındaki (Δ E2) ve başlangıç ile 14 gün sonra arasındaki

($\Delta E3$) renk farkları arasında anlamlı bir farklılık olduğu ve renk farklılığının zamanla azaldığı görülmüştür.

OPLGO kullanıldığında, başlangıç ile 1 hafta sonrasındaki ($\Delta E2$) ve başlangıç ile 14 gün sonra arasındaki ($\Delta E3$) renk farklarının benzer olduğu ($p=0.120$; Tablo 4.29) ve başlangıç ile beyazlatma sonrasındaki ($\Delta E1$) renk farklılığından daha az olduğu görülmüştür.

Ürünlerin Karşılaştırması

Tüm ΔE 'lerde ürünler çeşitleri arasında renk farklılığı bakımından anlamlı bir fark vardır ($p=0,015$; $p=0,014$; $p=0,015$; Tablo 4.28).

Tablo 4.30. Ürünlerin renk farklılıkları bakımından ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Renk	Ürün	Ortalama Fark	St. Hata	p ⁺
$\Delta E1$	OPLB – OPLGO	4,271	1,548	0,008
	OPLB - OPL16	0,675	1,548	0,665
	OPLB – TBL	0,509	1,548	0,744
	OPLB – CV	3,805	1,548	0,017
	OPLGO - OPL16	-3,596	1,548	0,024
	OPLGO – TBL	-3,763	1,548	0,018
	OPLGO – CV	-0,467	1,548	0,764
	OPL16 – TBL	-0,166	1,548	0,915
	OPL16 – CV	3,130	1,548	0,048
	TBL – CV	3,296	1,548	0,038
$\Delta E2$	OPLB – OPLGO	4,109	1,512	0,009
	OPLB - OPL16	0,364	1,512	0,810
	OPLB – TBL	-0,089	1,512	0,953
	OPLB – CV	3,207	1,512	0,038
	OPLGO - OPL16	-3,745	1,512	0,016
	OPLGO – TBL	-4,198	1,512	0,007
	OPLGO – CV	-0,902	1,512	0,553
	OPL16 – TBL	-0,454	1,512	0,765
	OPL16 – CV	2,843	1,512	0,065
	TBL – CV	3,296	1,512	0,034
$\Delta E3$	OPLB – OPLGO	3,687	1,494	0,017
	OPLB - OPL16	-0,156	1,494	0,917
	OPLB – TBL	-0,663	1,494	0,659
	OPLB – CV	2,717	1,494	0,074
	OPLGO - OPL16	-3,843	1,494	0,013
	OPLGO – TBL	-4,350	1,494	0,005
	OPLGO – CV	-0,970	1,494	0,519
	OPL16 – TBL	-0,507	1,494	0,736
	OPL16 – CV	2,873	1,494	0,060
	TBL – CV	3,380	1,494	0,028

+: LSD testi sonucu.

ΔE 'ler dikkate alındığında ürünlerin renk farkına göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.30.'da gösterilmiştir. Genel olarak, OPLB, OPL16 ve TBL'nin benzer özellik gösterdiği, OPLGO ve CV'nin benzer özellik gösterdiği görülmüştür.

4.3. CIEDE2000 Renk Farklılıklarının Değerlendirilmesi- ΔE_{00}

Beş beyazlatma ürününün CIEDE2000 renk farklılığı ölçümleri Tablo 4.31.'de gösterilmiştir. İki yönlü karma ANOVA sonucunda ΔE_{00} değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($F=19,521$; $p<0,001$). Beş beyazlatma ürünü arasında CIEDE2000 renk değişimi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($F=2,971$; $p=0,027$). ΔE_{00} ve beyazlatma ürünü etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($F=1,908$; $p=0,083$).

Tablo 4.31. Renk farklılıklarının ortalama ve standart sapma ($\pm SS$) değerleri

Ürün	CIEDE2000 Renk			p^+
	ΔE_{001}	ΔE_{002}	ΔE_{003}	
OPLB	6,69 ^{aA} $\pm 2,19$	6,22 ^{bA} $\pm 2,18$	5,77 ^{cA} $\pm 2,17$	<0,001
OPLGO	4,05 ^{aC} $\pm 2,22$	3,71 ^{bC} $\pm 2,06$	3,56 ^{bB} $\pm 2,03$	0,046
OPL16	6,31 ^{aA} $\pm 3,36$	6,02 ^{aAB} $\pm 3,29$	5,94 ^{aA} $\pm 3,30$	0,136
TBL	6,03 ^{aAB} $\pm 2,00$	5,90 ^{aAB} $\pm 1,97$	5,85 ^{aA} $\pm 1,99$	0,652
CV	4,26 ^{aBC} $\pm 2,02$	4,14 ^{aBC} $\pm 2,04$	4,06 ^{aAB} $\pm 2,03$	0,597
p^{++}	0,023	0,027	0,035	

İki yönlü karma ANOVA +: renk farklılığı karşılaştırılması, ++: ürünlerin karşılaştırılması sonuçları.

Aynı satırda yer alan a,b,c: ΔE_{00} 'lar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Aynı sütunda yer alan A,B,C: Ürünler arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

ΔE_{001} : Beyazlatma öncesi ve sonrası renk değişimi

ΔE_{002} : Beyazlatma öncesi ve 7 gün sonrası renk değişimi

ΔE_{003} : Beyazlatma öncesi ve 14 gün sonrası renk değişimi

ΔE_{00} 'ların Karşılaştırması

OPLB ve OPLGO kullanıldığında renk farkında zamana bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir değişim ortaya çıkarken ($p<0,001$; $p=0,046$; Tablo 4.31); OPL16, TBL ve CV kullanıldığında anlamlı bir değişim ortaya çıkmamaktadır ($p=0,136$; $p=0,652$; $p=0,597$; Tablo 4.31). Diğer bir deyişle, OPL16, TBL ve CV kullanıldığında anlamlı bir renk değişimi olmamaktadır.

Tablo 4.32. ΔE_{00} 'ların renk farklılıkları bakımından ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Ürün	Renk	Ortalama Fark	St. Hata	p ⁺
OPLB	$\Delta E_{001} - \Delta E_{002}$	0,477	0,147	0,002
	$\Delta E_{001} - \Delta E_{003}$	0,927	0,198	<0,001
	$\Delta E_{002} - \Delta E_{003}$	0,450	0,118	<0,001
OPLGO	$\Delta E_{001} - \Delta E_{002}$	0,348	0,147	0,021
	$\Delta E_{001} - \Delta E_{003}$	0,496	0,198	0,015
	$\Delta E_{002} - \Delta E_{003}$	0,148	0,118	0,215

+: LSD testi sonucu.

OPLB ve OPLGO dikkate alındığında ΔE_{00} değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.32.'de gösterilmiştir. OPLB kullanıldığında, başlangıç ile beyazlatma sonrasındaki (ΔE_{001}), başlangıç ile 1 hafta sonrasındaki (ΔE_{002}) ve başlangıç ile 14 gün sonra arasındaki (ΔE_{003}) renk farkları arasında anlamlı bir farklılık olduğu ve renk farklılığının zamanla azaldığı görülmüştür.

OPLGO kullanıldığında, başlangıç ile 1 hafta sonrasındaki (ΔE_{002}) ve başlangıç ile 14 gün sonra arasındaki (ΔE_{003}) renk farklarının benzer olduğu ($p=0,215$) ve başlangıç ile beyazlatma sonrasındaki (ΔE_{001}) renk farklılığından daha az olduğu görülmüştür.

Ürünlerin Karşılaştırması

Tüm ΔE_{00} 'larda ürünler çeşitleri arasında renk farklılığı bakımından anlamlı bir fark vardır ($p=0,023$; $p=0,027$; $p=0,035$; Tablo 4.31).

ΔE_{00} 'lar dikkate alındığında ürünlerin renk farkına göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.33.'te gösterilmiştir. Genel olarak, OPLB, OPL16 ve TBL'nin benzer özellik gösterdiği, OPLGO ve CV'nin benzer özellik gösterdiği bulunmuştur.

Tablo 4.33. Ürünlerin CIEDE2000 renk değişimi bakımından ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Renk	Ürün	Ortalama Fark	St. Hata	p ⁺
ΔE_{001}	OPLB - OPLGO	2,641	0,985	0,010
	OPLB - OPL16	0,381	0,985	0,700
	OPLB - TBL	0,663	0,985	0,504
	OPLB - CV	2,431	0,985	0,017
	OPLGO - OPL16	-2,259	0,985	0,026
	OPLGO - TBL	-1,978	0,985	0,049
	OPLGO - CV	-0,209	0,985	0,833
	OPL16 - TBL	0,281	0,985	0,776
	OPL16 - CV	2,05	0,985	0,042
	TBL - CV	1,769	0,985	0,078
ΔE_{002}	OPLB - OPLGO	2,512	0,965	0,012
	OPLB - OPL16	0,196	0,965	0,839
	OPLB - TBL	0,315	0,965	0,745
	OPLB - CV	2,073	0,965	0,036
	OPLGO - OPL16	-2,315	0,965	0,020
	OPLGO - TBL	-2,197	0,965	0,027
	OPLGO - CV	-0,439	0,965	0,651
	OPL16 - TBL	0,118	0,965	0,903
	OPL16 - CV	1,877	0,965	0,057
	TBL - CV	1,758	0,965	0,074
ΔE_{003}	OPLB - OPLGO	2,209	0,962	0,026
	OPLB - OPL16	-0,170	0,962	0,860
	OPLB - TBL	-0,087	0,962	0,928
	OPLB - CV	1,708	0,962	0,082
	OPLGO - OPL16	-2,380	0,962	0,017
	OPLGO - TBL	-2,296	0,962	0,020
	OPLGO - CV	-0,502	0,962	0,604
	OPL16 - TBL	0,083	0,962	0,931
	OPL16 - CV	1,878	0,962	0,056
	TBL - CV	1,795	0,962	0,068

+: LSD testi sonucu.

4.4. ΔWI_D Bulguları

Beş ürünün ΔWI_D değerleri Tablo 4.34.'te gösterilmiştir. İki yönlü karma ANOVA sonucunda ΔWI_D değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur (F=18,613; p<0,001). Beş beyazlatma ürünü arasında ΔWI_D bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur (F=5,730; p=0,001). ΔWI_D ve beyazlatma ürünü etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (F=0,466; p=0,791).

Tablo 4.34. ΔWI_D değerlerinin ortalama ve standart sapmaları ($\pm SS$)

Ürün	ΔWI_D			p^+
	ΔWI_{D1}	ΔWI_{D2}	ΔWI_{D3}	
OPLB	9,76 ^{aA} ±6,54	9,44 ^{aA} ±5,70	8,72 ^{bA} ±5,20	< 0,001
OPLGO	4,33 ^{ab} ±2,81	4,04 ^{ab} ±2,03	3,54 ^{bb} ±1,96	< 0,001
OPL16	9,65 ^{aA} ±4,44	8,99 ^{bA} ±4,36	8,75 ^{cA} ±4,36	0,028
TBL	11,27 ^{aA} ±4,64	10,91 ^{aA} ±4,58	10,69 ^{aA} ±4,62	0,176
CV	8,07 ^{aA} ±2,55	7,66 ^{aA} ±2,58	7,33 ^{bA} ±2,45	0,016
p^{++}	0,002*	0,001*	< 0,001*	

İki yönlü karma ANOVA +: ΔWI_D karşılaştırılması, ++: ürünlerin karşılaştırılması sonuçları.

Aynı satırda yer alan a,b,c: ΔWI_D 'ler arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Aynı sütunda yer alan A,B: Ürünler arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

ΔWI_{D1} : Beyazlatma öncesi ve sonrası renk değişimi

ΔWI_{D2} : Beyazlatma öncesi ve 7 gün sonrası renk değişimi

ΔWI_{D3} : Beyazlatma öncesi ve 14 gün sonrası renk değişimi

ΔWI_D 'lerin Karşılaştırması

OPLB, OPLGO, OPL16 ve CV kullanıldığında ΔWI_D değerlerinde zamana bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir değişim ortaya çıkarken (tüm $p<0,05$; Tablo 4.34); TBL kullanıldığında anlamlı bir değişim ortaya çıkmamaktadır ($p=0,176$; Tablo 4.34).

OPLB, OPLGO, OPL16 ve CV dikkate alındığında ΔWI_D değerlerine göre ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.35.'te gösterilmiştir.

Tablo 4.35. ΔWI_D 'lerin ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

Ürün	ΔWI_D	Ortalama Fark ⁺	St. Hata	p^{++}
OPLB	$\Delta WI_{D1} - \Delta WI_{D2}$	0,007	0,017	0,697
	$\Delta WI_{D1} - \Delta WI_{D3}$	0,041	0,019	0,034
	$\Delta WI_{D2} - \Delta WI_{D3}$	0,034	0,007	< 0,001
OPLGO	$\Delta WI_{D1} - \Delta WI_{D2}$	0,011	0,017	0,530
	$\Delta WI_{D1} - \Delta WI_{D3}$	0,046	0,019	0,016
	$\Delta WI_{D2} - \Delta WI_{D3}$	0,036	0,007	< 0,001
OPL16	$\Delta WI_{D1} - \Delta WI_{D2}$	0,035	0,017	0,047
	$\Delta WI_{D1} - \Delta WI_{D3}$	0,048	0,019	0,013
	$\Delta WI_{D2} - \Delta WI_{D3}$	0,014	0,007	0,041
CV	$\Delta WI_{D1} - \Delta WI_{D2}$	0,024	0,017	0,170
	$\Delta WI_{D1} - \Delta WI_{D3}$	0,042	0,019	0,030
	$\Delta WI_{D2} - \Delta WI_{D3}$	0,018	0,007	0,007

+ : Logaritmik dönüşüm uygulandıktan sonraki ortalamalar arası fark değerleri, ++: LSD testi sonucu.

OPLB, OPLGO ve CV kullanıldığında, başlangıç ile beyazlatma sonrasındaki (ΔWI_{D1}), başlangıç ile 1 hafta sonrasındaki (ΔWI_{D2}) değerlerin benzer olduğu ve

başlangıç ile 14 gün sonra (ΔWI_{D3}) arasındaki değişimden daha yüksek olduğu görülmüştür.

OPL16 kullanıldığında, tüm ΔWI_D değerleri arasında fark olduğu ve bu farkın zamanla azaldığı görülmüştür.

Ürünlerin Karşılaştırması

Tüm ΔWI_D 'lerde ürünler çeşitleri arasında WI_D farklılığı bakımından anlamlı bir fark vardır ($p=0,002$; $p=0,001$; $p<0,001$; Tablo 4.34). ΔWI_D değerleri dikkate alındığında ürünlerin ikili olarak karşılaştırılması sonuçları Tablo 4.36.'da gösterilmiştir. Genel olarak, OPLB, OPL16, TBL ve CV'nin ΔWI_D değerlerinin benzer ve OPLGO'dan daha yüksek olduğu bulunmuştur.

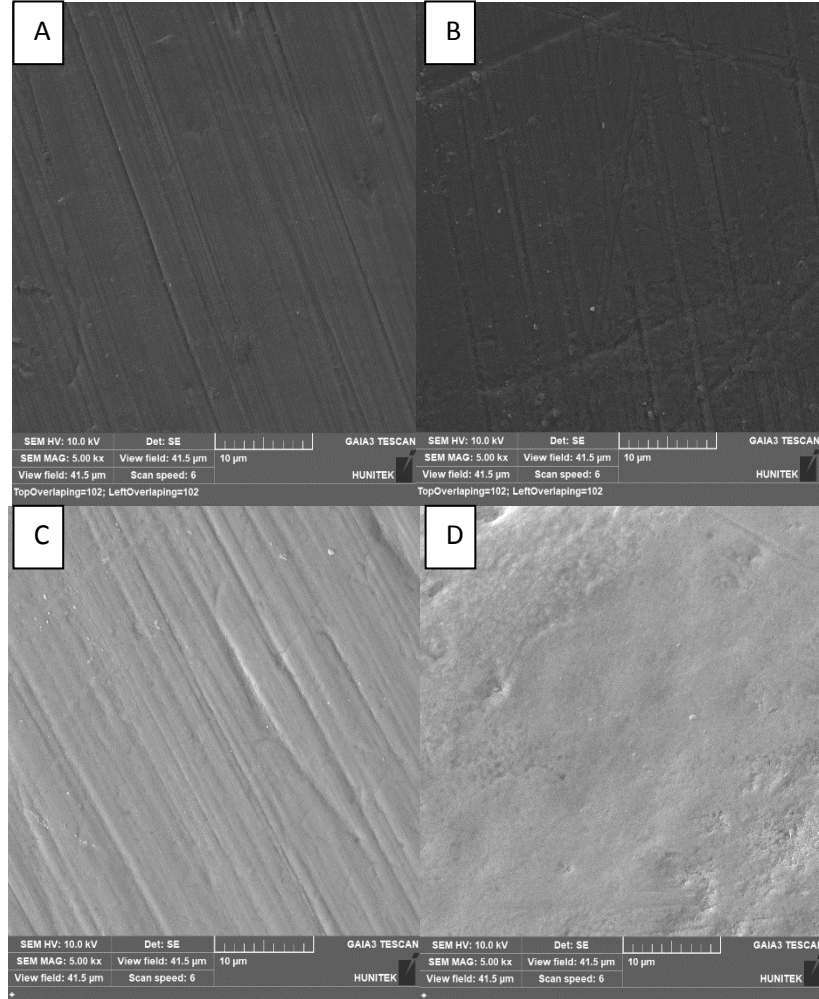
Tablo 4.36. Ürünlerin ΔWI_D bakımından ikili olarak karşılaştırılması sonuçları

ΔWI_D	Ürün	Ortalama Fark ⁺	St. Hata	p ⁺⁺
ΔWI_{D1}	OPLB – OPLGO	0,291	0,095	0,003
	OPLB - OPL16	-0,019	0,095	0,838
	OPLB – TBL	-0,105	0,095	0,274
	OPLB – CV	0,049	0,095	0,608
	OPLGO - OPL16	-0,311	0,095	0,002
	OPLGO – TBL	-0,396	0,095	<0,001
	OPLGO – CV	-0,242	0,095	0,014
	OPL16 – TBL	-0,085	0,095	0,373
	OPL16 – CV	0,068	0,095	0,474
	TBL – CV	0,154	0,095	0,111
ΔWI_{D2}	OPLB – OPLGO	0,295	0,087	0,001
	OPLB - OPL16	0,008	0,087	0,923
	OPLB – TBL	-0,095	0,087	0,282
	OPLB – CV	0,066	0,087	0,452
	OPLGO - OPL16	-0,287	0,087	0,002
	OPLGO – TBL	-0,39	0,087	<0,001
	OPLGO – CV	-0,229	0,087	0,011
	OPL16 – TBL	-0,103	0,087	0,242
	OPL16 – CV	0,058	0,087	0,511
	TBL – CV	0,160	0,087	0,070
ΔWI_{D3}	OPLB – OPLGO	0,297	0,086	0,001
	OPLB - OPL16	-0,012	0,086	0,888
	OPLB – TBL	-0,118	0,086	0,176
	OPLB – CV	0,050	0,086	0,563
	OPLGO - OPL16	-0,309	0,086	0,001
	OPLGO – TBL	-0,414	0,086	<0,001
	OPLGO – CV	-0,247	0,086	0,006
	OPL16 – TBL	-0,105	0,086	0,224
	OPL16 – CV	0,062	0,086	0,472
TBL – CV	0,167	0,086	0,056	

+: Logaritmik dönüşüm uygulandıktan sonraki ortalamalar arası fark değerleri, ++: LSD testi sonucu.

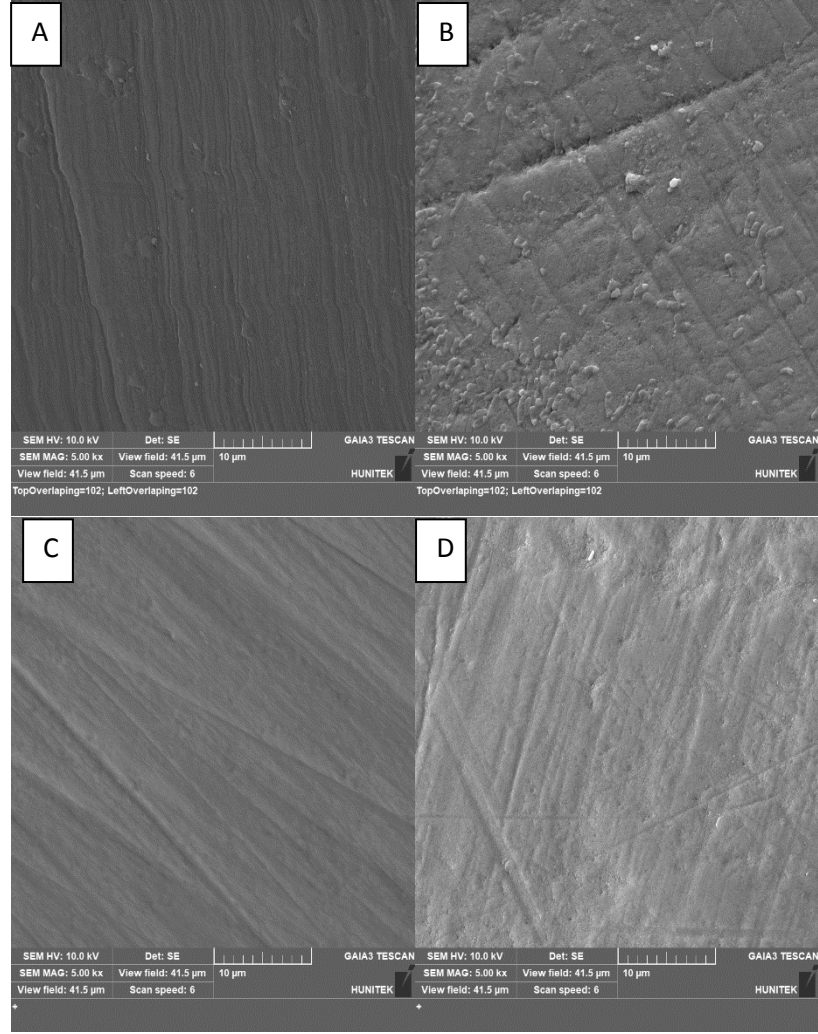
4.5. Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) Bulguları

Her grup için birer adet beyazlatma ajanı uygulanmamış, beyazlatma ajanı uygulandıktan hemen sonrası, beyazlatma ajanı uygulandıktan 7 gün sonrası ve beyazlatma ajanı uygulandıktan 14 gün sonrası mine yüzey görüntüleri gösterilmektedir.



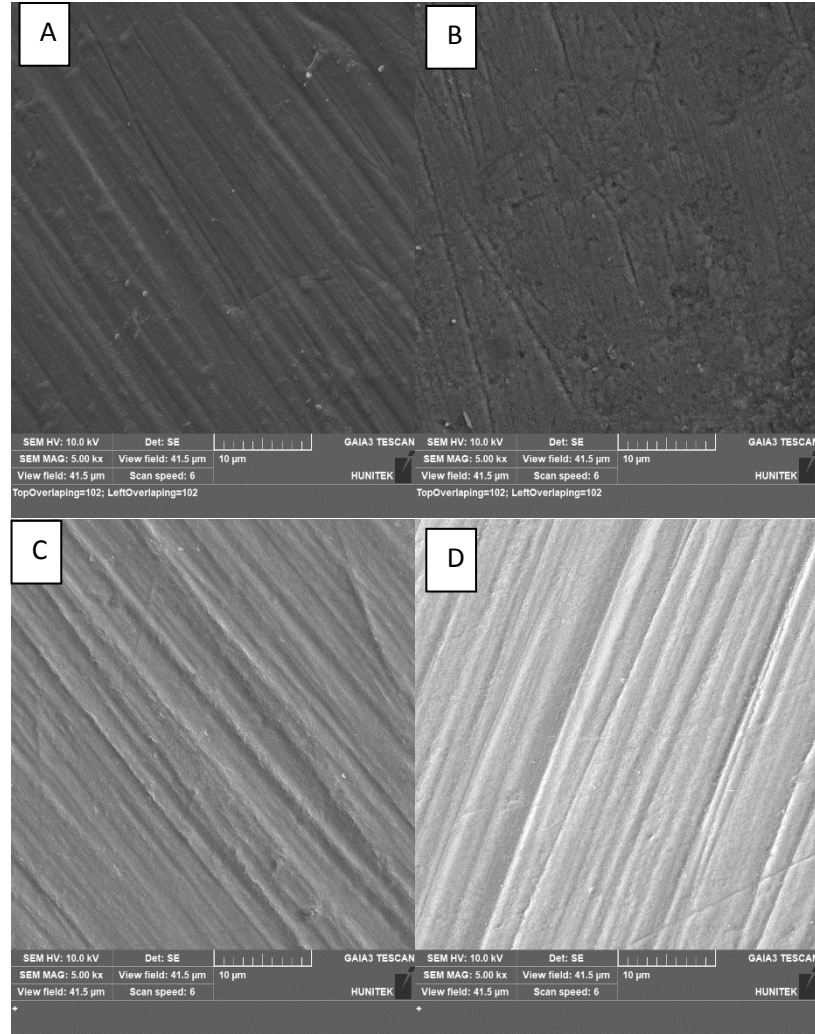
Şekil 4.1. Opalescence Boost PF %40 (OPLB) SEM görüntüleri; **A.** Beyazlatma yapılmamış mine örneği görüntüsü, **B.** Beyazlatmadan hemen sonra mine örneği görüntüsü, **C.** Beyazlatmadan 7 gün sonra mine örneği görüntüsü, **D.** Beyazlatmadan 14 gün sonra mine örneği görüntüsü

Opalescence Boost PF %40 (OPLB) grubunda Şekil 4.1.B.'de beyazlatma uygulanmış mine yüzeyi gösterilmiştir ve beyazlatma uygulanmamış (Şekil 4.1.A) mineye göre çizgilenmelerde ve gözeneklilikte artış görülmüştür. Mine örneği tükürükte bekletildikten sonraki SEM görüntülerinde (Şekil 4.1.C, Şekil 4.1.D) mine yüzeyinin beyazlatma uygulanmamış haline yaklaştığı görülmüştür.



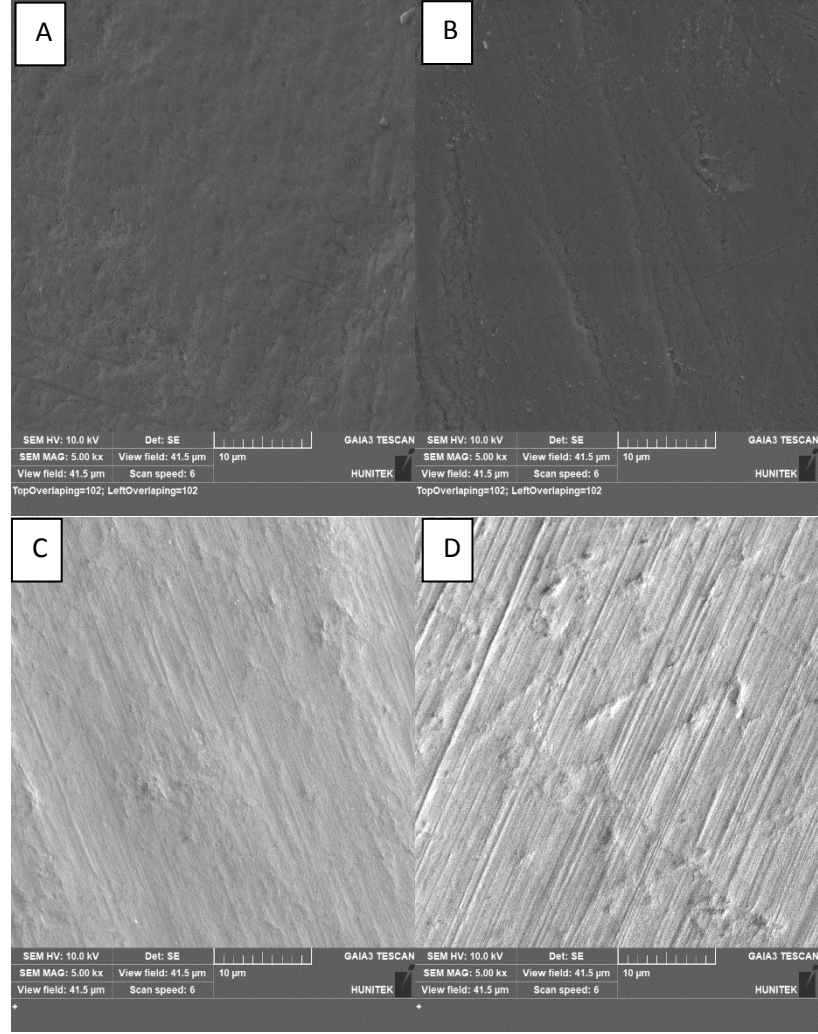
Şekil 4.2. Opalescence Go %6 (OPLGO) SEM görüntüleri; **A.** Beyazlatma yapılmamış mine örneği görüntüsü, **B.** Beyazlatmadan hemen sonra mine örneği görüntüsü, **C.** Beyazlatmadan 7 gün sonra mine örneği görüntüsü, **D.** Beyazlatmadan 14 gün sonra mine örneği görüntüsü

Opalescence Go %6 (OPLGO) grubunda, mine yüzeyinde oluşan değişiklikler SEM görüntüleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Beyazlatma uygulanmış mine yüzeyi (Şekil 4.2.B) beyazlatma uygulanmamış mine yüzeyi (Şekil 4.2.A) ile karşılaştırıldığında gözeneklilikte artış ve yüzey düzensizlikleri, mineral kaybına işaret eden hafif çöküntüler görülmüştür. Mine örneği tükürükte bekletildikten sonra SEM görüntülerinde (Şekil 4.2.C, Şekil 4.2.D) mine yüzeyinin beyazlatma uygulanmamış haline yaklaştığı görülmüştür.



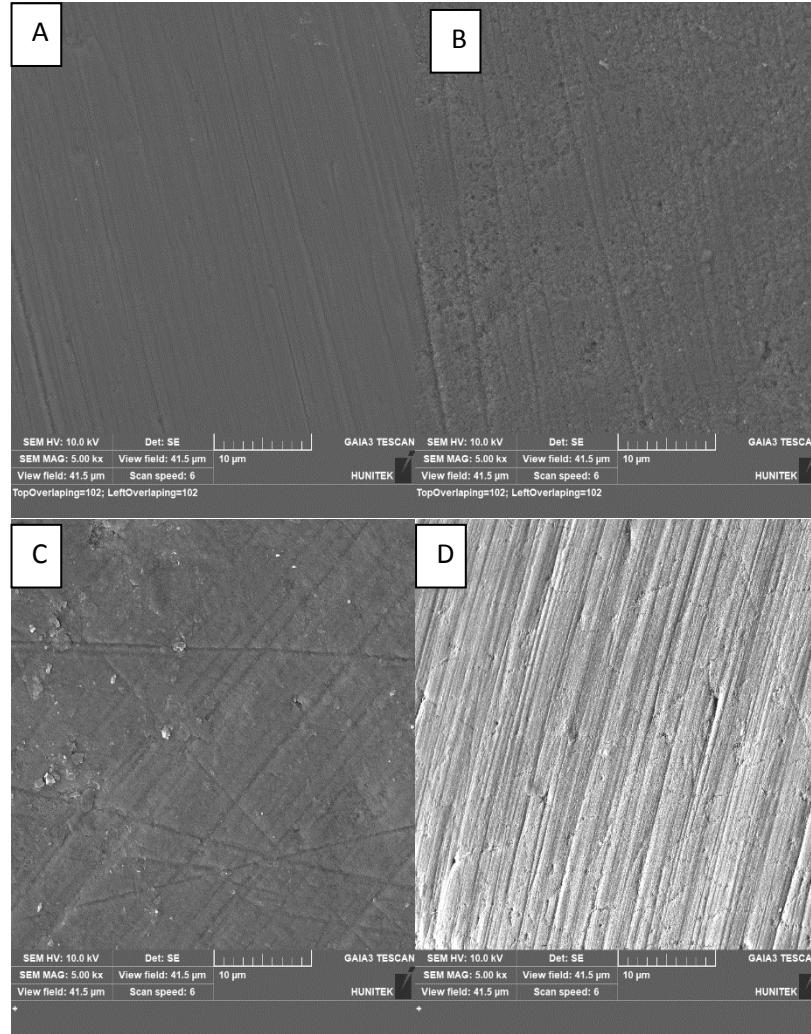
Şekil 4.3. Opalescence PF %16 (OPL16) SEM görüntüleri; **A.** Beyazlatma yapılmamış mine örneği görüntüsü, **B.** Beyazlatmadan hemen sonra mine örneği görüntüsü, **C.** Beyazlatmadan 7 gün sonra mine örneği görüntüsü, **D.** Beyazlatmadan 14 gün sonra mine örneği görüntüsü

Opalescence PF %16 (OPL16) grubunda beyazlatma uygulanmamış mine yüzeyinin SEM görüntüsü (Şekil 4.3.A) beyazlatma uygulanmış mine yüzeyi (Şekil 4.3.B) ile karşılaştırıldığında, uygulanma yapılmış minede gözeneklilikte artış ve yüzey düzensizlikleri, mineral kaybına işaret eden hafif çöküntüler görülmüştür. Mine örneği tükürükte bekletildikten sonraki SEM görüntülerinde (Şekil 4.3.C ve Şekil 4.3.D) mine yüzeyinin beyazlatma uygulanmamış haline yaklaştığı görülmüştür.



Şekil 4.4. Total Blanc Office H35 (TBL) SEM görüntüleri; **A.** Beyazlatma yapılmamış mine örneği görüntüsü, **B.** Beyazlatmadan hemen sonra mine örneği görüntüsü, **C.** Beyazlatmadan 7 gün sonra mine örneği görüntüsü, **D.** Beyazlatmadan 14 gün sonra mine örneği görüntüsü

Total Blanc Office H35 (TBL) grubunda beyazlatma uygulanmamış mine yüzeyi (Şekil 4.4.A) beyazlatma uygulanmış mine yüzeyi (Şekil 4.4.B) ile karşılaştırıldığında, beyazlatma uygulanmış minede gözeneklilikte ve çizgilenmelerde artış görülmüştür. Mine örneği tükürükte bekletildikten sonraki SEM görüntülerinde (Şekil 4.4.C ve Şekil 4.4.D) mine yüzeyinin beyazlatma uygulanmamış haline yaklaştığı görülmüştür.



Şekil 4.5. Cavex Bite&White %25 Office (CV) SEM görüntüleri; **A.** Beyazlatma yapılmamış mine örneği görüntüsü, **B.** Beyazlatmadan hemen sonra mine örneği görüntüsü, **C.** Beyazlatmadan 7 gün sonra mine örneği görüntüsü, **D.** Beyazlatmadan 14 gün sonra mine örneği görüntüsü

Cavex Bite&White %25 Office (CV) grubunda beyazlatma uygulanmış minede (Şekil 4.5.B) beyazlatma uygulanmamış mineye göre (Şekil 4.5.A) gözeneklilikte ve çizgilenmelerde artış görülmüştür. Mine örneği 7 gün tükürükte bekletildiğinde bu görüntü fazla değişmemiştir (Şekil 4.5.C). Mine örneği 14 gün tükürükte bekletildikten sonra ise (Şekil 4.5.D) SEM görüntülerinde mine yüzeyinin beyazlatma uygulanmamış haline yaklaştığı ve çizgilenmelerde azalmalar olduğu görülmüştür.

5. TARTIŞMA

Diş beyazlatma, güvenliği, etkinliği ve hastaların estetik beklentilerinde yüksek etkisi nedeniyle günümüz diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan konservatif bir tekniktir. Bu teknik diş hekimliğinde rutin bir prosedür haline geldiğinden, diş beyazlatmanın niceliği ve etkinliği estetik diş hekimliğinde bir endişe kaynağıdır (193). Çağdaş beyazlatma materyalleri tipik olarak ya HP'den ya da KP'den oluşur.

Bu tez çalışmasında %40, %35, %25 konsantrasyonlarda HP içeren üç farklı ofis tipi beyazlatma ajanı, %6 HP içeren OTC ürünü ve %16 KP içeren ev tipi beyazlatma ajanı kullanılarak mineral ve renk değişimi, beyazlatma öncesi, beyazlatma sonrası, beyazlatmadan 7 gün sonra ve beyazlatmadan 14 gün sonra olmak üzere değerlendirilmiştir. Beyazlatma uygulamalarında ofis tipi, ev tipi ve OTC beyazlatma materyalleri yaygın olarak kullanıldığından, farklı konsantrasyonlardaki ajanların etkilerini incelemek amacıyla çalışmamızda bu beyazlatma ajanları tercih edilmiştir.

Teknolojideki gelişmelerle piyasaya sürülen yeni ürünlerin etkilerini anlayabilmek için *in vitro* çalışmalar yapmak gerekmektedir (194). *In vitro* çalışmalar, klinik çalışmalara göre daha hızlı tamamlanabilmektedir, maliyetleri düşüktür ve daha kolay yürütülebilmektedirler. Fakat klinik koşulları tam anlamıyla yansıtmakta yeterli olmazlar ve bulunan sonuçların, klinik çalışmalarla bağdaştırılması zor olabilmektedir (195). *In vitro* çalışmalarla birlikte materyaller ve tedavi yöntemleri hakkında bilgi edinebilmektedir. Ayrıca farklı değişkenler standardize edilip parametreler ile ilgili anlamlı sonuçlara ulaşılabilmektedir (194, 196).

Sığır, domuz, koyun benzeri canlıların dişlerinin histolojik ve morfolojik bakımdan insan dişleri ile benzer olduğu bildirilmiştir (197, 198). Temin edilmesinin kolay ve boyutlarının büyük olmasından dolayı birçok araştırmacı *in vitro* çalışmalarda sığır dişlerini tercih etmektedir (199-201).

Sığır dişi minesi, insan dişi minesine göre benzer Ca/P oranı, organik bileşim ve rehidrasyon potansiyeli sunar. Fakat insan dişi minesine göre sığır dişi minesinin daha az mineralize ve daha poröz yapıda olduğu bildirilmiştir (202). Sığır dişleriyle yapılan laboratuvar testlerinde elde edilen sonuçların, test edilen tedaviler arasında geçerli bir karşılaştırma sağlayabilmesine rağmen, klinik koşullara göre doğrudan tahmin edilemeyebileceğinin altı çizilmelidir.

Cvikl ve ark.'nın (203) beyazlatma sonrası minedeki renk, yüzey sertliği, elastik modülü ve yüzey pürüzlülüğü değişimini inceledikleri çalışmalarında insan dişi kullanmıştır. Pinto ve ark. da (204) yüksek ve düşük konsantrasyonlarda HP ile beyazlatılmış minedeki Ca ve P içeriğini değerlendirdiği çalışmalarında aynı şekilde insan dişlerini tercih etmiştir. Bu tez çalışmasında ideal ve gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmek, klinik koşulları daha iyi yansıtmak için üst anterior insan dişleri tercih edilmiştir. Dişlerin standardizasyonu için, kullanılan dişlerin çatlak ve çürük olup olmadığı, örneklerin saklandığı ortam göz önüne alınmıştır.

Analiz ve renk ölçümü öncesi dişlerin saklanma koşulları, verilerin doğruluğu bakımından önemlidir. Çekilen dişlerin çalışmaya başlanana kadar geçen sürede dehidratasyonunu önlemek için belirli solüsyonlarda bekletilmesi önerilmektedir. Bu solüsyonlardan biri distile sudur (205). Ayrıca saklama ortamında mikroorganizmaların çoğalmasını önlemek için etanol, timol, formol, sodyum hipoklorit, glutraldehit gibi antimikrobiyaller eklenebilmektedir (205). Bu tez çalışmasında kullanılan dişler köklerindeki periodontal artıklar temizlenerek %0,1'lik timol içinde bir hafta süreyle bekletilmiştir, sonrasında çalışma başlayana kadar dişler distile suda saklanmış olup distile su düzenli olarak değiştirilmiştir. Bu çalışmaya benzer şekilde, beyazlatma ajanlarının etkilerini değerlendiren ve sığır dişleri üzerinde yürütülen bazı çalışmalarda, dişleri dezenfekte etmek amacıyla %0,1'lik timol solüsyonu kullanılmıştır (206, 207). Borges ve ark. (208) yüksek konsantrasyonlu HP jellerinin (%35-40) beyazlatma etkinliğini, mine mikrosertliğini ve pürüzlülüğünü farklı uygulama protokolleri kullanarak değerlendirdiği çalışmalarında, sığır dişlerini aynı şekilde %0,1'lik timol solüsyonunda saklamıştır.

Çalışmalar, *in vitro* koşullarda yapıldığında ağız ortamına benzer koşulların oluşturulması gereklidir. Yapay tükürük ağız ortamını iyi bir şekilde yansıttığından

dolayı birçok *in vitro* çalışmada kullanılmıştır (209-212). Kury ve ark. (213) renk ve beyazlık değişimini (CIELAB- ΔE_{ab} , CIEDE2000- ΔE_{00} , beyazlık indeksi- ΔWID) değerlendirdikleri bir çalışmalarında örnekleri 37°C'de yapay tükürükte bekletmiştir. Civkl ve ark. (203) ise farklı konsantrasyonlarda KP ve HP ile beyazlatma sonrası mine renk, yüzey sertliği, elastik modülü ve yüzey pürüzlülüğü değişimini değerlendirdiği çalışmalarında mine örneklerini, beyazlatma işlemleri ve ölçümler arasında mineralli bir solüsyonda bekletmiştir. Mineral solüsyonu içeriğinde, ağız ortamını simüle etmek için $CaCl_2$, KH_2PO_4 ve $NaCl$ bulunmaktadır. Aynı şekilde, bu *in vitro* tez çalışmasında da araştırma süresince örnekler üzerinde işlem yapılmadığı zamanlarda 37°C'de yapay tükürükte örnekler saklanmıştır.

Numunelerin yüzey morfolojisinin görsel olarak incelenmesinin en kolay yolu SEM olarak bilinir. Literatürdeki çalışmalara bakıldığında SEM cihazı çoğunlukla beyazlatmadan sonra mine yüzey morfolojisini incelemek için kullanılmıştır. SEM cihazı SPM ile kıyaslandığında büyük düzensizlikleri ve geniş görüş alanları olan örnekler için idealdir (214). SEM kullanarak yüzey morfolojisini araştıran çalışmaların çoğu, beyazlatma uygulamalarını takiben önemli bir değişiklik bulmamışlardır (215-217). Buna karşılık, Covington ve ark. (14) SEM incelemelerinde, beyazlatma uygulanmış minenin yüzey morfolojisinde değişikliklerin meydana geldiğini, ancak minenin bileşiminde önemli bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. Bitter ve ark. (127) ise SEM cihazı kullanarak üç farklı ev tipi beyazlatma ajanının uzun ve kısa süreli etkisini gözlemlemiştir. Sonuç olarak 30 saatlik uygulamanın mine yüzeyinde yüzey gözenekliliği, belirgin pörözite artışı ve uniform olmayan yüzey morfolojisi gibi farklılıklara yol açtığı bildirilmiştir. Bu tez çalışmasında ise, SEM altında incelenen örneklerde beyazlatma uygulaması sonrası mine üzerinde çiziklerde artma, yüzey gözenekliliği ve pörözite artışı gözlenmiştir. Zalkind ve ark. (218) çekilmiş insan dişlerinde altı farklı beyazlatma ajanının etkilerini SEM görüntüleri ile incelemişlerdir ve beyazlatma ajanlarının diş sert dokularının tamamında yüzey değişikliklerine neden olduğunu bildirmişlerdir. Beyazlatma uygulamaları sonrasında mine yüzey morfolojisini gözlemleyen araştırmaların bazılarında yüzey değişikliği olmadığı rapor edilirken, (11, 131, 219) bazı araştırmalarda ise mine yüzeyinde erozyon, gözeneklilik ve kraterler gibi morfolojik farklılıkların oluştuğu belirtilmektedir (8, 220, 221). Pimenta ve ark.

(222) farklı konsantrasyonda bulunan beyazlatma ajanlarıyla beyazlatma sonrası sıgır dişlerinin mine yüzeyindeki değişiklikleri SEM cihazı kullanarak değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Beyazlatma ajanlarının diş minesinin yapısında değişikliklere neden olabileceği, bu değişikliklerin diş yüzeyi ile temas süresi ve ajanın konsantrasyonu ile ilgili olduğu sonucuna varmışlardır (222).

SEM ve EDS *in vitro* çalışmalarda destekleyici yöntem olarak kullanılmaktadır (223). Örneklerin hazırlama aşamaları, altınla kaplama, örneklerin doğal yapısında dehidratasyona neden olmakta ve kaplama uygulamasına bağlı olarak bir miktar değişiklik meydana gelebilmektedir. Bu durumdan dolayı görüntüleme esnasında bazı artefaktlar oluşabilir (224, 225).

Diş sert dokularındaki morfolojik ve ultrastrüktürel değişimler farklı tekniklerle gözlenmektedir. Çalışmalarda mine yüzeyindeki mineral miktarları çoğunlukla EDS analizi ile ölçülmüştür (226-229). EDS, SEM ile birlikte element analizi yapmak veya kimyasal karakterizasyonu tespit etmek amacıyla kullanılan analitik bir yöntemdir (189). De-Melo ve ark. yaptıkları bir çalışmada EDS'nin standart kimyasal bileşen konsantrasyonlarına sahip örnekleri seçmek için yararlı bir teknik olabileceğini belirtmiştir (230).

Kobayashi ve ark.'nın (231) farklı beyazlatma ajanlarının mineral içeriği üzerindeki değişimleri karşılaştırdığı *in vitro* bir araştırmada, Ca, P ve Ca/P içerikleri (ağırlıkça % olarak), enerji dağıtıcı X-ışını spektroskopisi (EDS) kullanılarak beyazlatma işleminden sonra ölçülmüştür. Cavalli ve ark. (22) F veya Ca içeren yüksek konsantrasyonlarda HP uygulanan sağlam ve demineralize minenin kimyasal değişikliklerini değerlendirdiği çalışmasında beyazlatma işlemlerinden önce ve sonra, sağlam ve demineralize mine yüzeylerindeki Ca/P oranlarının ağırlığını ölçmek ve yüzey alanını haritalamak için mikro enerji dağıtıcı X-ışını floresan spektrometresi (μ -EDXRF) kullanmıştır. Coceska ve ark. (232) *in vitro* bir çalışmada HP ile diş beyazlatma sonrası mineral değişimini kütlece yüzde olarak EDS cihazını kullanarak araştırmıştır. Bu sebeplerden dolayı bu tez çalışmasında örneklerin mineral içeriğini incelemek için beyazlatma uygulaması öncesinde, hemen sonra ve beyazlatma uygulamasından sonra 14. günde EDS cihazı ile ölçüm yapılmıştır.

Bizim tez çalışmamızda farklı konsantrasyonlarda bir ofis tipi beyazlatma ajanı, bir ev tipi beyazlatma ajanı ve bir OTC ürünü kullanılmış olup; uygulama öncesi, uygulamadan hemen sonra ve uygulamadan sonra 14 gün tükürükte bekletilerek, ajanların minede meydana getirdiği mineral değişimi gözlemlenmiştir. Yapay tükürükte bekletme, minenin korunmasını sağlayabilmektedir (233).

Diş sert dokularının ana yapısı olan hidroksiapatit içerisinde Ca ve P bulunmaktadır (132). Bazı araştırmacılar beyazlatma ajanlarının, konsantrasyonlarının, dişteki Ca/P oranını değiştirdiğini ve diş sert dokularında Ca kaybına neden olduğunu rapor etmiştir (144, 234). Oluşan Ca kaybının, beyazlatma uygulamalarında organik ve inorganik elementlerin oksidasyonu ile meydana gelen serbest radikallerin aktivitesi ve beyazlatma ajanının asidik pH'sı olduğu belirtilmiştir (144, 234). Çalışmamızın sonucuna göre beyazlatma uygulanmış grupların bir kısmında, incelenen bazı minerallerin (Ca, P, C) seviyelerinde bir azalma gözlemlenmiş olduğundan 1. hipotez reddedilmiştir. Literatürde de beyazlatma uygulamalarından sonra Ca ve P seviyelerinin azaldığına dair birçok çalışma bulunmaktadır (16, 22, 126, 207, 235).

Eskelsen ve ark. (206) yapmış oldukları bir çalışmada, sığır dişlerinde %10 KP'le beyazlatma uygulamasından sonra Ca/P oranındaki değişimi incelemişlerdir. Beyazlatma uygulaması sonrası sağlam mine için Ca/P oranında bir fark gözlenmezken, hafif demineralize mine için Ca/P oranı azalmıştır. Sonuç olarak %10 KP'nin hafif demineralize minede mineral kaybını şiddetlendirdiği bildirilmiştir. Lee ve ark. (236) yapmış olduğu bir çalışmada, %30'luk HP içeren beyazlatma ajanının sığır dişlerinde 20 saat süreyle bekletilmesi sonucunda dişlerin Ca değerinde anlamlı bir azalma gözlenirken, P değerinde ise istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gözlenmemiştir. Pinto ve ark.'nın (204) yaptıkları çalışmada, insan dişlerinde yüksek konsantrasyonlu HP içeren ajanlar üç seans uygulanarak, düşük konsantrasyonlu HP içeren ajanlar ise 14 gün süreyle uygulanarak mineral içeriği bakımından karşılaştırılmıştır. Beyazlatma sırasında Ca ve P'deki değişikliklerin, kullanılan HP konsantrasyonundan bağımsız olarak meydana gelebildiğini gözlemlemişlerdir. Vilhena ve ark. (207) yapmış oldukları çalışmada, %10'luk KP ile yapılan beyazlatma uygulamasının ardından mine yüzeyinde oluşan mineral değişimi SEM-

EDS cihazı kullanarak gözlemlenmiştir. Ca ve P seviyelerinde beyazlatma uygulaması sonrasında azalma olduğu belirtilmiştir.

Pimenta ve ark.'nın (222) beyazlatma ajanları ile beyazlatma sonrası sığır dişlerinin mine yüzeyindeki değişiklikleri değerlendirdiği çalışmada yapay tükürük kullanmıştır. Beyazlatma sonrası dönemde yapay tükürük kullanan çalışmalar, tükürükteki aşırı doymuş mineraller nedeniyle başlangıç mikrosertlik değerlerinin geri kazanıldığını gözlemlemiştir (237-241). Klaric ve ark. (239) beş beyazlatma ajanının mine ve dentin yüzey mikrosertliği ve kimyasal bileşimi üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada, yapay tükürük ve amorf kalsiyum fosfatta örneklerin iki haftalık bekletilmesi sonucunda Ca, P ve F konsantrasyonlarının arttığını ve sert dokularda remineralizasyon meydana geldiğini bildirmişlerdir. Pinto ve ark. (204) beyazlatma ajanları uyguladıkları (Pola Office+, Opalescence Boost, Pola Day, and White Class) mine örneklerini, beyazlatma işleminden sonra 14 gün boyunca yapay tükürük içinde bekletmişlerdir ve minedeki Ca ve P'nin başlangıç değerlerine geri dönmediğini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızın sonuçlarında da beyazlatma sonrası 14 gün yapay tükürükte bekletmek TBL ve CV grubunda Ca ve P iyonlarında artış gözlemlenmesine neden olmuştur. Sadece CV grubunda başlangıç değerlerine geri dönüş gerçekleşmiştir.

Soares ve ark.'nın (235) çalışmalarında, %10'luk ve %16'lık KP beyazlatma ajanlarının uygulanmasından sonra, mine yüzeylerinde ağırlıkça Ca ve P minerallerinin yüzdeleri azalmıştır. Llana ve ark. (242) ise, %37,5 HP ve %35 KP beyazlatma ajanlarının mine ve dentin dokusunda Ca ve P minerallerinin değişimini değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak Ca ve P seviyelerinde azalma gözlemlenmiştir. McCracken ve Haywood, (221) %10 KP'ye maruz kalan insan minesinde, Ca kaybı rapor etmişlerdir. Elektron probu mikroanalizini kullanan Potocnik ve ark. (126), %10 KP'nin Ca konsantrasyonunu ve ayrıca tüm beyazlatma uygulanmış mine örneklerinin ortalama Ca/P oranını azalttığını göstermişlerdir. Çakır ve ark. (16) farklı konsantrasyonlarda KP içeren ev tipi beyazlatma ajanı uyguladıkları insan mine ve dentin örneklerinde beyazlatma uygulaması sonrası mine ve dentindeki Ca düzeylerinin önemli ölçüde azaldığını, ancak mine için P düzeylerinin etkilenmediğini bildirmişlerdir. Dentinde ise P düzeylerinde anlamlı bir düşüş rapor

etmişlerdir. Ca elementinin azalması, bu elementin beyazlatma ajanları tarafından çözünmesine bağlanabilir (16).

Sığır dişleri üzerinde yürütülen *in vitro* bir çalışmada, bir gruba beyazlatma uygulanmamış, diğer gruplara %35'lik HP içeren beyazlatma ajanı kullanılarak sırasıyla bir, üç ve beş kere beyazlatma uygulanmıştır (243). EDS analizi, beyazlatılmamış grup ile karşılaştırıldığında üç ve beş kere beyazlatma uygulanan gruplarda, Ca iyon yüzdelerinin anlamlı ölçüde düştüğünü göstermiştir. O ve P yüzdelerinin ise beyazlatma seanslarının sayısından bağımsız olarak hem beyazlatılmamış hem de beyazlatılmış gruplarda benzer olduğu belirtilmiştir (243).

Amaral ve ark. (244) insan minesindeki Ca ve P konsantrasyonunu *in vivo* olarak değerlendirmişlerdir. Ofis tipi (%35 ve %38) ve ev tipi (%10 ve %20) beyazlatma jellerini kullanarak beyazlatma tedavilerinden önce (başlangıçta), beyazlatma sırasında (7, 14 ve 21 gün) ve sonrasında (7 ve 14 gün) kesici dişlerden mine mikrobiyopsi örnekleri toplamışlar, ardından Ca ve P konsantrasyonlarını analiz etmişlerdir. Sonuç olarak, mineral içeriği değişimi açısından beyazlatma jelleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Cavalli ve ark. (22) yapmış oldukları çalışmada, beyazlatma ajanlarının Ca/P oranını düşürdüğünü fakat Ca ve/veya F içeren ajanların ilavesi ile remineralizasyona katkı sağlayacağı bildirmiştir. Bir *in vitro* çalışmada evde uygulanan %10 KP beyazlatma ajanına F ve Ca eklenmesinin etkisi araştırılmış ve sonuç olarak evde uygulanan beyazlatma ajanlarına F ve Ca ilavesinin mine mineral kaybını azaltabildiği bildirilmiştir (245). Chen ve ark. (246) florürlü beyazlatma ajanlarının ve beyazlatma sonrası F uygulama işleminin sığır minesindeki beyazlatma etkinliğini ve mikrosertliği değerlendirmiştir. Sonuç olarak florürlü beyazlatma ajanlarının, yüzey morfolojisi ve mikrosertliğinde daha az demineralizasyona sebep olduğu ve beyazlatma ajanlarına F ilavesinin, beyazlatma etkinliğini engellemediği belirlenmiştir.

Beyazlatma uygulamaları boyunca mine yüzeyinde oluşan mineral değişimlerini ve duyarlılık gibi beyazlatmanın olumsuz etkilerini önlemek için beyazlatma ajanlarına farklı konsantrasyonlarda amorf kalsiyum ve F⁻ iyonları

eklenmiştir (247-249). Bazı araştırmacılar, beyazlatma uygulaması yapılmış mine yüzeyine F içerikli maddeler uyguladıktan sonra yüzey özelliklerinde iyileşme gözlemlenmiş olsalar da bazıları artan mineral bileşeni bakımından faydalı bir etki bildirmemişlerdir (249, 250). akır ve ark. (16) beyazlatmadan sonra hem mine hem de dentin üzerinde F seviyelerinin arttığını rapor etmişlerdir. Bu artışın olası açıklaması, beyazlatma uygulamaları sırasında aşırı duyarlılığı veya demineralizasyonu önlemek için yakın zamanda geliştirilen F içeren beyazlatma ajanlarının kullanılması olabilir. Bir *in vitro* alışmada, ev tipi beyazlatma ajanlarına Ca ve F ilave etmenin, KP'nin mine yüzeyi ve yüzey altı demineralizasyonu üzerindeki olumsuz etkilerini ve ayrıca lezyon derinliğinin ilerlemesini en aza indirmeyi başardığı bildirilmiştir (245).

Bir *in vitro* alışma, (16, 251) KP'nin F veya Ca ile kombine edilmesinin, minenin yüzey mikrosertliğini etkilemediğini bildirmiştir. Aksine, bir X-ışını fotoelektron spektroskopisi alışması (16, 252) HP beyazlatma ajanlarındaki ilave sodyum florürün, mine yüzeylerinde florürlü HAP ve kalsiyum F kristalleri oluşturduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu mekanizmanın diş yüzeyindeki remineralizasyon sürecini hızlandırdığına inanılmaktadır. Florürlü beyazlatma ajanlarının diş beyazlatmanın olumsuz etkilerini azaltması beklenir (16, 246). Bu çalışmada, estetik diş hekimliğinde F elementlerini içeren beyazlatma ajanları kullanılmıştır. Çalışmamızın sonuçlarına göre diş minesini örneklerine, içeriğinde F bulunan (OPLB, OPLGO, OPL16) ve bulunmayan (TBL, CV) beyazlatma ajanlarının uygulamalarından sonra, OPLB grubunun F seviyelerinde beyazlatmadan sonra istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir. OPL16 kullanıldığında, beyazlatmadan sonra F seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmezken, beyazlatmadan 14 gün sonra ise istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. OPLGO, TBL ve CV gruplarında, beyazlatmadan sonra F seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. OPL16 grubunda ise, beyazlatmadan sonra F mineralinde anlamlı bir fark görülmezken, 14 gün tükürükte bekletildikten sonra F seviyesi artmıştır.

akır ve ark.'nın (16) alışmasında ise farklı konsantrasyonlarda KP içeren ev tipi beyazlatma ajanları, uygulandığı insan mine ve dentin örneklerinde

beyazlatma uygulaması sonrasında O seviyelerinde artışa neden olmuştur. Bu çalışmada tüm elementlerin miktarları kütle yüzdesi (%) olarak sunulduğundan, bu diğer elementlerin azalmasından etkilenebilecek nispi bir artış olabilir. Bizim çalışmamızda da tüm gruplarda beyazlatma sonrası O seviyelerinde artış gözlemlenmiştir.

Vilhena ve ark. (207) üç farklı uygulama süresinde %10'luk KP ile yapılan beyazlatma uygulamaları sırasında, mine yüzeyinde oluşan mineral değişimini incelemiştir. Sonuçta; O ile ilgili olarak, beyazlatma ajanının uygulama süresi boyunca konsantrasyonunda bir artış olmuştur. O seviyelerindeki artış muhtemelen peroksitin mineralize mine yapısı üzerindeki etkisi ile ilişkilidir (253, 254). Mg seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş gözlenmiştir. Ca ve P seviyeleriyle ilgili olarak, istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş tespit edilmiştir. K iyonunun konsantrasyon seviyelerinde de azalma gözlemlenmiştir. K'nin rolü henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. İki farklı çalışmadaki (16, 255) K yüzdesi azalması, bu çalışmadaki ile benzerdir. K'deki azalmanın, minenin organik bileşiklerindeki bir azalma ile ilişkili olabileceği öne sürülmüştür (207).

Rotstein ve ark. (134) çekilmiş insan küçük azı dişlerine beyazlatma ajanları uygulamış ve beyazlatma sonrası K seviyelerinde değişiklikler meydana gelse de, değişikliklerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını rapor etmişlerdir. K seviyelerinde anlamlı bir azalma, sadece KP ile beyazlatma uygulamasını takiben dentinde meydana gelmiştir. Başka bir laboratuvar çalışmasında ise, beyazlatma uygulamalarını takiben hem mine hem de dentinde K seviyelerinin azaldığı belirtilmiştir (16). Bizim çalışmamızda beyazlatma uygulamaları sonrası K seviyelerinde anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Literatüre bakıldığında beyazlatma uygulaması sonrasında Mg seviyelerini inceleyen az sayıda araştırma mevcuttur. Yapılan araştırmalarda Mg mineralinde oluşan değişimin mine yüzeyindeki suyun buharlaşmasından da olabileceğini belirtilmiştir (207, 232, 236, 256). Çakır ve ark. (16), beyazlatma uygulamalarından sonra Mg kaybını istatistiksel olarak anlamlı bulmamışlardır. HP'nin diş yüzeyi ile reaksiyonuyla birlikte oluşan demineralizasyon sonucunda Mg minerali diş

yüzeyinden ilk olarak ayrılır (257). Bizim çalışmamızda da beyazlatma uygulaması sonrası Mg kaybı istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Coceska ve ark. (232) HP ile diş beyazlatma uygulaması sonrası mineral değişimlerini araştırmış ve Na mineralinde anlamlı bir azalma gözlemişlerdir. Bizim çalışmamızda beyazlatma uygulamalarından sonra Na mineralinde OPLGO ve OPL16 gruplarında artış gözlemlenmiştir. Bu çalışmada tüm elementlerin miktarları kütle yüzdesi (%) olarak sunulduğundan, bu diğer elementlerin azalmasından etkilenebilecek nispi bir artış olarak değerlendirilebilir.

Lee ve ark. (236) tarafından yapılan bir çalışmada, %30 HP içeren beyazlatma ajanının sığır minesinde mineral kaybı açısından etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak Mg, Ca, P, F minerallerinde azalma gözlenirken, Zn mineralinde artış gözlenmiştir. Zn mineralinde beyazlatma uygulamasından sonra artışın nedeni Zn'nin kollajenin parçalanması için gerekli olan metalloproteinazları aktive etmesinden dolayı doku parçalanmasındaki rolü ile ilgili olabilir. F kaybı miktarının oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir ancak bu durumun yüksek dozda florürlü diş macunu kullanılarak telafi edebilir olduğunu düşünmüşlerdir. Ayrıca Ca kaybı miktarı, birkaç dakika boyunca meşrubat veya meyve suyuna maruz kalan dişlerdeki Ca kaybı miktarına benzer bulunmuştur. Bu nedenle, beyazlatma uygulamalarının neden olduğu mineral kayıplarının, dişler için tehdit edici bir faktör olmayacağı belirtilmiştir. Ruse ve ark. (258) sığır dişi örneklerini %35 HP'ye 60 sn daldırdıktan sonra sığır minesindeki kimyasal değişiklikleri araştırmış ve sonuç olarak P konsantrasyonunda hafif, önemsiz bir artış gözlemlenmiştir. N konsantrasyonunda önemli bir artış gözlemlerken, mineral yapısında artan O görülmemiştir.

Beyazlatma uygulamalarının mine yüzeyini etkilediğini öne süren *in vitro* bir çalışmada, farklı konsantrasyonlarda KP veya HP içeren altı beyazlatma jeli karşılaştırılmıştır (203). Sonuç olarak, altı beyazlatma jelinin tümü, peroksit konsantrasyonlarından bağımsız olarak mine örneklerini etkili bir şekilde beyazlatmıştır, ancak düşük peroksit konsantrasyonuna ve daha uzun temas süresine sahip jeller mine yüzeyini, yüzey sertliği ve yüzey pürüzlülüğü açısından olumsuz etkilemiştir (203). Beyazlatma uygulamalarından sonra oluşan olumlu estetik etkilerin yanında yapısal olarak olumsuz etkiler de meydana gelmektedir. Minede

yüzey pürüzlülüğünde artış, mineral kaybı, elastisite modülü, mikrosertlik, esneme ve kırılma dayanımında azalma gibi olumsuz etkilerin oluştuğu rapor edilmiştir (210, 259, 260). Beyazlatma ajanlarının oluşturduğu oksidasyon-redüksiyon reaksiyonunda meydana gelen serbest O ve üre, mine yüzeyinde erozyon ve pürüzlülüğe neden olabilmektedir (261, 262). Oluşan bu ara ürünler mine yapısına geçerek organik yapıdaki proteinlerin denatürasyonu ile interprizmatik alanı da etkileyebilir (261, 262). Arends ve ark. (261) oluşan bu ara ürünlerin mine yüzeyine penetre olarak geçirgenliğini artırıp yapısal değişikliklere neden olduğunu bildirmiştir. Ancak ortamın pH'sı alkali olursa olumsuz etkilerin azaltılabileceği rapor edilmiştir (29). Mine yapısının korunmasında beyazlatma ajanlarının nötral pH'ya yakın olması önemlidir (11, 127).

Demineralizasyon çalışmaları, beyazlatmaya maruz kalan diş minesindeki yüzey kusurlarını ve bozulmayı göstermiştir (130). Bir araştırmada ise daha fazla asit içeren beyazlatma ajanlarının mine sertliğini azalttığı, pH değeri nötr olan beyazlatma ajanlarının ise sertlikte artışa neden olduğu, bu nedenle beyazlatma ajanlarının pH'sının mineral kaybını etkileyebileceği belirtilmiştir (263). Sulieman ve ark. (131) beyazlatılmış mine ve/veya dentin üzerindeki olumsuz etkileri bildiren çalışmalarında, beyazlatma ajanının kendisinden değil, kullanılan formülasyonun pH'sından kaynaklanan bir etki olduğunu doğrulamıştır. Bu nedenle diş minesini üzerindeki zararlı etkileri azaltmak amacıyla diş beyazlatma jellerinin nötr olması önerilir.

Literatüre bakıldığında renk değişimini incelemek için iki ana teknik kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bu tekniklerden biri spektrofotometre kullanılarak yapılan nicel değerlendirme iken diğeri renk skalaları ile yapılan nitel değerlendirmedir (151, 264). Nitel değerlendirmelerin sonuçları kişiden kişiye değişmekle birlikte, aynı kişi tarafından yapılsa da farklı zamanlarda farklı sonuçlar gösterebilmektedir. Bundan dolayı subjektif hataları ortadan kaldırıp sayısal değerlerle daha kesin sonuçlara ulaşarak objektif değerlendirme yapabilmek için spektrofotometreler kullanılmaktadır (265).

Geleneksel yöntemlerle veya insan gözü ile yapılan incelemelerle spektrofotometreler kıyaslandığında spektrofotometrelerin %33 oranında daha

yüksek doğruluk gösterdiği ve vakaların %93,3'ünde daha nesnel eşleştirme sağladıkları rapor edilmiştir (266).

Spektrofotometreler, bir nesneden yansıtılan ya da iletilen görünür enerjinin miktarını, her defasında yalnızca bir dalga boyu olacak şekilde parlaklık, yoğunluk ve renk tonu için ayrı ayrı ölçüp kaydeder (182). Bu cihazların dezavantajı pahalı olmaları, komplike olmaları ve *in vivo* olarak kullanılmalarının zor olmasıdır (267). Bu çalışmada da standardizasyonu sağlayabilmek kıyaslanabilir ve daha güvenilir veriler elde etmek için spektrofotometre kullanılarak renk ölçümü yapılmıştır. Spektrofotometreler içinde en çok özdeş tekrarlayan renk belirlemesi sonuçlarıyla güvenilir bir cihaz VITA Easyshade (VITA Zahnfabrik)'dir (180, 268). VITA Easyshade hem VITAPAN Classic hem de VITA 3D Master skalarını referans alarak renk seçimi yapar. Birçok araştırmacı, VITA Easyshade ile geleneksel yöntemi kıyasladıklarında, VITA Easyshade ile yapılan renk ölçümlerinin daha güvenilir sonuçlar verdiğini rapor etmişlerdir (269-271). Witkowski ve ark. (272) Crystaleye (Olympus, Tokyo, Japonya) spektrofotometrenin, farklı gözlemci ve ışık kaynakları kullanıldığında bile istikrarlı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Pusateri ve ark. (273) farklı renk ölçüm cihazlarını güvenilirlik ve tekrarlanabilirlik açısından kıyasladıkları çalışmasında, spektrofotometrelerle yapılan ölçümlerde (Shade Vision and VITA Easyshade), kolorimetrelere göre daha güvenilir ve kesin sonuçlara ulaşılabileceğini bildirmişlerdir. Bu sonuçlar, Browning ve ark.'nın (274) sonuçlarını da desteklemektedir. Kanawati ve Richards da (275), VITA Easyshade'in *in vivo* kullanımlarda %85'lik doğruluk oranı olduğunu belirterek aynı sonuca ulaşmışlardır. Llena ve ark. (276) çalışmalarında, VITA Easyshade ve Spectro Shade Micro ile yapılan renk ölçümlerinin güvenilir ve tekrarlanabilir olduğunu, bu cihazların diş rengini belirlemek veya beyazlatma uygulamaları sonrası oluşan renk değişimlerini inceleyebilmek için klinikte kullanılabileceğini bildirmişlerdir. VITA Easyshade'in literatürde tekrarlanabilir sonuçlar elde etmek ve beyazlatma etkinliğini değerlendirilebilmek bakımından başarılı sonuçlar elde ettiği rapor edilmiştir (275, 276). Bu nedenle, bu çalışmada renk değişimlerinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan bir cihaz olan VITA Easyshade V ile renk ölçümleri yapılmıştır.

CIE Lab sisteminde ΔE değeri, iki nesne arasında algılanan renk farklılığının miktarını gösteren rakamsal bir değerdir. ΔE , dikkate değer renk farklılığını göstererek bir eşik değeri olma özelliğindedir (277). Renk farklılığının ΔE değeri ile belirtilmesi oldukça kullanışlıdır ve CIE Lab renk sistemine ideal bir renk tespit sistemi olma özelliği kazandırır (278). ΔE değerinin incelenmesiyle alakalı literatürde farklı görüşler bulunmaktadır. Birtakım araştırmacılar diş hekimliğinde renk farklılıklarının $\Delta E < 1$ ise zor fark edildiğini, $\Delta E > 1$ olduğunda fark edilebilir olduğunu, fakat kabul edilebilir ΔE değerinin 3,7' ye kadar çıkabileceğinin görüşündedir (279, 280). Kuehni 'ye göre (281) iki renk ölçümü arasında $\Delta E > 1$ bulgusu, renkte farklılık olduğunu ifade etmektedir. Renk farklılıklarının kabul edilebilirliği bakımından yapılan birçok çalışmada ise 3,3'lük ΔE değeri sınır olarak kabul edilmiştir (279, 282).

CIE L*a*b* renk sisteminde renk değişikliklerinin birimlerle anlatılması avantajdır (280, 283). Renk değişimleri Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission internationale de l'éclairage-CIE) tarafından belirlenen CIELAB formülü ile hesaplanabilir. Bu formülde hesaplanan değer ne kadar büyükse renk farkı da o kadar büyük olur ve sonuçta insan gözü için daha algılanabilir bir noktaya gelir. Hesaplanan ve algılanan renk farklılıkları arasındaki doğrulamayı iyileştirmeyi hedefleyen komisyon, renk farkı değerlendirmesinde aydınlatma ve görme durumlarının etkisinde düşünüldüğü parametreler ile CIEDE2000 formülünü oluşturmuştur (284). 2001 yılında CIE, CIELAB renk karakterizasyon sistemi formülünü geliştirerek CIEDE2000 olarak güncellenen bir formül öne sürmüştür (285). Bu formüllerin birbirleriyle uyumlu olduğunu belirten bir çalışmanın (286) yanında bir çalışmada ise insan gözünün algıladığı renk değişimlerini, CIEDE2000 formülünün CIELAB formülünden daha iyi yansıttığını belirtilmiştir (287). ΔE^*_{ab} ve ΔE_{00} ΔE hesaplanması için önerilen iki formüldür. CIEDE2000, CIELAB formülüyle kıyaslandığında renk uzayının bazı yerlerinde gelişmiş güvenilirlik faktörleri ortaya koymaktadır. Kabul edilebilirlik ve algılanabilirlik noktaları değerlendirilirken CIEDE2000 renk farklılığı hesaplama formülünün CIELAB formülüne göre daha iyi uyum gösterdiği rapor edilmiştir (288).

Son çalışmalar diş hekimliği araştırmalarında ve diğer diş hekimliği uygulamalarında CIEDE2000 renk farkı formülünün kullanılmasının beklendiğini bildirmiştir (288-290). Bir çalışma, ΔE_{ab} ve ΔE_{00} arasından ΔE_{00} 'in kullanılmasını önermiştir (291). Özellikle daha yeni olması nedeniyle çalışmamızda CIEDE2000 renk farklılığı hesaplama formülü de kullanılmıştır.

Son zamanlarda yapılmış iki farklı çalışma CIELAB2000 formülünü kullanarak renk farklılıklarını hesaplamıştır (208, 292). Borges ve ark. (208) yüksek konsantrasyonlu HP beyazlatma ajanlarını (%35-40) farklı uygulama protokolleri kullanarak yaptığı *in vitro* çalışmalarında ΔE ve ΔE_{00} (CIEDE2000) parametrelerinin her ikisini de kullanarak toplam renk değişimini hesaplamışlardır.

Dental materyallerdeki renk değişiminin ölçülmesinde kullanılan spektrofotometreler, nesneden yansıyan ışığın miktarını ve spektral bileşimini ölçerek sayısal verilere dönüştürür (293). Dental materyallerdeki renk değişiminin hesaplanmasında L^* , a^* ve b^* değerleri üzerinden CIELAB (ΔE_{ab}) ve CIEDE2000 formülünün (ΔE_{00}) kullanılmasına rağmen yeni bir beyazlık indeksi (WI_D) kullanılmaya başlanmıştır (52, 294). Son yıllardaki literatürlere bakıldığında ΔE_{00} ve ΔWI_D parametreleri sıkça kullanılmaktadır (193, 208, 213, 292). Bu tez çalışmasında renk değişimi ΔE 'nin yanında bu parametrelerle de hesaplamalar yapılmıştır. WI_D , üç CIE $L^*a^*b^*$ renk koordinatının değerleri kullanılarak elde edilen doğrusal bir formülasyondur (tek boyutlu renk özelliği). WI_D 'nin yüksek pozitif değerleri numunenin daha yüksek beyazlık değerlerini gösterirken, düşük (hatta negatif) değerler numunenin daha düşük beyazlık değerlerini gösterir. WI_D endeksi, karşılaştırılan ilgili görsel algı verileriyle korelasyon göstermiştir. Laboratuvar ve klinik koşullar altında test edilen diğer tüm beyazlık veya sarılık indekslerine göre geliştirilmiştir. Renk ayırımı için görsel eşikler, köklü kalite kontrol araçlarıdır.

Çalışmamızda ofis tipi beyazlatma ajanı olarak Opalescence Boost PF %40, Total Blanc Office %37,5 ve Cavex Bite&White %25; ev tipi beyazlatma ajanı olarak Opalescence PF %16; OTC ürünü olarak Opalescence Go %6 kullanılmıştır ve diş minesini üzerinde renk değişimini değerlendirilmiştir. ΔE parametresine göre renk değişimini zamana bağlı olarak değerlendirdiğimizde, OPLB ve OPLGO gruplarında renkte anlamlı bir geriye dönüş gözlemlenirken, OPL16, TBL ve CV

gruplarında ise renkte anlamlı bir geriye dönüş gözlemlenmemiştir. OPL16, TBL ve CV beyazlatma ürünleri, OPLB ve OPLGO' ya göre beyazlatmadan sonra renk stabilitesini daha iyi korumuştur.

Beş beyazlatma ürünü arasında CIEDE2000 ΔE_{00} parametresine göre beyazlatma öncesi ve beyazlatma sonrası renk değişimi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Renk değişimi bakımından ΔE_{00} değerlerine göre genel olarak, OPLB, OPL16 ve TBL'nin birbiriyle benzer, OPLGO ve CV'nin birbiriyle benzer, TBL ve CV'nin birbiriyle benzer beyazlatma gösterdiği, OPLB, OPL16 ve TBL'nin OPLGO ve CV'ye göre daha fazla beyazlatma sağladığı gözlemlenmiştir. Renk değişimini zamana bağlı olarak değerlendirdiğimizde ΔE parametresinin sonuçlarıyla ΔE_{00} parametresinin sonuçlarının benzer olduğu görülmüştür. WI_D parametresine göre değerlendirdiğimizde beş beyazlatma ürünü arasında ΔWI_D bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Beyazlık indeksine göre renk değişimi değerlendirildiğinde genel olarak, OPLB, OPL16, TBL ve CV'nin ΔWI_D değerlerinin benzer ve OPLGO'dan daha yüksek olduğu bulunmuştur. OPLGO'nun ΔWI_D değerinin düşük olmasının nedeni diğer beyazlatma ajanlarına göre daha düşük HP konsantrasyonuna sahip olması ve OTC ürünü olarak kullanılması olabilir. ΔWI_D parametresi görsel algılanabilir renk değişimini ifade ettiğinden dolayı diğer parametrelere göre farklı sonuç elde edilmiş olabilir. OPLB, OPLGO, OPL16 ve CV kullanıldığında ΔWI_D değerlerinde zamana bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir değişim ortaya çıkarken; TBL kullanıldığında anlamlı bir değişim ortaya çıkmamaktadır. Renk stabilitesini zamana bağlı olarak en iyi koruyan grup TBL'dir.

Bu sonuçlara ulaşmamızda, kullandığımız beyazlatma ajanlarının farklı konsantrasyonda olmasının etkili olduğu düşünülebilir. Literatürde beyazlatma ajanlarının renk değişimini inceleyen çok sayıda çalışma (208, 292, 295-297) olmasına rağmen, bu çalışma farklı konsantrasyonda ofis tipi, ev tipi ve OTC beyazlatma ajanını renk değişimi açısından (ΔE , ΔE_{00} , ΔWI_D) farklı parametreler ile değerlendiren, 14 gün boyunca renk değişimini inceleyen bir araştırmadır.

Literatürde düşük konsantrasyondaki HP içerikli beyazlatma ajanlarının, yüksek konsantrasyondaki beyazlatma ajanlarına göre aynı uygulama sürelerinde

daha az beyazlatma yapabildiği rapor edilmiştir (298, 299). Fakat, daha sonra yapılan çalışmalarda, 1-2 hafta gibi uygulama süresinde düşük ya da yüksek konsantrasyonda beyazlatma ajanlarının beyazlatma bakımından gözle görülebilir bir fark oluşturmadığı ifade edilmiştir (300, 301).

Ofis tipi beyazlatma ajanlarını (Pola Office Plus, Opalescence Boost, Whiteness HP) karşılaştıran *in vitro* bir çalışma, sıgır mine ve dentin örneklerinde kullanılan ajanların benzer renk değişimleri gösterdiğini rapor etmiştir (208). Martin ve ark.'nın (302) 2015 yılında ofis tipi beyazlatmanın performansına yönelik yaptıkları çalışmada, %6 HP + N katkılı titanyum dioksit içeren ve ışık ile aktive edilen beyazlatma ajanı ile %35 HP içeren beyazlatma ajanı split-mouth düzeni içinde uygulanmış ve renk değişimleri objektif olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak her iki beyazlatma ajanının da etkin beyazlatma sağladığı; fakat %35 HP içerikli ajanın diğer ajana göre daha fazla oranda dişi beyazlattığı bildirilmiştir. Lima ve ark.'nın (303) yapmış oldukları klinik çalışmada ise, %15 HP ve %35 HP içeren ajanlar ile ofis tipi beyazlatma tedavileri uygulanmıştır. Uygulamanın 2 seans 1 hafta arayla on beşer dakikalık 3 set şeklinde yapıldığı çalışmada sonuç olarak %35 HP ile ofis tipi beyazlatma tedavisinin, %15 HP ile yapılanı göre daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Klaric Sever ve ark. (296) yüksek HP konsantrasyonunda 2 ajan (%40 HP ve %30 HP) ve prefabrike plaklar ile uygulanan düşük konsantrasyonda (%6 HP) bir ajanın beyazlatma etkilerini incelemiş ve dişlerdeki renk değişiminin %40 ve %30 HP içeren beyazlatma ajanlarında %6 HP içeren gruptan anlamlı olarak daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Mushashe ve ark.'nın (297) yaptıkları *in vitro* çalışmada beyazlatmadan önce ve beyazlatmadan sonra renk değişimi CIELAB sistemi parametreleri kullanarak, farklı beyazlatma sistemlerinin beyazlatma etkinliğini karşılaştırmıştır ve beyazlatma protokollerinin dişlerin son rengini etkilediği ve daha uzun süre uygulanan düşük jel konsantrasyonlarının renkte daha fazla değişiklik sağladığını belirtmiştir. Kawamoto ve Tsujimoto (304) aynı şekilde daha yüksek konsantrasyonlarda HP çözeltilerinin, daha fazla miktarda serbest radikal sunarak beyazlatma potansiyelini arttırdığını bildirmişlerdir. Carlos ve ark.'nın (295) çalışmasında, ofis tipi ve ev tipi beyazlatma ajanlarının etkinliği, beyazlatma öncesi ve sonrasında renk ölçümleri CIELAB sistemi ve VITA klasik ölçeği kullanılarak

incelenmiş ve ofis tipi beyazlatma ajanının, ev tipi beyazlatma ajanından daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Auschill ve ark. (305) *in vivo* bir çalışmalarında tezgâh üstü beyazlatma sistemi, %10 KP içeren ev tipi beyazlatma sistemi ve %38 HP içeren ofis tipi beyazlatma sistemlerini kıyaslamışlardır ve ev tipi beyazlatma uygulamalarının daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Bu çalışmada, klinik koşullar taklit edilmeye çalışılarak, laboratuvar ortamında yüksek ve düşük konsantrasyondaki ajanlar karşılaştırılmış ve renk değişimleri incelenmiştir. %6'lık HP içeren, plakla uygulanan beyazlatma ajanının beyazlık indeksi (WI_D) değişimi, %40, %35 ve %25 HP içeren ofis tipi beyazlatma ajanlarından ve %16 KP'lik ev tipi beyazlatma ajanından daha az bulunmuştur. Dolayısıyla 2. hipotez reddedilmiştir.

Bu tez çalışmasına benzer şekilde, *in vitro* ortamda farklı tip beyazlatma sistemlerini karşılaştıran bir çalışma, elli adet sığır dişi örneğini 5 gruba ayırmıştır. Kontrol grubu deney süresince yapay tükürükte tutulmuş, %20 KP içeren grup 14 gün boyunca günde 2 saat uygulanmış, %9,5 HP içeren ajan 14 gün boyunca günde 30 dakika uygulanmış, %38 HP beyazlatma jeli üç kez 15 dakika boyunca (7 gün arayla toplamda 3 kez) uygulanmış, ve %45 KP ise her 7 günde bir 30 dakikalık üç seans uygulanmıştır. Beyazlatma prosedürlerinden sonra tüm gruplar yapay tükürük içinde tutulmuştur. Sonuç olarak bu çalışmada, %9,5 HP ve %45 KP beyazlatma ajanları, %38 HP ve %20 KP'ye kıyasla biraz daha düşük beyazlatma göstermiştir. %20 KP, %45 KP'e göre daha düşük bir KP konsantrasyonuna sahip olsa bile, muhtemelen beyazlatma uygulaması sırasında dişlerle daha uzun temas süresi nedeniyle daha büyük bir renk değişikliğine neden olduğunu rapor etmişlerdir (306). Borges ve ark. (307) yapmış oldukları bir çalışmada, sığır kesici dişlerinden mine ve dentin örnekleri hazırlanıp HP konsantrasyonuna göre 20%, 25%, 30%, 35%, kontrol ve kalınlaştırıcı olmak üzere rastgele altı gruba ayrılmıştır. Tüm gruplara 30 dakika süreyle jeller uygulandıktan sonra yedi gün yapay tükürükte bekletilerek tekrar renk ölçümü yapılmıştır. Sonuç olarak, %35 HP jeli, %20 HP jelinden daha yüksek beyazlatma potansiyeli sergilemiştir. Mine prizmalarına nüfuz eden HP, tamamen nötralize olana kadar birkaç gün aktif kalabildiğinden, mine rehidrasyonunu ve renk stabilitesini sağlamak için bu süreden sonra renk ölçümü yapılmıştır (308, 309). Benzer şekilde, bu tez çalışmasında da yapay tükürükte bekletilerek 7. ve 14. günlerde renk ölçümü yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Meireles ve ark. (310) başlangıçta ve beyazlatmadan 1 hafta sonra ev tipi beyazlatma jellerinde %10 ve %16 KP'nin etkinliğini karşılaştırmışlardır ve renk değişimlerini benzer bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda OTC ürünü Opalescence Go %6 ve ev tipi beyazlatma ajanı Opalescence PF %16 karşılaştırılmış olup Opalescence Go %6, Opalescence PF %16'ya göre daha az renk değişimi göstermiştir.

Diş beyazlatma uygulamaları, beyazlatma sisteminin tipine bağlı olarak değişen derecelerde oksidatif etki, pH veya beyazlatma maddesinin bileşimi nedeniyle diş yapısını olumsuz yönde etkileyebilir (311). Bu nedenle, beyazlatma işlemlerinin uzun vadeli performansı tartışmalıdır ve birçok durumda, beyazlatma prosedürünü takip eden günler veya haftalar içinde bir dereceye kadar geri dönme etkisi gözlemlenmiştir (312). HP'nin oksidatif etkisi, mine yüzeyinde yapısal ve geçirgenlik değişikliklerine ve yüzey gözenekliliğine neden olabilir (260, 313). Ayrıca, pürüzlü yüzeyde renklendirici pigmentler birikebilir ve gözenekli, yüzeysel kusurları olan pürüzlü bir mine yüzeyi kolayca renk değiştirebilir (33).

Zekonis ve ark. (314) yaptıkları çalışmada en fazla renk değişiminin beyazlatma uygulamalarından hemen sonra gerçekleştiğini, beyazlatma uygulamalarından 7 gün sonra geriye dönüş olduğunu rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda da zamana göre, beyazlatma uygulaması sonrasındaki 7 ve 14. gün renk değişimi değerlendirilmiştir.

Beyazlatma sonrası minenin mineral içeriği ile ilgili uzun süre takip yapılmaması bu çalışmanın ilk limitasyonu olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle, farklı beyazlatma maddelerinin uzun süre sonra diş sert dokuları üzerindeki ultrastrüktürel etkilerini değerlendirmek için daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır. Çalışmamızın *in vitro* olması, ağız ortamı koşullarını tam anlamıyla sağlayamaması başka bir limitasyondur. Bundan dolayı klinik çalışmalarla desteklenmesi uygun olacaktır. Bu çalışmada örnekler beyazlatma uygulamasından sonra yapay tükürükte bekletilmiştir. Mineral çözeltiler ve insan tükürüğü arasındaki farkların dikkate alındığı daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. CaCl_2 , KH_2PO_4 ve KCl içeren mineral çözeltiler mineye göre aşırı doymuştur ve mineral çökmesi meydana gelebilir, ancak insan tükürüğü bu çökelmeyi engelleyen proteinler içerir (315).

Ayrıca insan tükürüğündeki bireyler arası farklılıklar ve edinilmiş pelikülün mine üzerindeki koruyucu etkisi araştırılabilir.

6. SONUÇLAR

Beş farklı beyazlatma ajanı kullanılarak yapılan (Opalescence Boost PF %40, Opalescence Go %6, Opalescence PF %16, Total Blanc Office H35, Cavex Bite&White %25 Office) beyazlatma uygulamalarından sonra mine örneklerindeki elementlerin ortalama kütlece yüzdeleri arasında farklılıklar gözlemlenmiştir.

1. Beyazlatmadan öncesi ile karşılaştırıldığında beyazlatmadan sonra, Total Blanc Office H35, Cavex Bite&White %25 Office gruplarında kalsiyum seviyeleri bakımından azalma görülürken; Opalescence Boost PF %40, Opalescence Go %6, Opalescence PF %16 gruplarında kalsiyum seviyeleri bakımından bir fark gözlemlenmemiştir. Total Blanc Office H35 ve Cavex Bite&White %25 Office gruplarında mine örneklerinin kalsiyum seviyelerinin, tükürükte 14 gün bekletildikten sonra tekrar yükseldiği gözlemlenmiştir.

2. Beyazlatmadan öncesi ile karşılaştırıldığında beyazlatmadan sonra Opalescence Boost PF %40, Opalescence Go %6, Opalescence PF %16, Cavex Bite&White %25 Office gruplarında fosfor seviyeleri bakımından azalma görülmezken; Total Blanc Office H35 grubunda azalma gözlemlenmiştir. Opalescence PF %16, Total Blanc Office H35, Cavex Bite&White %25 Office gruplarında mine örneklerinin fosfor seviyelerinin, tükürükte 14 gün bekletildikten sonra yükseldiği gözlemlenmiştir.

3. Beyazlatma uygulamalarından hemen sonra, beyazlatma uygulamalarından öncesine göre sadece Opalescence Boost PF %40 grubunda florür seviyelerinde anlamlı bir artış gözlemlenirken, Opalescence Go %6, Opalescence PF %16, Total Blanc Office H35, Cavex Bite&White %25 Office gruplarında ise anlamlı değişim bulunmamıştır. Opalescence PF %16 grubundaki F değerleri beyazlatma öncesi ile karşılaştırıldığında, 14 gün tükürükte bekletildikten sonra florür seviyelerinde artış gözlemlenirken; Cavex Bite&White %25 Office, Opalescence Go %6, Total Blanc Office H35 grupları beyazlatmadan sonra 14 gün tükürükte bekletildiğinde florür seviyeleri, beyazlatma öncesi florür seviyeleri ile benzer olmuştur.

4. Tüm gruplarda beyazlatmadan öncesine göre beyazlatma uygulamalarından hemen sonra oksijen seviyelerinde artış görülmüştür ve bu oksijen seviyeleri mine örnekleri 14 gün tükürükte bekletildiğinde azalmıştır. Opalescence Boost PF %40,

Opalescence PF %16, Total Blanc Office H35, Cavex Bite&White %25 Office grupları 14 gün tükürükte bekletildikten sonra oksijen seviyeleri beyazlatma öncesindeki seviyelere dönmüştür.

5. Opalescence PF %16, Total Blanc Office H35 ve Cavex Bite&White %25 Office gruplarında beyazlatma uygulamalarından sonra karbon seviyelerinde azalma gözlemlenmişken; Opalescence Boost PF %40, Opalescence Go %6 gruplarında bir fark gözlenmemiştir. Karbon seviyeleri Total Blanc Office H35 grubunda tükürükte 14 gün bekletildikten sonra tekrar yükselmiştir. Opalescence Go %6 ve Opalescence PF %16 gruplarında beyazlatmadan sonra sodyum seviyelerinde artış gözlemlenirken; Opalescence Boost PF %40, Total Blanc Office H35, Cavex Bite&White %25 Office gruplarında bir fark gözlemlenmemiştir. Opalescence Go %6 grubunda sodyum seviyesi, tükürükte 14 gün bekletildikten sonra beyazlatma öncesindeki seviyelere dönmüştür.

6. ΔE_{00} parametresine göre; Opalescence PF %16, Total Blanc Office H35, Cavex Bite&White %25 Office grupları Opalescence Boost PF %40 ve Opalescence Go %6 gruplarına göre beyazlatmadan sonra zamana bağlı olarak renk stabilitesini daha iyi korumuştur. Beyazlatmadan önce ve sonraki renk değişimleri Opalescence Boost PF %40, Opalescence PF %16, ve Total Blanc Office H35 gruplarında benzer, Opalescence Go %6 ve Cavex Bite&White %25 Office gruplarında benzer, Total Blanc Office H35 ve Cavex Bite&White %25 Office gruplarında benzer bulunmuştur. Beyazlatmadan öncesiyle beyazlatmadan hemen sonrası karşılaştırıldığında Opalescence Boost PF %40 ve Opalescence PF %16 grupları, Opalescence Go %6 ve Cavex Bite&White %25 Office gruplarına göre daha fazla beyazlatma sağlamıştır.

7. WI_D parametresine göre; beş beyazlatma ürünü beyazlatmadan önce ve beyazlatmadan sonra değerlendirildiğinde Opalescence Boost PF %40, Opalescence PF %16, Total Blanc Office H35 ve Cavex Bite&White %25 gruplarının benzer beyazlatma özelliği gösterdiği ve Opalescence Go %6 grubunun ise diğer gruplardan daha az beyazlatma sağladığı bulunmuştur. WI_D parametresine göre, renk stabilitesini diğer gruplara göre en iyi koruyan Total Blanc Office H35'dir.

Beyazlatma ajanları minenin kimyasal bileşimini etkileyebilmektedir ve beyazlatma ajanlarının farklı konsantrasyonlarda uygulanması minenin renk değişimi üzerinde farklılık gösterebilmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent.* 2004;32 Suppl 1:3-12.
2. Roberson MT HO, Edward J. *Sturdevantis art and science of operative dentistry.* Ankara: Güneş Kitap Evi; 2011.
3. Majeed A, Farooq I, Grobler SR, Rossouw RJ. Tooth-Bleaching: A Review of the Efficacy and Adverse Effects of Various Tooth Whitening Products. *J Coll Physicians Surg Pak.* 2015;25(12):891-6.
4. 35th Annual Meeting of the European Association for the Study of Diabetes : Brussels, Belgium, 28 September-2 October 1999. *Diabetologia.* 1999;42(Suppl 1):A1-A330.
5. New whitening/bleaching report issued by ADA Council on Scientific Affairs. *J Okla Dent Assoc.* 2009;100(9):22.
6. Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching. *Quintessence Int.* 1989;20(3):173-6.
7. Roberson TM HH, Swift EJ. Additional conservative esthetic procedures. 'Sturdevart's, The Art and Science of Operative Dentistry 2. Missouri: Mosby Inc; 2002. p. 591-650.
8. Hegedus C, Bistey T, Flora-Nagy E, Keszthelyi G, Jenei A. An atomic force microscopy study on the effect of bleaching agents on enamel surface. *J Dent.* 1999;27(7):509-15.
9. Sulieman M, Addy M, Macdonald E, Rees JS. The bleaching depth of a 35% hydrogen peroxide based in-office product: a study in vitro. *J Dent.* 2005;33(1):33-40.
10. Ben-Amar A, Liberman R, Gorfil C, Bernstein Y. Effect of mouthguard bleaching on enamel surface. *Am J Dent.* 1995;8(1):29-32.
11. Shannon H, Spencer P, Gross K, Tira D. Characterization of enamel exposed to 10% carbamide peroxide bleaching agents. *Quintessence Int.* 1993;24(1):39-44.
12. Ernst CP, Marroquin BB, Willershausen-Zonnchen B. Effects of hydrogen peroxide-containing bleaching agents on the morphology of human enamel. *Quintessence Int.* 1996;27(1):53-6.
13. Oltu U, Gurgan S. Effects of three concentrations of carbamide peroxide on the structure of enamel. *J Oral Rehabil.* 2000;27(4):332-40.
14. Covington JS FG, Lamoreaux WJ, & Perry T. Carbamide peroxide tooth bleaching: Effects on enamel composition and topography. *Journal of Dental Research Abstract* 1990.

15. Al-Salehi SK, Wood DJ, Hatton PV. The effect of 24h non-stop hydrogen peroxide concentration on bovine enamel and dentine mineral content and microhardness. *J Dent*. 2007;35(11):845-50.
16. Cakir FY, Korkmaz Y, Firat E, Oztas SS, Gurgan S. Chemical analysis of enamel and dentin following the application of three different at-home bleaching systems. *Oper Dent*. 2011;36(5):529-36.
17. Figures KH, Ellis B, Lamb DJ. Fluoride penetration into dentine abutments in vitro. *Caries Res*. 1990;24(5):301-5.
18. Tjaderhane L, Hietala EL, Larmas M. Mineral element analysis of carious and sound rat dentin by electron probe microanalyzer combined with back-scattered electron image. *J Dent Res*. 1995;74(11):1770-4.
19. Lewinstein I, Hirschfeld Z, Stabholz A, Rotstein I. Effect of hydrogen peroxide and sodium perborate on the microhardness of human enamel and dentin. *J Endod*. 1994;20(2):61-3.
20. Groeneveld A, Van Eck AA, Backer Dirks O. Fluoride in caries prevention: is the effect pre- or post-eruptive? *J Dent Res*. 1990;69 Spec No:751-5; discussion 820-3.
21. Moi GP, Tenuta LM, Cury JA. Anticaries potential of a fluoride mouthrinse evaluated in vitro by validated protocols. *Braz Dent J*. 2008;19(2):91-6.
22. Cavalli V, Rosa DAD, Silva DPD, Kury M, Liporoni PCS, Soares LES, et al. Effects of experimental bleaching agents on the mineral content of sound and demineralized enamels. *J Appl Oral Sci*. 2018;26:e20170589.
23. Turgut S BB. Diş hekimliğinde renk ve renk ölçüm yöntemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2012;65-75.
24. RD. P. Understanding Color. In: Ronald E. Goldstein D (Eds.). In: Sons JW, editor. *Esthetics in Dentistry*2018. p. 271-94.
25. Khashayar G, Bain PA, Salari S, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *J Dent*. 2014;42(6):637-44.
26. de Oliveira DC, Ayres AP, Rocha MG, Giannini M, Puppim Rontani RM, Ferracane JL, et al. Effect of Different In Vitro Aging Methods on Color Stability of a Dental Resin-Based Composite Using CIELAB and CIEDE2000 Color-Difference Formulas. *J Esthet Restor Dent*. 2015;27(5):322-30.
27. E. G. Whiteness measurement. *J Col Appear* 1972:33-41.
28. Goldstein G. GD. *Complete dental bleaching.*: Chicago quintessence Publ.; 1995.
29. Haywood VB. History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique. *Quintessence Int*. 1992;23(7):471-88.
30. Alqahtani MQ. Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. *Saudi Dent J*. 2014;26(2):33-46.

31. 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):801-4.
32. L. G. Bleaching techniques in restorative dentistry: An illustrated guide: CRC Press; 2001.
33. Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *Br Dent J.* 2001;190(6):309-16.
34. Jahangiri L, Reinhardt SB, Mehra RV, Matheson PB. Relationship between tooth shade value and skin color: an observational study. *J Prosthet Dent.* 2002;87(2):149-52.
35. Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: A review. *J Dent.* 2017;67S:S3-S10.
36. Lee YK, Powers JM. Color difference of four esthetic restorative materials by the illuminant. *Am J Dent.* 2005;18(5):359-63.
37. Culpepper WD. A comparative study of shade-matching procedures. *J Prosthet Dent.* 1970;24(2):166-73.
38. Chung KH. Effects of finishing and polishing procedures on the surface texture of resin composites. *Dent Mater.* 1994;10(5):325-30.
39. Bergen SF, Paravina RD. Color Education and Training in Dentistry: A First-Hand Perspective. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29(2):E3-E5.
40. H. E. Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry. J Lindon GT, J Holmes, editor. London, New York 1999.
41. Marcus RT, Billmeyer FW, Jr. Statistical study of color-measurement instrumentation. *Appl Opt.* 1974;13(6):1519-30.
42. Chu SJ PR, Sailer I, Mieleszko AJ. Color in dentistry: a clinical guide to predictable esthetics, Germany: Quintessence Publishing; 2017.
43. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res.* 1989;68(5):819-22.
44. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater.* 1987;3(5):246-51.
45. M. M. CIE / ISO new standard : CIEDE2000 Outline. International Color Consortium. 2013.
46. Luo MR CG, Rigg B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Res Appl* 2001:340-50.
47. Gilchrist A NJ. Colorimetry Theory, Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry. London Holmes JS. ; 2010. p. 337-43.
48. Melgosa M RM, Hita E, Viénot F. Are we able to distinguish color attributes? *Color Res Appl.* 2000:356-67.
49. Commission Internationale del Éclairage Colorimetry. Vienna: CIE Central Bureau; 2004.

50. Mada DC, Gasparik C, Irimie AI, Mada MD, Dudea D, Campian RS. Evaluation of chromatic changes of a nanocomposite resin using the new whiteness index. *Clujul Med.* 2018;91(2):222-8.
51. Gasparik C, Culic B, Varvara MA, Grecu A, Burde A, Dudea D. Effect of accelerated staining and bleaching on chairside CAD/CAM materials with high and low translucency. *Dent Mater J.* 2019;38(6):987-93.
52. Perez Mdel M, Ghinea R, Rivas MJ, Yebra A, Ionescu AM, Paravina RD, et al. Development of a customized whiteness index for dentistry based on CIELAB color space. *Dent Mater.* 2016;32(3):461-7.
53. Yamanel K ÇA. Diş renklenme sebepleri ve diş beyazlatma yöntemlerinin değerlendirilmesi Süleyman Demirel Üniv Diş Hek Fak Derg 2011:47-59.
54. Sulieman MA. An overview of tooth-bleaching techniques: chemistry, safety and efficacy. *Periodontol 2000.* 2008;48:148-69.
55. Sulieman M. An overview of tooth discoloration: extrinsic, intrinsic and internalized stains. *Dent Update.* 2005;32(8):463-4, 6-8, 71.
56. Sundell S, Koch G. Hereditary amelogenesis imperfecta. I. Epidemiology and clinical classification in a Swedish child population. *Swed Dent J.* 1985;9(4):157-69.
57. Wright JT, Robinson C, Shore R. Characterization of the enamel ultrastructure and mineral content in hypoplastic amelogenesis imperfecta. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991;72(5):594-601.
58. Gülhan A. *Pedodonti İ.* İstanbul: Basımevi ve Film Merkezi; 1994.
59. Goldstein CE, Goldstein RE, Feinman RA, Garber DA. Bleaching vital teeth: state of the art. *Quintessence Int.* 1989;20(10):729-37.
60. J. W. Discoloration of teeth possibly due to administration of tetracyclines; a preliminary report. *Brit Dent J* 1962:51-4.
61. Witkop CJ, Jr. Amelogenesis imperfecta, dentinogenesis imperfecta and dentin dysplasia revisited: problems in classification. *J Oral Pathol.* 1988;17(9-10):547-53.
62. Shields ED, Bixler D, el-Kafrawy AM. A proposed classification for heritable human dentine defects with a description of a new entity. *Arch Oral Biol.* 1973;18(4):543-53.
63. G. F. *Contemporary Esthetic Dentistry.* Mosby Elsevier SL, editor. USA2011.
64. Fayle SA, Pollard MA. Congenital erythropoietic porphyria--oral manifestations and dental treatment in childhood: a case report. *Quintessence Int.* 1994;25(8):551-4.
65. Wallman IS, Hilton HB. Teeth pigmented by tetracycline. *Lancet.* 1962;1(7234):827-9.
66. Waymann J PJ. Discoloration of the teeth probably due to administration of tetracyclines: a preliminary report. . *Brit Dent J* 1962.

67. Alaçam T, Uzel I, Alaçam A AM. Endodonti. Ankara: Barış Yayınları; 2000.
68. British National Formulary. London,UK.: B.M.J.; 1999.
69. Moffitt JM, Cooley RO, Olsen NH, Hefferren JJ. Prediction of tetracycline-induced tooth discoloration. *J Am Dent Assoc.* 1974;88(3):547-52.
70. van der Bijl P, Pitigoi-Aron G. Tetracyclines and calcified tissues. *Ann Dent.* 1995;54(1-2):69-72.
71. Jordan RE, Boksman L. Conservative vital bleaching treatment of discolored dentition. *Compend Contin Educ Dent.* 1984;5(10):803-5, 7.
72. Parsons JR, Walton RE, Ricks-Williamson L. In vitro longitudinal assessment of coronal discoloration from endodontic sealers. *J Endod.* 2001;27(11):699-702.
73. Weatherell JA, Robinson C, Hallsworth AS. Changes in the fluoride concentration of the labial enamel surface with age. *Caries Res.* 1972;6(4):312-24.
74. Murchison DF, Charlton DG, Moore BK. Carbamide peroxide bleaching: effects on enamel surface hardness and bonding. *Oper Dent.* 1992;17(5):181-5.
75. Miller EK, Lee JY, Tawil PZ, Teixeira FB, Vann WF, Jr. Emerging therapies for the management of traumatized immature permanent incisors. *Pediatr Dent.* 2012;34(1):66-9.
76. Zimmerli B, Jeger F, Lussi A. Bleaching of nonvital teeth. A clinically relevant literature review. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2010;120(4):306-20.
77. Andreasen FM, Sewerin I, Mandel U, Andreasen JO. Radiographic assessment of simulated root resorption cavities. *Endod Dent Traumatol.* 1987;3(1):21-7.
78. Fearne JM, Bryan EM, Elliman AM, Brook AH, Williams DM. Enamel defects in the primary dentition of children born weighing less than 2000 g. *Br Dent J.* 1990;168(11):433-7.
79. Weerheijm KL, Mejare I. Molar incisor hypomineralization: a questionnaire inventory of its occurrence in member countries of the European Academy of Paediatric Dentistry (EAPD). *Int J Paediatr Dent.* 2003;13(6):411-6.
80. Li Y. Safety controversies in tooth bleaching. *Dent Clin North Am.* 2011;55(2):255-63, viii.
81. MK. Ç. Endodontide tanı ve tedaviler: Nobel Tıp Kitabevleri; 2006.
82. Addy M MJ. Mechanisms of stain formation on teeth, in particular associated with metal ions and antiseptics. *Adv Dent Res.* 1995:450-6.
83. Nordbo H, Eriksen HM, Rolla G, Attramadal A, Solheim H. Iron staining of the acquired enamel pellicle after exposure to tannic acid or chlorhexidine: preliminary report. *Scand J Dent Res.* 1982;90(2):117-23.

84. Dayan D, Heifferman A, Gorski M, Begleiter A. Tooth discoloration--extrinsic and intrinsic factors. *Quintessence Int Dent Dig.* 1983;14(2):195-9.
85. Waerhaug M, Gjermo P, Rolla G, Johansen JR. Comparison of the effect of chlorhexidine and CuSO₄ on plaque formation and development of gingivitis. *J Clin Periodontol.* 1984;11(3):176-80.
86. Ellingsen JE, Eriksen HM, Rolla G. Extrinsic dental stain caused by stannous fluoride. *Scand J Dent Res.* 1982;90(1):9-13.
87. Ellingsen JE, Rolla G, Eriksen HM. Extrinsic dental stain caused by chlorhexidine and other denaturing agents. *J Clin Periodontol.* 1982;9(4):317-22.
88. Thylstrup A FO. Clinical and pathological features of dental caries. In: Thylstrup A FO, editor. *Textbook of clinical cariology.* Copenhagen 1994. p. 111-57.
89. Wei SH, Ingram MJ. Analyses of the amalgam-tooth interface using the electron microprobe. *J Dent Res.* 1969;48(2):317-20.
90. Kwon SR, Wertz PW. Review of the Mechanism of Tooth Whitening. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27(5):240-57.
91. Goldstein RE GD. *Complete dental bleaching.* Quintessence: Chicago; 1995.
92. Dahl JE, Pallesen U. Tooth bleaching--a critical review of the biological aspects. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2003;14(4):292-304.
93. Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. *J Dent.* 2006;34(7):412-9.
94. H. A. Lightening natural teeth. *ADEPT Rep.* 1991:1-24.
95. E. K. The chemical bleaching of teeth. *Dent Cosm* 1889:273-83.
96. Gimeno I, Riutord P, Tauler P, Tur JA, Pons A. The whitening effect of enzymatic bleaching on tetracycline. *J Dent.* 2008;36(10):795-800.
97. Nathan CF. Neutrophil activation on biological surfaces. Massive secretion of hydrogen peroxide in response to products of macrophages and lymphocytes. *J Clin Invest.* 1987;80(6):1550-60.
98. Scientific committee on toxicity eate. *Opinion on results of risk assesment of Hydrogen peroxide human health effects Brussels*2001.
99. Carlsson J. Salivary peroxidase: an important part of our defense against oxygen toxicity. *J Oral Pathol.* 1987;16(8):412-6.
100. Plotino G, Buono L, Grande NM, Pameijer CH, Somma F. Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures. *J Endod.* 2008;34(4):394-407.
101. Frysh H, Bowles WH, Baker F, Rivera-Hidalgo F, Guillen G. Effect of pH on hydrogen peroxide bleaching agents. *J Esthet Dent.* 1995;7(3):130-3.
102. Budavari S ONM, Smith A HP. *The Merck index. An encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals.* Rahway: Merck and Co.; 1989.

103. H. A. Farklı Sodyum Perbarat Tiplerinin Intrakoronel Ağartma Ve Dentin Geçirgenliği Üzerine Etkileri. Konya: Selçuk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi; 2000.
104. Hardman PK, Moore DL, Petteway GH. Stability of hydrogen peroxide as a bleaching agent. *Gen Dent.* 1985;33(2):121-2.
105. Joiner A. Review of the effects of peroxide on enamel and dentine properties. *J Dent.* 2007;35(12):889-96.
106. RB. K. *Inorganic Chemistry Encyclopedia of Inorganic Chemistry.*: John Wiley & Sons; 1994.
107. Ç. Ç. Diş Renklenmelerinin Tedavisi. *Türkiye Klin J Restor Dent-Special Top.* 2017:104-12.
108. Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching: how safe is it? *Quintessence Int.* 1991;22(7):515-23.
109. RB. K. *Inorganic Chemistry Encyclopedia of Inorganic Chemistry.*: John Wiley & Sons; 1994.
110. Ari H, Ungor M. In vitro comparison of different types of sodium perborate used for intracoronal bleaching of discoloured teeth. *Int Endod J.* 2002;35(5):433-6.
111. Borges B VM, Afonso F, Assunção I. Can Enhanced Peroxides Decrease the Side Effects of Tooth Bleaching? A Systematic Review of the Literature. *Int J Exp Dent Sci* 2014:84-91.
112. V. Z. Bleaching of vital teeth technique: EstoModeo; 1984.
113. Fasanaro TS. Bleaching teeth: history, chemicals, and methods used for common tooth discolorations. *J Esthet Dent.* 1992;4(3):71-8.
114. Williams HA, Rueggeberg FA, Meister LW. Bleaching the natural dentition to match the color of existing restorations: case reports. *Quintessence Int.* 1992;23(10):673-7.
115. McEvoy SA. Chemical agents for removing intrinsic stains from vital teeth. II. Current techniques and their clinical application. *Quintessence Int.* 1989;20(6):379-84.
116. EK. O. Farklı vital beyazlatma sistemlerinin diş rengi üzerine etkilerinin klinik olarak karşılaştırılması [Doktora Tezi]. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2006.
117. Haywood VB. Current status of nightguard vital bleaching. *Compend Contin Educ Dent Suppl.* 2000(28):S10-7; quiz S48.
118. Martin JH, Bishop JG, Guentherman RH, Dorman HL. Cellular response of gingiva to prolonged application of dilute hydrogen peroxide. *J Periodontol.* 1968;39(4):208-10.
119. Leonard RH, Jr., Haywood VB, Phillips C. Risk factors for developing tooth sensitivity and gingival irritation associated with nightguard vital bleaching. *Quintessence Int.* 1997;28(8):527-34.

120. Cohen SC. Human pulpal response to bleaching procedures on vital teeth. *J Endod.* 1979;5(5):134-8.
121. Bowles WH, Ugwuneri Z. Pulp chamber penetration by hydrogen peroxide following vital bleaching procedures. *J Endod.* 1987;13(8):375-7.
122. Zach L, Cohen G. Pulp Response to Externally Applied Heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965;19:515-30.
123. Thitinthapan W, Satamanont P, Vongsavan N. In vitro penetration of the pulp chamber by three brands of carbamide peroxide. *J Esthet Dent.* 1999;11(5):259-64.
124. Cooper JS, Bokmeyer TJ, Bowles WH. Penetration of the pulp chamber by carbamide peroxide bleaching agents. *J Endod.* 1992;18(7):315-7.
125. Tay LY, Kose C, Loguercio AD, Reis A. Assessing the effect of a desensitizing agent used before in-office tooth bleaching. *J Am Dent Assoc.* 2009;140(10):1245-51.
126. Potocnik I, Kosec L, Gaspersic D. Effect of 10% carbamide peroxide bleaching gel on enamel microhardness, microstructure, and mineral content. *J Endod.* 2000;26(4):203-6.
127. Bitter NC. A scanning electron microscopy study of the effect of bleaching agents on enamel: a preliminary report. *J Prosthet Dent.* 1992;67(6):852-5.
128. de Freitas PM, Basting RT, Rodrigues JA, Serra MC. Effects of two 10% peroxide carbamide bleaching agents on dentin microhardness at different time intervals. *Quintessence Int.* 2002;33(5):370-5.
129. Leonard RH, Jr., Bentley C, Eagle JC, Garland GE, Knight MC, Phillips C. Nightguard vital bleaching: a long-term study on efficacy, shade retention, side effects, and patients' perceptions. *J Esthet Restor Dent.* 2001;13(6):357-69.
130. McGuckin RS, Babin JF, Meyer BJ. Alterations in human enamel surface morphology following vital bleaching. *J Prosthet Dent.* 1992;68(5):754-60.
131. Sulieman M, Addy M, Macdonald E, Rees JS. A safety study in vitro for the effects of an in-office bleaching system on the integrity of enamel and dentine. *J Dent.* 2004;32(7):581-90.
132. Rotstein I, Lehr Z, Gedalia I. Effect of bleaching agents on inorganic components of human dentin and cementum. *J Endod.* 1992;18(6):290-3.
133. Rotstein I, Mor C, Arwaz JR. Changes in surface levels of mercury, silver, tin, and copper of dental amalgam treated with carbamide peroxide and hydrogen peroxide in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1997;83(4):506-9.
134. 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):23-5.

135. Li C, Risnes S. SEM observations of Retzius lines and prism cross-striations in human dental enamel after different acid etching regimes. *Arch Oral Biol.* 2004;49(1):45-52.
136. J. PNaS. Histology of enamel. In: Verlag GT, editor. *Oral Development and Histology*; New York, NY, USA2002.
137. F MYaK. Ağız diş embriyolojisi ve histolojisi. İstanbul: Yenilik Basımevi; 1982.
138. JLaC. J. Temel histoloji. İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi; 2009.
139. Sharma D, Singh A, Verma K, Paliwal S, Sharma S, Dwivedi J. Fluoride: A review of pre-clinical and clinical studies. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2017;56:297-313.
140. Lynch RJ, Smith SR. Remineralization agents - new and effective or just marketing hype? *Adv Dent Res.* 2012;24(2):63-7.
141. Moradian-Oldak J. The REGENERATION of TOOTH ENAMEL. *Dimens Dent Hyg.* 2009;7(8):12-5.
142. Abou Neel EA, Aljabo A, Strange A, Ibrahim S, Coathup M, Young AM, et al. Demineralization-remineralization dynamics in teeth and bone. *Int J Nanomedicine.* 2016;11:4743-63.
143. HO. H. Additional conservative esthetic procedures. In: Robenson TM HH, Swift EJ, IV editor. In: 'Sturdevart's, The Art and Science of Operative Dentistry'. Missouri: Mosby; 2002. p. 591-650.
144. Seghi RR, Denry I. Effects of external bleaching on indentation and abrasion characteristics of human enamel in vitro. *J Dent Res.* 1992;71(6):1340-4.
145. Gurgan S, Cakir FY, Yazici E. Different light-activated in-office bleaching systems: a clinical evaluation. *Lasers Med Sci.* 2010;25(6):817-22.
146. Chen JH, Xu JW, Shing CX. Decomposition rate of hydrogen peroxide bleaching agents under various chemical and physical conditions. *J Prosthet Dent.* 1993;69(1):46-8.
147. Allen K, Agosta C, Estafan D. Using microabrasive material to remove fluorosis stains. *J Am Dent Assoc.* 2004;135(3):319-23.
148. Roberson TM, Heymann, H.O. , Swift, E.J. *Sturdevart's Art and Science of Operative Dentistry* Güneş Tıp Kitapevi; 2011.
149. B Ö. Restoratif Dişhekimliğinde Maddeler ve Uygulamaları İzmir: Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları; 2004.
150. Dostalova T, Jelinkova H, Housova D, Sulc J, Nemec M, Miyagi M, et al. Diode laser-activated bleaching. *Braz Dent J.* 2004;15 Spec No:SI3-8.
151. Luk K, Tam L, Hubert M. Effect of light energy on peroxide tooth bleaching. *J Am Dent Assoc.* 2004;135(2):194-201; quiz 28-9.
152. H. H. Additional conservative esthetic procedures. . 'Sturdevart's, Art Sci Oper Dent. p. 591-650.

153. Sulieman M. An overview of bleaching techniques: 2. Night guard vital bleaching and non-vital bleaching. *SADJ*. 2006;61(8):352, 4, 6 passim.
154. Laser-assisted bleaching: an update. ADA Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc*. 1998;129(10):1484-7.
155. Heymann HO RA. Additional conservative esthetic procedures. *Sturdevant's art and science of operative dentistry*: Elsevier; 2019. p. 264-305.
156. Gerlach RW, Barker ML. Clinical response of three direct-to-consumer whitening products: strips, paint-on gel, and dentifrice. *Compend Contin Educ Dent*. 2003;24(6):458, 61-4, 66 passim.
157. Ferrari M, Kugel G, Cagidiaco MC, Barker ML, Gerlach RW. Clinical trial evaluating the peroxide concentration response of whitening strips over 28 days. *Am J Dent*. 2004;17(4):291-4.
158. Gerlach RW, Barker ML, Tucker HL. Clinical response of three whitening products having different peroxide delivery: comparison of tray, paint-on gel, and dentifrice. *J Clin Dent*. 2004;15(4):112-7.
159. Lima DA, Silva AL, Aguiar FH, Liporoni PC, Munin E, Ambrosano GM, et al. In vitro assessment of the effectiveness of whitening dentifrices for the removal of extrinsic tooth stains. *Braz Oral Res*. 2008;22(2):106-11.
160. Holmstrup G, Palm AM, Lambjerg-Hansen H. Bleaching of discoloured root-filled teeth. *Endod Dent Traumatol*. 1988;4(5):197-201.
161. Buchalla W, Attin T. External bleaching therapy with activation by heat, light or laser--a systematic review. *Dent Mater*. 2007;23(5):586-96.
162. Ontiveros JC. In-office vital bleaching with adjunct light. *Dent Clin North Am*. 2011;55(2):241-53, viii.
163. Alsaleh S, Labban M, AlHariri M, Tashkandi E. Evaluation of self shade matching ability of dental students using visual and instrumental means. *J Dent*. 2012;40 Suppl 1:e82-7.
164. Douglas RD. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *J Prosthet Dent*. 2000;83(2):166-70.
165. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2003;23(5):467-79.
166. Al Shethri S, Matis BA, Cochran MA, Zekonis R, Stropes M. A clinical evaluation of two in-office bleaching products. *Oper Dent*. 2003;28(5):488-95.
167. Bayındır F AW. Diş rengi seçiminde bilgisayar destekli sistemlerin kullanımı. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 2006.
168. Hassel AJ, Zenthofer A, Corcodel N, Hildenbrandt A, Reinelt G, Wiesberg S. Determination of VITA Classical shades with the 3D-Master shade guide. *Acta Odontol Scand*. 2013;71(3-4):721-6.

169. Igiel C, Weyhrauch M, Wentaschek S, Scheller H, Lehmann KM. Dental color matching: A comparison between visual and instrumental methods. *Dent Mater J*. 2016;35(1):63-9.
170. Ontiveros JC, Paravina RD. Color change of vital teeth exposed to bleaching performed with and without supplementary light. *J Dent*. 2009;37(11):840-7.
171. Paravina RD, Johnston WM, Powers JM. New shade guide for evaluation of tooth whitening--colorimetric study. *J Esthet Restor Dent*. 2007;19(5):276-83; discussion 83.
172. Hammad IA. Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides. *J Prosthet Dent*. 2003;89(1):50-3.
173. Miller LL. Shade matching. *J Esthet Dent*. 1993;5(4):143-53.
174. Paravina RD, Powers JM, Fay RM. Color comparison of two shade guides. *Int J Prosthodont*. 2002;15(1):73-8.
175. Paravina RD PJ. *Esthetic Color Training in Dentistry*.: Elseiver Mosby. St. Louis 2004.
176. Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent*. 2002;87(6):657-66.
177. WJ. Color and apperance. In: Dickson A, editor. *Dental Materials and Their Selection*. Canada: Quintessence; 2002. p. 24-36.
178. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent*. 2010;38 Suppl 2:e2-16.
179. Sarafianou A, Kamposiora P, Papavasiliou G, Goula H. Matching repeatability and interdevice agreement of 2 intraoral spectrophotometers. *J Prosthet Dent*. 2012;107(3):178-85.
180. Yuan K, Sun X, Wang F, Wang H, Chen JH. In vitro and in vivo evaluations of three computer-aided shade matching instruments. *Oper Dent*. 2012;37(3):219-27.
181. Chu SJ. Use of a reflectance spectrophotometer in evaluating shade change resulting from tooth-whitening products. *J Esthet Restor Dent*. 2003;15 Suppl 1:S42-8.
182. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hammerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res*. 2002;81(8):578-82.
183. Chu SJ DA. *Fundamentals of colors*. Chicago: Quintessence publishing; 2004.
184. Powers J PR. *Esthetic color training in dentistry*. Amsterdam: Elsevier Mosby; 2004.
185. Wee AG, Kang EY, Johnston WM, Seghi RR. Evaluating porcelain color match of different porcelain shade-matching systems. *J Esthet Dent*. 2000;12(5):271-80.

186. Hubbezoglu I, Akaoglu B, Dogan A, Keskin S, Bolayir G, Ozcelik S, et al. Effect of bleaching on color change and refractive index of dental composite resins. *Dent Mater J*. 2008;27(1):105-16.
187. Breschi L, Gobbi P, Mazzotti G, Ellis TH, Sacher E, Stangel I. Field emission in-lens SEM study of enamel and dentin. *J Biomed Mater Res*. 1999;46(3):315-23.
188. Schemehorn B, Gonzalez-Cabezas C, Joiner A. A SEM evaluation of a 6% hydrogen peroxide tooth whitening gel on dental materials in vitro. *J Dent*. 2004;32 Suppl 1:35-9.
189. Barbour ME, Rees JS. The laboratory assessment of enamel erosion: a review. *J Dent*. 2004;32(8):591-602.
190. Love G, Scott VD. Electron probe microanalysis using soft X-rays--a review. Part 1: Instrumentation, spectrum processing and detection sensitivity. *J Microsc*. 2001;201(Pt 1):1-32.
191. Arnold WH, Dorow A, Langenhorst S, Gintner Z, Banoczy J, Gaengler P. Effect of fluoride toothpastes on enamel demineralization. *BMC Oral Health*. 2006;6:8.
192. Nassur C, Alexandria AK, Pomarico L, de Sousa VP, Cabral LM, Maia LC. Characterization of a new TiF(4) and beta-cyclodextrin inclusion complex and its in vitro evaluation on inhibiting enamel demineralization. *Arch Oral Biol*. 2013;58(3):239-47.
193. Bersezio C, Martin J, Prieto MV, Meneses P, Angel P, Eduardo Fernandez G, et al. One-year bleaching efficacy using two HP products with different pH: A double-blind randomized clinical trial. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31(5):493-9.
194. Lee JJ, Nettey-Marbell A, Cook A, Jr., Pimenta LA, Leonard R, Ritter AV. Using extracted teeth for research: the effect of storage medium and sterilization on dentin bond strengths. *J Am Dent Assoc*. 2007;138(12):1599-603.
195. Lobo MM, Goncalves RB, Ambrosano GM, Pimenta LA. Chemical or microbiological models of secondary caries development around different dental restorative materials. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2005;74(2):725-31.
196. Papagiannoulis L, Kakaboura A, Eliades G. In vivo vs in vitro anticariogenic behavior of glass-ionomer and resin composite restorative materials. *Dent Mater*. 2002;18(8):561-9.
197. Gonzalez-Lopez S, de Medeiros CL, Defren CA, Bolanos-Carmona MV, Sanchez-Sanchez P, Menendez-Nunez M. Demineralization effects of hydrogen peroxide on bovine enamel and relation to shear bond strength of brackets. *J Adhes Dent*. 2009;11(6):461-7.

198. May LG, Salvia AC, Souza RO, Michida SM, Valera MC, Takahashi FE, et al. Effect of sodium ascorbate and the time lapse before cementation after internal bleaching on bond strength between dentin and ceramic. *J Prosthodont*. 2010;19(5):374-80.
199. Abuabara A, Santos AJ, Aguiar FH, Lovadino JR. Evaluation of microleakage in human, bovine and swine enamels. *Braz Oral Res*. 2004;18(4):312-6.
200. Lopes MB, Consani S, Gonini-Junior A, Moura SK, McCabe JF. Comparison of microleakage in human and bovine substrates using confocal microscopy. *Bull Tokyo Dent Coll*. 2009;50(3):111-6.
201. Vieira-Junior WF, Ferraz LN, Pini N, Ambrosano G, Aguiar F, Tabchoury C, et al. Effect of Toothpaste Use Against Mineral Loss Promoted by Dental Bleaching. *Oper Dent*. 2018;43(2):190-200.
202. Featherstone JD, Mellberg JR. Relative rates of progress of artificial carious lesions in bovine, ovine and human enamel. *Caries Res*. 1981;15(1):109-14.
203. Cvikl B, Lussi A, Moritz A, Flury S. Enamel Surface Changes After Exposure to Bleaching Gels Containing Carbamide Peroxide or Hydrogen Peroxide. *Oper Dent*. 2016;41(1):E39-47.
204. Pinto A, Bridi EC, Amaral F, Franca F, Turssi CP, Perez CA, et al. Enamel Mineral Content Changes After Bleaching With High and Low Hydrogen Peroxide Concentrations: Colorimetric Spectrophotometry and Total Reflection X-ray Fluorescence Analyses. *Oper Dent*. 2017;42(3):308-18.
205. Tosun G, Sener Y, Sengun A. Effect of storage duration/solution on microshear bond strength of composite to enamel. *Dent Mater J*. 2007;26(1):116-21.
206. Eskelsen E, Catelan A, Hernades N, Soares LES, Cavalcanti AN, Aguiar FHB, et al. Physicochemical changes in enamel submitted to pH cycling and bleaching treatment. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2018;10:281-6.
207. Vilhena KFB, Nogueira BCL, Fagundes NCF, Loretto SC, Angelica RS, Lima RR, et al. Dental enamel bleached for a prolonged and excessive time: Morphological changes. *PLoS One*. 2019;14(4):e0214948.
208. Borges AB, de Abreu FS, Mailart MC, Zanatta RF, Torres C. Efficacy and Safety of Bleaching Gels According to Application Protocol. *Oper Dent*. 2021;46(2):E105-E16.
209. Akal N, Over H, Olmez A, Bodur H. Effects of carbamide peroxide containing bleaching agents on the morphology and subsurface hardness of enamel. *J Clin Pediatr Dent*. 2001;25(4):293-6.
210. Attin T, Schmidlin PR, Wegehaupt F, Wiegand A. Influence of study design on the impact of bleaching agents on dental enamel microhardness: a review. *Dent Mater*. 2009;25(2):143-57.
211. Azer SS, Machado C, Sanchez E, Rashid R. Effect of home bleaching systems on enamel nanohardness and elastic modulus. *J Dent*. 2009;37(3):185-90.

212. Basting RT, Rodrigues AL, Jr., Serra MC. The effects of seven carbamide peroxide bleaching agents on enamel microhardness over time. *J Am Dent Assoc.* 2003;134(10):1335-42.
213. Kury M, Perches C, da Silva DP, Andre CB, Tabchoury CPM, Giannini M, et al. Color change, diffusion of hydrogen peroxide, and enamel morphology after in-office bleaching with violet light or nonthermal atmospheric plasma: An in vitro study. *J Esthet Restor Dent.* 2020;32(1):102-12.
214. Eaton P WP. *Atomic Force Microscopy*: Oxford University Press; 2010.
215. Cobankara FK, Unlu N, Altinoz HC, Fusun O. Effect of home bleaching agents on the roughness and surface morphology of human enamel and dentine. *Int Dent J.* 2004;54(4):211-8.
216. Duschner H, Gotz H, White DJ, Kozak KM, Zoladz JR. Effects of hydrogen peroxide bleaching strips on tooth surface color, surface microhardness, surface and subsurface ultrastructure, and microchemical (Raman spectroscopic) composition. *J Clin Dent.* 2006;17(3):72-8.
217. Titley K, Torneck CD, Smith DC. Effect of concentrated hydrogen peroxide solution on the surface morphology of cut human dentin. *Endod Dent Traumatol.* 1988;4(1):32-6.
218. Zalkind M, Arwaz JR, Goldman A, Rotstein I. Surface morphology changes in human enamel, dentin and cementum following bleaching: a scanning electron microscopy study. *Endod Dent Traumatol.* 1996;12(2):82-8.
219. Bitter NC, Sanders JL. The effect of four bleaching agents on the enamel surface: a scanning electron microscopic study. *Quintessence Int.* 1993;24(11):817-24.
220. Josey AL, Meyers IA, Romaniuk K, Symons AL. The effect of a vital bleaching technique on enamel surface morphology and the bonding of composite resin to enamel. *J Oral Rehabil.* 1996;23(4):244-50.
221. McCracken MS, Haywood VB. Demineralization effects of 10 percent carbamide peroxide. *J Dent.* 1996;24(6):395-8.
222. Pimenta-Dutra AC, Albuquerque RC, Morgan LS, Pereira GM, Nunes E, Horta MC, et al. Effect of bleaching agents on enamel surface of bovine teeth: A SEM study. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(1):e46-e50.
223. 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.
224. Perdigao J, Thompson JY, Toledano M, Osorio R. An ultra-morphological characterization of collagen-depleted etched dentin. *Am J Dent.* 1999;12(5):250-5.
225. Zapletalova Z, Kubinek R, Vujtek M, Novotny R. Examination of dentin surface using AFM (our experience). *Acta Medica (Hradec Kralove).* 2004;47(4):343-6.

226. Botelho CM, Lopes MA, Gibson IR, Best SM, Santos JD. Structural analysis of Si-substituted hydroxyapatite: zeta potential and X-ray photoelectron spectroscopy. *J Mater Sci Mater Med.* 2002;13(12):1123-7.
227. II. E. Chemical analysis and surface morphology of enamel following ozone application with different concentrations and exposure times. *J Adv Res2.* 2011.
228. Lou L, Heo G, Nelson AE, Alsagheer A, Carey JP, Major PW. Chemical composition of enamel surface as a predictor of in-vitro shear bond strength. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136(5):683-8.
229. Zamudio-Ortega CM, Contreras-Bulnes R, Scougall-Vilchis RJ, Morales-Luckie RA, Olea-Mejia OF, Rodriguez-Vilchis LE. Morphological, chemical and structural characterisation of deciduous enamel: SEM, EDS, XRD, FTIR and XPS analysis. *Eur J Paediatr Dent.* 2014;15(3):275-80.
230. de-Melo MA, Passos VF, Alves JJ, Barros EB, Santiago SL, Rodrigues LK. The effect of diode laser irradiation on dentin as a preventive measure against dental erosion: an in vitro study. *Lasers Med Sci.* 2011;26(5):615-21.
231. Kobayashi RS, Picolo MZD, Kury M, Resende BA, Esteban Florez FL, Cavalli V. Effects of dental bleaching protocols with violet radiation on the color and chemical composition of stained bovine enamel. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2021;34:102194.
232. Coceska E, Gjorgievska E, Coleman NJ, Gabric D, Slipper IJ, Stevanovic M, et al. Enamel alteration following tooth bleaching and remineralization. *J Microsc.* 2016;262(3):232-44.
233. Devlin H, Bassiouny MA, Boston D. Hardness of enamel exposed to Coca-Cola and artificial saliva. *J Oral Rehabil.* 2006;33(1):26-30.
234. Sun L, Liang S, Sa Y, Wang Z, Ma X, Jiang T, et al. Surface alteration of human tooth enamel subjected to acidic and neutral 30% hydrogen peroxide. *J Dent.* 2011;39(10):686-92.
235. Soares DG, Ribeiro AP, Sacono NT, Loguercio AD, Hebling J, Costa CA. Mineral loss and morphological changes in dental enamel induced by a 16% carbamide peroxide bleaching gel. *Braz Dent J.* 2013;24(5):517-21.
236. Lee KH, Kim HI, Kim KH, Kwon YH. Mineral loss from bovine enamel by a 30% hydrogen peroxide solution. *J Oral Rehabil.* 2006;33(3):229-33.
237. da Costa Soares MU, Araujo NC, Borges BC, Sales Wda S, Sobral AP. Impact of remineralizing agents on enamel microhardness recovery after in-office tooth bleaching therapies. *Acta Odontol Scand.* 2013;71(2):343-8.
238. DR DEA, Sasaki RT, Amaral FL, Florio FM, Basting RT. Effect of home-use and in-office bleaching agents containing hydrogen peroxide associated with amorphous calcium phosphate on enamel microhardness and surface roughness. *J Esthet Restor Dent.* 2011;23(3):158-68.
239. Klaric E, Rakic M, Sever I, Milat O, Par M, Tarle Z. Enamel and Dentin Microhardness and Chemical Composition After Experimental Light-activated Bleaching. *Oper Dent.* 2015;40(4):E132-41.

240. Mondelli RFL, Gabriel T, Rizzante FAP, Magalhaes AC, Bombonatti JFS, Ishikiriyama SK. Do different bleaching protocols affect the enamel microhardness? *Eur J Dent*. 2015;9(1):25-30.
241. 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. *Oper Dent*. 2014;39(5):E225-30.
242. Llena C, Esteve I, Rodriguez-Lozano FJ, Forner L. The application of casein phosphopeptide and amorphous calcium phosphate with fluoride (CPP-ACPF) for restoring mineral loss after dental bleaching with hydrogen or carbamide peroxide: An in vitro study. *Ann Anat*. 2019;225:48-53.
243. Souza RO, Lombardo GH, Pereira SM, Zamboni SC, Valera MC, Araujo MA, et al. Analysis of tooth enamel after excessive bleaching: a study using scanning electron microscopy and energy dispersive x-ray spectroscopy. *Int J Prosthodont*. 2010;23(1):29-32.
244. do Amaral FL, Sasaki RT, da Silva TC, Franca FM, Florio FM, Basting RT. The effects of home-use and in-office bleaching treatments on calcium and phosphorus concentrations in tooth enamel: an in vivo study. *J Am Dent Assoc*. 2012;143(6):580-6.
245. Cavalli V, Rodrigues LK, Paes-Leme AF, Soares LE, Martin AA, Berger SB, et al. Effects of the addition of fluoride and calcium to low-concentrated carbamide peroxide agents on the enamel surface and subsurface. *Photomed Laser Surg*. 2011;29(5):319-25.
246. Chen HP, Chang CH, Liu JK, Chuang SF, Yang JY. Effect of fluoride containing bleaching agents on enamel surface properties. *J Dent*. 2008;36(9):718-25.
247. Attin T, Albrecht K, Becker K, Hannig C, Wiegand A. Influence of carbamide peroxide on enamel fluoride uptake. *J Dent*. 2006;34(9):668-75.
248. Giannini M, Silva AP, Cavalli V, Paes Leme AF. Effect of carbamide peroxide-based bleaching agents containing fluoride or calcium on tensile strength of human enamel. *J Appl Oral Sci*. 2006;14(2):82-7.
249. Tschoppe P, Neumann K, Mueller J, Kielbassa AM. Effect of fluoridated bleaching gels on the remineralization of predemineralized bovine enamel in vitro. *J Dent*. 2009;37(2):156-62.
250. Burgmaier GM, Schulze IM, Attin T. Fluoride uptake and development of artificial erosions in bleached and fluoridated enamel in vitro. *J Oral Rehabil*. 2002;29(9):799-804.
251. de Oliveira R, Paes Leme AF, Giannini M. Effect of a carbamide peroxide bleaching gel containing calcium or fluoride on human enamel surface microhardness. *Braz Dent J*. 2005;16(2):103-6.
252. Tanizawa Y. Reaction characteristics of a tooth-bleaching agent containing H₂O₂ and NaF: in vitro study of crystal structure change in treated hydroxyapatite and chemical states of incorporated fluorine. *J Cosmet Sci*. 2005;56(2):121-34.

253. Cavalli V, de Carvalho RM, Giannini M. Influence of carbamide peroxide-based bleaching agents on the bond strength of resin-enamel/dentin interfaces. *Braz Oral Res.* 2005;19(1):23-9.
254. Sa Y, Jiang T, Li BY, Wang ZJ, Wang ZH, Wang YN. [Effects of three at-home bleaching agents on enamel structure and structure-related mechanical properties]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2012;47(5):281-6.
255. Castro J GJ, Mata A, Silveira JM, Pessanha S. Study of the effects of unsupervised over-the counter whitening products on dental enamel using μ -Raman and μ -EDXRF spectroscopies. *J Ram Spect.* 2015.
256. Sasaki T, Debari K, Garant PR. Ameloblast modulation and changes in the Ca, P, and S content of developing enamel matrix as revealed by SEM-EDX. *J Dent Res.* 1987;66(3):778-83.
257. Larsen MJ BC. *Textbook of Cariology.* Munksgaard, editor. Copenhagen, Denmark 1986.
258. Ruse ND, Smith DC, Torneck CD, Titley KC. Preliminary surface analysis of etched, bleached, and normal bovine enamel. *J Dent Res.* 1990;69(9):1610-3.
259. Carvalho AO, Ayres APA, de Almeida L, Briso ALF, Rueggeberg FA, Giannini M. Effect of peroxide bleaching on the biaxial flexural strength and modulus of bovine dentin. *Eur J Dent.* 2015;9(2):246-50.
260. Pinto CF, Oliveira R, Cavalli V, Giannini M. Peroxide bleaching agent effects on enamel surface microhardness, roughness and morphology. *Braz Oral Res.* 2004;18(4):306-11.
261. Arends J, Jongebloed WL, Goldberg M, Schuthof J. Interaction of urea and human enamel. *Caries Res.* 1984;18(1):17-24.
262. Goldberg M, Arends J, Jongebloed WL, Schuthof J, Septier D. Action of urea solutions on human enamel surfaces. *Caries Res.* 1983;17(2):106-12.
263. Rodrigues JA, Basting RT, Serra MC, Rodrigues Junior AL. Effects of 10% carbamide peroxide bleaching materials on enamel microhardness. *Am J Dent.* 2001;14(2):67-71.
264. Lehmann KM, Igiel C, Schmidtman I, Scheller H. Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *J Dent.* 2010;38 Suppl 2:e65-70.
265. Kolbeck C, Rosentritt M, Lang R, Handel G. Discoloration of facing and restorative composites by UV-irradiation and staining food. *Dent Mater.* 2006;22(1):63-8.
266. Jung M, Voit S, Klimek J. Surface geometry of three packable and one hybrid composite after finishing. *Oper Dent.* 2003;28(1):53-9.
267. Chu SJ DA, Mieleszko A. *Fundamentals of color.* Illinois: Qunitessence Co; 2004.
268. Dozic A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *J Prosthodont.* 2007;16(2):93-100.

269. Carlsson GE, Wagner IV, Odman P, Ekstrand K, MacEntee M, Marinello C, et al. An international comparative multicenter study of assessment of dental appearance using computer-aided image manipulation. *Int J Prosthodont*. 1998;11(3):246-54.
270. Derdilopoulou FV, Zantner C, Neumann K, Kielbassa AM. Evaluation of visual and spectrophotometric shade analyses: a clinical comparison of 3758 teeth. *Int J Prosthodont*. 2007;20(4):414-6.
271. Yu B, Ahn JS, Lee YK. Measurement of translucency of tooth enamel and dentin. *Acta Odontol Scand*. 2009;67(1):57-64.
272. Witkowski S YN, Wolkowitz M, Strub, JR. Reliability of shade selection using an intraoral spectrophotometer. *Clin Oral Investig*. 2011.
273. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent*. 2009;101(3):193-9.
274. Browning WD, Chan DC, Blalock JS, Brackett MG. A comparison of human raters and an intra-oral spectrophotometer. *Oper Dent*. 2009;34(3):337-43.
275. Kanawati A, Richards MW. Repeatability of a dental shade-matching instrument when compared to traditional visual methods of shade evaluation. *Gen Dent*. 2009;57(4):323-7.
276. Llana C, Lozano E, Amengual J, Forner L. Reliability of two color selection devices in matching and measuring tooth color. *J Contemp Dent Pract*. 2011;12(1):19-23.
277. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent*. 1986;56(1):35-40.
278. Hindle JP, Harrison A. Tooth colour analysis by a new optoelectronic system. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2000;8(2):57-61.
279. Saraç D SŞ, Yüzbaşıoğlu E. Farklı Kom-pozitlerle Bir Renk Skalası Arasındaki RenkFarklılıkları. *GÜ DişHek Fak Derg*. 2005:77-82.
280. Sarı ME KA, Çankaya S. Çocuklarıntükettiği yiyecek ve içeceklerin süt ve daimi dişrengine etkisi. *Cumhuriyet Dent J*. 2011:18-23.
281. R. K. The early development of the Munsell system. *Color Research and Application*. 2002.
282. Stober T, Gilde H, Lenz P. Color stability of highly filled composite resin materials for facings. *Dent Mater*. 2001;17(1):87-94.
283. Doğan E ZA. Temel metal ve kor altyapı üzerine farklı kalınlıklarda hazırlanandüşük ısı porseleninin renk stabilitesinin es-kitme sonrası karşılaştırılması. *AÜ Diş HekFak Derg* 2006.
284. Luo MR CG, Rigg B. . The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Res Appl*. 2001.
285. Sharma G WW, Dalal EN. The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Res Appl* 2005:21-30.

286. Lee YK. Comparison of CIELAB DeltaE(*) and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites. *Dent Mater.* 2005;21(7):678-82.
287. Gomez-Polo C, Portillo Munoz M, Lorenzo Luengo MC, Vicente P, Galindo P, Martin Casado AM. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *J Prosthet Dent.* 2016;115(1):65-70.
288. Ghinea R, Perez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent.* 2010;38 Suppl 2:e57-64.
289. Johnston WM. Color measurement in dentistry. *J Dent.* 2009;37 Suppl 1:e2-6.
290. Wee AG, Lindsey DT, Shroyer KM, Johnston WM. Use of a porcelain color discrimination test to evaluate color difference formulas. *J Prosthet Dent.* 2007;98(2):101-9.
291. Perez Mdel M, Saleh A, Yebra A, Pulgar R. Study of the variation between CIELAB delta E* and CIEDE2000 color-differences of resin composites. *Dent Mater J.* 2007;26(1):21-8.
292. Knezovic Zlataric D, Zagar M, Illes D. A clinical study assessing the short-term efficacy of combined in-office/at-home whitening treatment. *J Esthet Restor Dent.* 2019;31(2):140-6.
293. Iyer RS, Babani VR, Yaman P, Dennison J. Color match using instrumental and visual methods for single, group, and multi-shade composite resins. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33(2):394-400.
294. Sharma G WW, Dalal E. . The CIEDE2000 color-difference formula: implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. . *Color Res Appl.* 2005.
295. Carlos NR, Pinto A, do Amaral F, Franca F, Turssi CP, Basting RT. Influence of Staining Solutions on Color Change and Enamel Surface Properties During At-home and In-office Dental Bleaching: An In Situ Study. *Oper Dent.* 2019;44(6):595-608.
296. Klaric Sever E, Budimir Z, Cerovac M, Stambuk M, Par M, Negovetic Vranic D, et al. Clinical and patient reported outcomes of bleaching effectiveness. *Acta Odontol Scand.* 2018;76(1):30-8.
297. Mushashe AM, Coelho BS, Garcia PP, Rechia BN, da Cunha LF, Correr GM, et al. Effect of different bleaching protocols on whitening efficiency and enamel superficial microhardness. *J Clin Exp Dent.* 2018;10(8):e772-e5.
298. L. G. The bleaching materials. *Bleaching techniques in restorative dentistry-an illustrated guide* New York: Martin Dunitz.; 2001. p. 31-60.
299. Mielczarek A, Klukowska M, Ganowicz M, Kwiatkowska A, Kwasny M. The effect of strip, tray and office peroxide bleaching systems on enamel surfaces in vitro. *Dent Mater.* 2008;24(11):1495-500.
300. Braun A, Jepsen S, Krause F. Spectrophotometric and visual evaluation of vital tooth bleaching employing different carbamide peroxide concentrations. *Dent Mater.* 2007;23(2):165-9.

301. Markovic L, Fotouhi K, Lorenz H, Jordan RA, Gaengler P, Zimmer S. Effects of bleaching agents on human enamel light reflectance. *Oper Dent*. 2010;35(4):405-11.
302. Martin J, Vildosola P, Bersezio C, Herrera A, Bortolatto J, Saad JR, et al. Effectiveness of 6% hydrogen peroxide concentration for tooth bleaching-A double-blind, randomized clinical trial. *J Dent*. 2015;43(8):965-72.
303. Lima SNL, Ribeiro IS, Grisotto MA, Fernandes ES, Hass V, de Jesus Tavarez RR, et al. Evaluation of several clinical parameters after bleaching with hydrogen peroxide at different concentrations: A randomized clinical trial. *J Dent*. 2018;68:91-7.
304. Kawamoto K, Tsujimoto Y. Effects of the hydroxyl radical and hydrogen peroxide on tooth bleaching. *J Endod*. 2004;30(1):45-50.
305. Ausschill TM, Hellwig E, Schmidale S, Sculean A, Arweiler NB. Efficacy, side-effects and patients' acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home). *Oper Dent*. 2005;30(2):156-63.
306. de Carvalho AC, de Souza TF, Liporoni PC, Pizi EC, Matuda LA, Catelan A. Effect of bleaching agents on hardness, surface roughness and color parameters of dental enamel. *J Clin Exp Dent*. 2020;12(7):e670-e5.
307. Borges AB, Zanatta RF, Barros AC, Silva LC, Pucci CR, Torres CR. Effect of hydrogen peroxide concentration on enamel color and microhardness. *Oper Dent*. 2015;40(1):96-101.
308. Barbosa CM, Sasaki RT, Florio FM, Basting RT. Influence of time on bond strength after bleaching with 35% hydrogen peroxide. *J Contemp Dent Pract*. 2008;9(2):81-8.
309. Gerlach RW, Barker ML, Sagel PA. Objective and subjective whitening response of two self-directed bleaching systems. *Am J Dent*. 2002;15 Spec No:7A-12A.
310. Meireles SS, Heckmann SS, Leida FL, dos Santos Ida S, Della Bona A, Demarco FF. Efficacy and safety of 10% and 16% carbamide peroxide tooth-whitening gels: a randomized clinical trial. *Oper Dent*. 2008;33(6):606-12.
311. de Freitas PM, Turssi CP, Hara AT, Serra MC. Monitoring of demineralized dentin microhardness throughout and after bleaching. *Am J Dent*. 2004;17(5):342-6.
312. Grobler SR, Hayward R, Wiese S, Moola MH, van WKTJ. Spectrophotometric assessment of the effectiveness of Opalescence PF 10%: a 14-month clinical study. *J Dent*. 2010;38(2):113-7.
313. Berger SB, Coelho AS, Oliveira VA, Cavalli V, Giannini M. Enamel susceptibility to red wine staining after 35% hydrogen peroxide bleaching. *J Appl Oral Sci*. 2008;16(3):201-4.
314. Zekonis R, Matis BA, Cochran MA, Al Shetri SE, Eckert GJ, Carlson TJ. Clinical evaluation of in-office and at-home bleaching treatments. *Oper Dent*. 2003;28(2):114-21.

315. Lussi A, Lussi J, Carvalho TS, Cvikl B. Toothbrushing after an erosive attack: will waiting avoid tooth wear? *Eur J Oral Sci.* 2014;122(5):353-9.

8. EKLER

EK-1: Tez Çalışması ile İlgili Etik Kurul İzni



T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557

743

Konu :

ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi : 19 NİSAN 2022 SALI
Toplantı No : 2022/07
Proje No : GO 22/420 (Değerlendirme Tarihi: 19.04.2022)
Karar No : 2022/07-46

Üniversitemiz Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Doç. Dr. Fatma DİLŞAD ÖZ'ün sorumlu araştırmacı olduğu, Dt. Ebru ÖZKAN'ın uzmanlık tezi olan, GO 22/420 kayıt numaralı "*Farklı Beyazlatma Ajanlarının Diş Minesinin Mineral Değişimi Üzerindeki Etkileri ve Uygulama Sonrasında Diş Rengi Değişiminin Değerlendirilmesi*" başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, 16 Mayıs 2022 – 16 Kasım 2022 tarihleri arasında geçerli olmak üzere etik açıdan **uygun bulunmuştur**. Çalışma tamamlandığında sonuçlarını içeren bir rapor örneğinin Etik Kurulumuza gönderilmesi gerekmektedir.

- | | | | |
|-----------------------------------|----------|-------------------------------|-------|
| 1. Prof. Dr. G. Burça AYDIN | (Başkan) | 8. Doç. Dr. Hande Güney DENİZ | (Üye) |
| 2. Prof. Dr. M. Özgür UYANIK | (Üye) | 9. Doç. Dr. Tolga YILDIRIM | (Üye) |
| 3. Prof. Dr. Ayşe Kin İŞLER | (Üye) | İZİNLİ | |
| 4. Prof. Dr. Sibel PEHLİVAN | (Üye) | 10. Doç. Dr. Merve BATUK | (Üye) |
| 5. Doç. Dr. H. Tuna Çak ESEN | (Üye) | 11. Doç. Dr. Gülten KOÇ | (Üye) |
| 6. Doç. Dr. Nüket Paksoy ERBAYDAR | (Üye) | 12. Dr. Öğr. Üyesi Müge DEMİR | (Üye) |
| 7. Doç. Dr. Betül Çelebi SALTİK | (Üye) | 13. Av. Buket ÇINAR | (Üye) |

EK-2: Tez Çalışması Orjinallik Raporu



Turnitin Orijinallik Raporu

tez ebru özkan Ebru Özkan tarafından
tez ebru özkan (tez ebru özkan) den

- 06-Eki-2022 17:11 +03' de işleme konu
- NUMARA: 1918234032
- Kelime Sayısı: 20561

Benzerlik Endeksi

%13

Kaynağa göre Benzerlik

Internet Sources:
%13

Yayınlar:
%3

Öğrenci Ödevleri:
%1

kaynaklar:

4% match (02-Eki-2022 tarihli internet)

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/414931/yokAcikBilim_10334539.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

1% match (15-Nis-2022 tarihli internet)

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/152600/yokAcikBilim_437042.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

1% match (30-Tem-2022 tarihli internet)

<http://docplayer.biz.tr/45670418-Dis-hekimi-kontrolunde-olmayan-beyazlatma-urunlerinin-genc-daimi-disler-uzerine-etkilerinin-degerlendirilmesi-zeynep-yilmaz.html>

1% match (26-Eki-2021 tarihli internet)

http://www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11655/11989/Ayb_u%cc%88ke%20USLU.pdf?isAllowed=y&sequence=1

< 1% match (02-Eki-2022 tarihli internet)

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/415998/yokAcikBilim_10184003.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

< 1% match (25-Eyl-2022 tarihli internet)

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/431215/yokAcikBilim_10331832.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

< 1% match (14-Şub-2022 tarihli internet)

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/101921/yokAcikBilim_10130070.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

< 1% match (01-Eki-2022 tarihli internet)

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/396514/yokAcikBilim_10222177.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

< 1% match (30-Eyl-2022 tarihli internet)

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/492628/yokAcikBilim_445430.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

< 1% match (04-Eki-2022 tarihli internet)

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/363518/yokAcikBilim_10320513.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

< 1% match (24-Eyl-2022 tarihli internet)

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/340387/yokAcikBilim_463543.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

9. ÖZGEÇMİŞ

1. KİŞİSEL BİLGİLER

ADI, SOYADI:	EBRU ÖZKAN
HALEN GÖREVİ: Araştırma Görevlisi	

2. EĞİTİM

YILI	DERECESİ	ÜNİVERSİTE	ÖĞRENİM ALANI
2012-2018	Yüksek Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi	Diş Hekimliği
2020-2023	Diş Hekimliğinde Uzmanlık	Hacettepe Üniversitesi	Restoratif Diş Tedavisi

3. AKADEMİK DENEYİM

GÖREV DÖNEMİ	UNVAN	BÖLÜM	ÜNİVERSİTE
2020-2023	Araş. Gör.	Restoratif Diş Tedavisi AD	Hacettepe Üniversitesi

4. ÇALIŞMA ALANLARI

ÇALIŞMA ALANI	ANAHTAR SÖZCÜKLER
Restoratif Diş Tedavisi	Beyazlatma, Estetik kompozit, Çürük

5. SON 5 YILDAKİ ÖNEMLİ YAYINLAR