

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

NANO HİDROKSİAPATİT İÇEREN BEYAZLATMA
AJANININ SAĞLAM VE DEMİNERALİZE DİŞ MİNESİ
ÜZERİNDE ETKİSİNİN İN VİTRO OLARAK İNCELENMESİ

DT. MERVE HABERAL

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Çiğdem ÇELİK

2023 - KIRIKKALE

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

NANO HİDROKSİAPATİT İÇEREN BEYAZLATMA
AJANININ SAĞLAM VE DEMİNERALİZE DİŞ MİNESİ
ÜZERİNDE ETKİSİNİN İN VİTRO OLARAK İNCELENMESİ

DT. MERVE HABERAL

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Çiğdem ÇELİK

2023 - KIRIKKALE

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda Uzmanlık Programı çerçevesinde yürütölmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 07/07/2023

Prof. Dr. Çiğdem ÇELİK

Kırıkkale Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Jüri Başkanı

Doç. Dr. Yusuf BAYRAKTAR

Kırıkkale Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Üye

Doç. Dr. Emel KARAMAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Üye

Doç. Dr. Meltem HENDEK

Kırıkkale Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Hasibe Sevilay BAHADIR

Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Üye

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY

İÇİNDEKİLER.....	I
ÖNSÖZ.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VII
ŞEKİLLER.....	IX
TABLolar.....	XII
ÖZET.....	XIII
SUMMARY.....	XV
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Diş Sert Dokuları.....	3
2.1.1. Mine Dokusu	3
2.1.2. Dentin Dokusu	3
2.1.3. Sement Dokusu	5
2.2. Diş Sert Dokularının Demineralizasyonu ve Remineralizasyonu.....	5
2.3. Diş Renklenmeleri.....	6
2.4. Diş Beyazlatma	7
2.4.1. Diş Beyazlatmanın Tarihçesi	7

2.4.2. Diş Beyazlatma Ajanları	8
2.4.2.1. Hidrojen Peroksit	8
2.4.2.2. Karbamid Peroksit	9
2.4.2.3. Sodyum Perborat	9
2.4.2.4. Nano Hidroksiapatit İçeren Diş Beyazlatma Ajanları	10
2.4.3. Diş Beyazlatma Tedavisinin Mekanizması	11
2.4.4. Diş Beyazlatma Tedavileri	12
2.4.5. Diş Beyazlatma Tedavisinin Endikasyonları	12
2.4.6. Diş Beyazlatma Tedavisinin Kontraendikasyonları	13
2.4.7. Diş Beyazlatma Tedavi Yöntemleri.....	13
2.4.7.1. Vital Diş Beyazlatma Tedavi Yöntemleri.....	13
2.4.7.1.1. Ev Tipi Diş Beyazlatma Tedavisi	13
2.4.7.1.2. Ofis Tipi Diş Beyazlatma Tedavisi.....	16
2.4.7.1.3. Ev ve Ofis Tipi Diş Beyazlatma Ajanlarının Birlikte Kullanıldığı Kombine Tedaviler	18
2.4.7.1.4. Tezgah Üstü Ürünler ile Diş Beyazlatma (OTC - Over The Counter)	18
2.4.7.2. Devital Diş Beyazlatma Tedavi Yöntemleri.....	19
2.4.8. Diş Beyazlatma Tedavisinin Yan Etkileri	20
2.4.9. Diş Sert Dokularının Yüzey Özelliklerini İnceleme Yöntemleri	22

2.4.9.1. Yüzey Sertliği Ölçümü	22
2.4.9.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü (Kontak Profilometre, Nonkontak [Optik] Profilometre).....	23
2.4.9.3. Minerallerin Kimyasal Analizi	24
2.4.9.4. Mikroradyografi	24
2.4.9.5. Ultrasonografi.....	24
2.4.9.6. Kantitatif Işıkla İndüklenen Floresans (QLF)	25
2.4.9.7. Optik Koherens Tomografi (OCT).....	25
2.4.9.8. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)	26
2.4.9.9. Mikroskobik Değerlendirmeler	26
2.4.9.9.1. Işık Mikroskobu (Steromikroskop)	26
2.4.9.9.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	26
2.4.9.9.3. Transmission Elektron Mikroskobu (TEM).....	27
2.4.9.9.4. Konfokal Lazer Taramalı Elektron Mikroskobu (CLSM)	27
2.5. Çalışmanın Amacı	28
3. GEREÇ VE YÖNTEM	30
3.1. Örneklerin Hazırlanması	31
3.2. Demineralizasyon Solüsyonunun Hazırlanması.....	33
3.3. Yapay Tükürük Solüsyonunun Hazırlanması	33
3.4. Demineralizasyon Döngüsü	33
3.5. Çalışma Gruplarında Kullanılan Beyazlatma Ajanları.....	35

3.6. Çalışma Gruplarının Belirlenmesi ve Beyazlatma İşlemleri	36
3.7. Yüzey İşlemlerinin Etkinliğinin Değerlendirilmesi	40
3.7.1. Örneklerin Optik Profilometre Analizi	40
3.7.2. Örneklerin Mikrosertlik Analizi	41
3.7.3. Örneklerin Elektron Taramalı Mikroskopu (SEM) Analizi	42
3.8. İstatistiksel Değerlendirme	43
4. BULGULAR	44
4.1. Örneklerin Yüzey Pürüzlülüğü Bulgularının Değerlendirilmesi	44
4.2. Örneklerin Mikrosertlik Bulgularının Değerlendirilmesi	46
4.3. Örneklerin Üç Boyutlu Optik Profilometre Görüntülerinin İncelenmesi	48
4.4. Örneklerin SEM ile Yüzey Topografisinin Görüntülenmesi	52
5. TARTIŞMA	56
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	66
7. KAYNAKLAR.....	67
8. EKLER.....	89
EK 1	
9. ÖZGEÇMİŞ.....	90

ÖNSÖZ

Hem lisans hem uzmanlık eğitimim boyunca öğrencisi olmaktan mutluluk duyduğum, disiplinli çalışmanın önemini bana öğreten, meslek ahlakı ile her zaman örnek olan, tüm bilgi ve tecrübelerini sabırla aktaran, yardıma ihtiyaç duyduğum zamanlarda tüm hoşgörüsüyle destek olan, tezimi tamamlamam konusunda her koşulda titiz ve özverili davranan çok sevgili danışman hocam Sayın Prof. Dr. Çiğdem ÇELİK'e;

Uzmanlık eğitimim boyunca hem klinik hem akademik alanda bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Sayın Doç. Dr. Yusuf BAYRAKTAR'a;

Asistanlık sürecimde içtenlik ve güler yüzüyle yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Gökhan KARADAĞ'a;

Özellikle tez çalışma sürecimde olmakla birlikte tüm uzmanlık eğitimim boyunca ne konuda desteğe ihtiyaç duysam gönül rahatlığıyla yanına gidebildiğim, kendi bilgi ve tecrübelerini samimi bir şekilde benimle paylaşan, desteğini çokça hissettiğim, özel hayatta da güzel kalbiyle yanımda olan arkadaşım Uzm. Dt. Melek KÜÇÜKOSMANOĞLU'na;

Fakülteye geldiğim andan itibaren bana hiç yabancılık çektirmeyen, hem eğitim hem özel hayatımda iyi ki tanıdım dediğim, birlikte çalışmaktan çok zevk aldığım, desteklerini ve yardımlarını her zaman hissettiğim, bu süreci gülümseyerek hatırlamamı sağlayacak çokça anı biriktirdiğim, ve bundan sonra da bu anıların birikmeye devam etmesini umduğum çok sevgili ark.'ım Uzm. Dt. Behiye Esra BİBEROĞLU, Uzm. Dt. İrem ÇETİNBAK GÜVENÇ, Uzm. Dt. Selin POLATOĞLU'na;

Uzmanlık eğitimim süresince destekleri ile her zaman yanımda olan, birlikte uyumlu şekilde çalıştığım sevgili asistan ark.'ım Dt. Baturalp AYHAN, Dt. Betül ERDAL, Dt. Ezgi TÜRKOĞLU, Dt. Ahmet Yasin İREN, Dt. Erhan AL, Dt. Merve DUMAN ve Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı ailesine;

Fakülte yolunu eğlenceli hale getiren, farklı bölümlerde olsak da desteğini her zaman hissettiren sevgili arkadaşım Uzm. Dt. Ayşe Nur GÜMÜŞ'e ve lise yıllarından beri acı tatlı birçok şey paylaştığım, bu süreçte verdiği motivasyonla enerjimi hep yüksek tutmamı sağlayan canım arkadaşım Dr. Dt. Ezgi ERDENOL'a;

Dünyada tanıdığım en düşünceli insanlardan olan, beni kız kardeşi olarak gördüğünü kalbimde hissettiren, ilkokul yıllarından beri kopmadığım bir tanecik arkadaşım Merve Nur GÜVEN BİÇER'e;

Hayatta her zaman ileri görüşlü olmamı sağlayan, verdiği enerjiyle her zorluğun üstesinden gelebilecek cesaret ve gücü tüm bedenimde bana hissettiren, düştüğümde kaldıran, güzel anlarımda hep yanımda olan can parçam biricik annem Mehtap HABERAL'a, maddi ve manevi olarak bu günlere gelmemde verdiği emeklerin karşılığını ödeyemeyeceğim, tüm zorlu yollarda sırtımı yaslayabildiğim biricik babam Mehmet HABERAL'a, her konuda yanımda olan, hayattaki daimi arkadaşım, iyi ki var dediğim biricik kardeşim Mete HABERAL'a

Tüm kalbimle sonsuz teşekkür ediyorum.



SİMGELER VE KISALTMALAR

+	: Artı
±	: Artı Eksi
%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece
=	: Eşittir
>	: Büyüktür
<	: Küçüktür
ACP	: Amorf Kalsiyum Fosfat
AFM	: Atomik Kuvvet Mikroskobu
ATR-FTIR	: Zayıflatılmış Toplam Yansıma-Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
Ca	: Kalsiyum
Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH) ₂	: Hidroksiapatit
CaCl ₂ ·2H ₂ O	: Kalsiyum Klorür Dihidrat
CLSM	: Konfokal Lazer Taramalı Elektron Mikroskobu
CO ₂	: Karbondioksit
CP	: Karbamid Peroksit
CPP-ACP	: Kazein Fosfopeptit-Amorf Kalsiyum Fosfat
dk	: Dakika
F	: Florür
FE-SEM	: Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu
EDS	: Enerji Dağılım Spektroskopisi
gr	: Gram
HAP	: Hidroksiapatit

HP	: Hidrojen Peroksit
KH_2PO_4	: Potasyum Dihidrojen Fosfat
KCl	: Potasyum Klorür
kgf/mm^2	: Kilogram-Kuvvet Bölü Milimetre Kare
mA	: Miliamper
mm	: Milimetre
μm	: Mikrometre
NaCl	: Sodyum Klorür
n-HAP	: Nano Hidroksiapatit
nm	: Nanometre
O	: Oksijen
OCT	: Optik Koharens Tomografi
OTC	: Tezgah Üstü Ürünler
R_a	: Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Roughness average)
s	: Saat
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
sn	: Saniye
TEM	: Transmission Elektron Mikroskobu
3D	: Üç Boyutlu
QLF	: Kantitatif Işıklı İndüklenen Floresans Tekniği
Zn-HAP	: Çinko Hidroksiapatit

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Karbamid peroksitin hidrojen peroksit ve üreye parçalanması.....	11
Şekil 3.1.Çalışmanın akış şeması.....	30
Şekil 3.2. Micracut 151 hassas kesme cihazı	31
Şekil 3.3. Dişlerin meziodistal yönde ikiye ayrılması.....	31
Şekil 3.4. Mine örnekleri	32
Şekil 3.5. Örneklerin parlatma işleminin yapıldığı polisaj cihazı (Forcipol IV)	32
Şekil 3.6. Parlatılmış mine örnekleri.....	32
Şekil 3.7. Demineralizasyon döngüsü.....	34
Şekil 3.8. Çalışmada test edilen gruplar.....	36
Şekil 3.9. %40 hidrojen peroksit içeren beyazlatma ajanının hazırlanması.....	37
Şekil 3.10. %40 hidrojen peroksit içeren beyazlatma ajanının örnek yüzeyine uygulanması	37
Şekil 3.11. %16 karbamid peroksit içeren beyazlatma ajanının örnek yüzeyine uygulanması	38
Şekil 3.12. %40 hidrojen peroksit + n-HAP içeren beyazlatma ajanının örnek yüzeyine uygulanması	38
Şekil 3.13. %6 hidrojen peroksit + n-HAP içeren beyazlatma ajanının örnek yüzeyine uygulanması	39
Şekil 3.14. Profilm 3D optik profilometre cihazı ile örnek yüzeyinin incelenmesi.....	41
Şekil 3.15. DuraScan 20 G5 cihazı ile örneğin mikrosertlik ölçümü	42
Şekil 3.16. Örneklerde oluşan mikrosertlik izinin mikroskop görüntüsü	42
Şekil 3.17. Hitachi SU-1500 SEM cihazı	43

Şekil 4.1. Çalışma gruplarının ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri (μm)	46
Şekil 4.2. Çalışma gruplarının ortalama mikrosertlik değerleri (kgf/mm^2).....	48
Şekil 4.3. G1 (Pozitif kontrol)'e ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü.....	48
Şekil 4.4. G2'ye ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü.	49
Şekil 4.5. G3'e ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü...	49
Şekil 4.6. G4'e ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü...	49
Şekil 4.7. G5'e ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü...	50
Şekil 4.8. G6 (Negatif kontrol)'ya ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü.....	50
Şekil 4.9. G7'ye ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü.	50
Şekil 4.10. G8'e ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü.	51
Şekil 4.11. G9'a ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü.	51
Şekil 4.12. G10'a ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü.	51
Şekil 4.13. G1'e ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri	52
Şekil 4.14. G2'ye ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri	52
Şekil 4.15. G3'e ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri	53
Şekil 4.16. G4'e ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri	53
Şekil 4.17. G5'e ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri	53

Şekil 4.18. G6'ya ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri 54

Şekil 4.19. G7'ye ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri 54

Şekil 4.20. G8'e ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri 54

Şekil 4.21. G9'a ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri 55

Şekil 4.22. G10'a ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri 55

TABLÖLAR

Tablo 2.1. Beyazlatma tedavilerinin kronolojik gelişimi	8
Tablo 2.2. Ev tipi beyazlatma tedavisinde kullanılan güncel materyaller.....	15
Tablo 2.3. Ofis tipi beyazlatma tedavilerinde kullanılan güncel materyaller	17
Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan beyazlatma ajanlarının adı, üretici firması, üretim numarası ve kimyasal içeriği	35
Tablo 4.1. Çalışma gruplarının yüzey pürüzlülüğü değerleri (μm) [Ortanca (min-max)-Ortalama $\pm$ S.S].....	45
Tablo 4.2. Çalışma gruplarının mikrosertlik değerleri (kgf/mm^2) [Ortanca (min-max)-Ortalama $\pm$ S.S].....	47

ÖZET

Nano Hidroksiapatit İçeren Beyazlatma Ajanının Sağlam ve Demineralize Diş Minesi Üzerinde Etkisinin İn Vitro Olarak İncelenmesi

Amaç: Bu in vitro çalışmanın amacı, %40 hidrojen peroksit, %40 hidrojen peroksit + nano hidroksiapatit içeren ofis tipi, %16 karbamid peroksit ve %6 hidrojen peroksit + nano hidroksiapatit içeren ev tipi beyazlatma ajanlarının, sağlam ve demineralize diş minesinin mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada sağlam insan üçüncü molar dişlerinden elde edilen toplam 120 adet mine örneği kullanıldı. Örneklerin yarısına demineralizasyon döngüsü uygulandı. Sağlam ve demineralize örnekler uygulanan beyazlatma ajanına göre 5 alt gruba ayrıldı (n=12). I: Kontrol (beyazlatma ajanı uygulaması yok), II: %40 hidrojen peroksit (Opalescence Boost, Ultradent, South Jordan, UT, ABD), III: %16 karbamid peroksit (Opalescence PF %16, Ultradent, South Jordan, UT, ABD), IV: %40 hidrojen peroksit + n-HAP (BioWhiten ProOffice PowerHP %40, Biodent Medikal Ürünler ve Hizmetler Tic.Ltd.Şti., İstanbul, Türkiye), V: %6 hidrojen peroksit + n-HAP (Biodent Medikal Ürünler ve Hizmetler Tic.Ltd.Şti., İstanbul, Türkiye). Daha sonra örneklerin optik profilometre ile yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçüldü. Vickers yüzey mikrosertlik değerleri kaydedildi. Her gruptan rastgele seçilen 3 örnek Taramalı Elektron Mikroskobu ile X1000 ve X4000 büyütmelemlerde incelendi. Çalışmada elde edilen veriler, Shapiro-Wilk, Mann-Whitney U, Kruskal-Wallis H, Bonferroni post hoc testleri ile istatistiksel olarak analiz edildi ($p<0,05$).

Bulgular: Çalışmanın bulgularına göre sağlam ve demineralizasyon döngüsüne tabi tutulan grupların yüzey pürüzlülük ve mikrosertlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$). Demineralizasyon varlığında %16 CP içeren ev tipi diş beyazlatma ajanı uygulanan grupta elde edilen pürüzlülük değeri, negatif kontrol grubuna ve %40 HP içeren ofis tipi diş beyazlatma ajanı uygulanan gruba göre anlamlı derecede yüksekti ($p<0,05$). %40 HP içeren diş beyazlatma ajanı uygulanan grubun mikrosertlik değerinin diğerlerine göre anlamlı derecede düşük olduğu tespit edildi ($p<0,05$). Negatif kontrol grubunun mikrosertlik değeri, %6 HP + n-HAP içeren ev tipi diş beyazlatma ajanı uygulanan grubun mikrosertlik değeriyle kıyaslandığında anlamlı

derecede düşük bulundu ($p<0,05$). SEM analizinde demineralizasyon döngüsü uygulanan gruplarda daha pürüzlü bir yapı tespit edildi. Nano hidroksiapatit içeren beyazlatma ajanının uygulandığı örneklerde, n-HAP'in yüzeyde biriktiği alanlar dikkati çekti.

Sonuç: Bu in vitro çalışmanın kısıtlılıkları dahilinde, demineralizasyona maruz kalan mine yüzeyinde n-HAP içeren ev tipi beyazlatma ajanlarının kullanılması önerilebilir.

Anahtar Sözcükler: Diş beyazlatma, nano hidroksiapatit, demineralizasyon, remineralizasyon, yüzey mikrosertliği, yüzey pürüzlülüğü, SEM

SUMMARY

In Vitro Evaluation of the Effect of Bleaching Agents Containing Nano Hydroxyapatite on Sound and Demineralized Enamel

Aim: The aim of this in vitro study was to determine the effects of office bleaching agents containing 40% hydrogen peroxide, 40% hydrogen peroxide + nano hydroxyapatite (n-HAP) and home bleaching agents containing 16% carbamide peroxide and 6% hydrogen peroxide + n-HAP on the microhardness and surface roughness of sound and demineralized tooth enamel.

Materials and Methods: A total of 120 enamel specimens obtained from intact human third molar teeth were used in this study. The demineralization cycle was applied to half of the specimens. Sound and demineralized specimens were divided into 5 subgroups according to the bleaching agent applied (n=12). I: Control (no bleaching agent application), II: 40% hydrogen peroxide (Opalescence Boost, Ultradent, South Jordan, UT, USA), III: 16% carbamide peroxide (Opalescence PF 16%, Ultradent, South Jordan, UT, USA), IV: 40% hydrogen peroxide + n-HAP (BioWhiten ProOffice PowerHP 40%, Biodent Medical Products and Services Tic.Ltd.Şti., Istanbul, Turkey), V: 6% HP hydrogen peroxide + n-HAP (BioWhiten ProHomeWhitening 6%, Biodent Medical Products and Services Tic.Ltd.Şti., Istanbul, Turkey). Then, surface roughness values were measured with the optical profilometer. The Vickers microhardness values were recorded. The three randomly selected specimens from each group were examined with a Scanning Electron Microscope (SEM) at X1000 and X4000 magnifications. The data were statistically analyzed with Shapiro-Wilk, Mann-Whitney U, Kruskal-Wallis H and Bonferroni post hoc tests ($p<0.05$).

Results: According to the findings of the study, a statistically significant difference was found between the surface roughness and microhardness values of the sound and demineralized groups ($p<0.05$). In the presence of demineralization, the roughness value obtained in the group treated with a home bleaching agent containing 16% CP was significantly higher than the negative control group and the group treated with for office bleaching agent containing 40% HP ($p<0.05$). It was determined that the microhardness value of the 40% HP containing group for office bleaching was significantly lower than the others ($p<0.05$). The microhardness value of the negative control group was found to be significantly lower when compared to the home bleaching agent group containing 6% HP + n-HAP ($p<0.05$). In the SEM analysis, a rougher

structure was detected in the demineralized groups. In the nano hydroxyapatite containing bleaching agent groups, the n-HAP accumulated areas on the surface of the specimens attracted attention.

Conclusion: Within the limitations of this in vitro study, it might be recommended to use home bleaching agents containing n-HAP on enamel surfaces exposed to demineralization.

Keywords: Dental bleaching, nano hydroxyapatite, demineralization, remineralization, surface roughness, surface microhardness, SEM



1. GİRİŞ

Günümüzde bireyler bembeyaz ve estetik bir gülüş için sıklıkla diş kliniklerine başvurmaktadır. Bu durum klinisyenleri invaziv restorasyonlara alternatif olarak diş beyazlatma gibi tedavilere yönlendirmiştir (Bezerra-Júnior, Silva, Martins, Cohen-Carneiro & Pontes, 2016; Demarco, Meireles & Masotti, 2009).

Diş beyazlatma tedavisinde reaktif oksijen molekülleri açığa çıkardığı için aktif ajan olarak hidrojen peroksit kullanılır (Perdigão, 2010). Hidrojen peroksit; karbamid peroksit ya da sodyum perborattan kimyasal reaksiyonla da ortaya çıkabilir. Günümüzde ofis tipi beyazlatma tedavilerinde hidrojen peroksitin en çok %20-%40'luk konsantrasyonları kullanılmaktadır (De Geus, Wambier, Kossatz, Loguercio & Reis, 2016; Rezende, Loguercio, Kossatz & Reis, 2016). Hidrojen peroksit uygulamasıyla açığa çıkan reaktif monomerler uzun zincirli, koyu renkli kromojenik yapılara etki eder. Bunları daha küçük, daha açık renkli ve daha kolay difüze olabilir bir şekle dönüştürürler (Seghi & Denry, 1992). Hidrojen peroksitin parçalanması sonucu ortaya çıkan oksijen molekülleri dişlere penetre olarak pigment molekülleri parçalar ve beyazlatma işlemi gerçekleşir (Greenwall, 2001). Karbamid peroksit ise genellikle evde uygulanan diş beyazlatma tedavileri için %10-%25'lik konsantrasyonlarda kullanılır. %10'luk karbamid peroksit, %3.6'luk hidrojen peroksit dönüşerek, üre, amonyak, CO₂ açığa çıkarır. Hidrojen peroksit iyonize olarak su ve oksijene parçalanır ve oksidasyon reaksiyonu sonucu diş beyazlar.

Hidrojen peroksit moleküllerinin etki mekanizması diş morfolojisini ve yapısını bozabilir (Kwon & Wertz, 2015). Hidrojen peroksitin %15'lik konsantrasyonunun maksimum etkili olduğunu ve daha yüksek bir konsantrasyonun mine sertliği, yüzey morfolojisi ve ortamın asiditesini değiştirdiği, bununla birlikte beyazlatma etkisini iyileştirmedeğini bildiren araştırmacılar vardır (Grazioli ve ark., 2018). Asidik pH seviyeleri, mine ve dentinin mineral içeriğini azaltabilir. Yüzey morfolojisindeki bu değişiklik mikrosertlik değerini azaltırken, pürüzlülüğü artırır (Loguercio ve ark., 2017). Yüksek konsantrasyonlardaki peroksitin minede morfolojik değişikliklere neden olabileceği bildirilmiştir. Bu etkiler, tedavi süresinin uzaması ile yoğunlaşıp, dişin kalsiyum ve fosfor bileşiminde değişikliklere sebep olabilmektedir (Llena, Esteve & Forner, 2017).

Dişlerde demineralizasyona neden olan temel etkenler; yiyecek veya içeceklerle alınan diyet asitleri, mide asidinin dişlerle teması ve ağızda bulunan bakterilerin mikrobiyal müdahalesidir. Asidin pH'ına bağlı olarak mine yüzeyinde üç aşamalı değişim tanımlanmıştır

(Lussi ve ark., 2012). Diş yüzeyleri pH <1 olan asitlere maruz kaldıklarında, çok kısa sürelerde yüzeyde aşınma görülebilir. Diş yüzeyi pH 2-4 arasında olan asitlere kısa süreli maruz kaldığında nano ölçekli yüzey yumuşaması meydana gelir. Üçüncü ve en yaygın olan ise, zayıf asitlerin (pH 4,5-6,9) sebep olduğu yüzey altı çözünmesidir (Abou Neel ve ark., 2016).

Diş sert dokuları yaşam boyu demineralizasyonun etkisi altındadır. Günümüzde diş beyazlatma yaygın olarak kullanılan bir tedavi seçeneğidir. Klinik açıdan değerlendirildiğinde ise başlangıç seviyesinde bir demineralizasyonun teşhis edilmesinin oldukça zor olduğu bir gerçektir. Bununla birlikte, diş beyazlatma ajanlarının demineralize mine yüzeyinde etkisini araştıran çalışmaların az sayıda olduğu görülmektedir (Eskelsen ve ark., 2018; Owda & Sancakli, 2021; Wang ve ark., 2017). Nano hidroksiapatit gibi diş yapılarında koruyucu etki gösteren maddeler içeren beyazlatma ajanlarının mine yüzeyindeki etkileri de hala araştırılmaya devam edilmektedir (Abou Neel ve ark., 2016; Azrak, Callaway, Kurth & Willershausen, 2010; Cavalli ve ark., 2018).

Bu tez çalışmasında, %40 hidrojen peroksit, %40 hidrojen peroksit + n-HAP içeren ofis tipi, %16 karbamid peroksit ve %6 hidrojen peroksit ve n-HAP içeren ev tipi diş beyazlatma ajanlarının, sağlam ve demineralize diş minesini üzerinde mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü açısından etkileri in vitro olarak incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Diş Sert Dokuları

2.1.1. Mine Dokusu

Diş minesi, dişin anatomik kronunun dış koruyucu tabakasını oluşturan, yapısal ve mekanik özelliklerin yanı sıra estetik görünüm ile ilişkilendirilen, dokuya özgü bir yapıdır (Jansen, 1946). Mine dokusu, memelilerde, patolojik bir durum olmaksızın mineralleşen epitel kaynaklı tek dokudur (Lacruz, Habelitz, Wright & Paine, 2017). Diş minesinin oluşumu, diş sürmeden önce, dentin ile üstteki ameloblast hücre tabakası arasında sınırlı kalan hücre dışı bir ortamda gerçekleşir (Moradian-Oldak, 2012). Mine oluşum süreci amelogenez olarak adlandırılır. Mine matriks proteinleri, ektodermal kökenli ameloblastlar tarafından mine boşluğuna salgılanır ve daha sonra yine ameloblastlar tarafından parçalanarak proteolitik olarak uzaklaştırılır. Sonuç olarak diş minesi, her biri tek bir ameloblast tarafından meydana getirilen ve mine-dentin birleşiminden mine yüzeyine uzanan çubuklardan oluşan karakteristik bir prizmatik görünüme sahiptir (Deakins & Volker, 1941; Schmitz ve ark., 2014).

Diş minesi %96 inorganik materyal, %1 organik matriks ve %3 oranında sudan oluşur (Xu, Yao, Walker & Wang, 2009). Minenin benzersiz fiziko-kimyasal özellikleri, yüksek hidroksiapatit içeriğinden, tek tek uzun apatit kristallerinin mine prizmalarına paralel düzenlenmesinden ve dikey prizmaların üç boyutlu düzene benzeyen bir parmaklık içinde iç içe hizalanmasından kaynaklanır (Pandya & Diekwisch, 2019). İnsan minesi sert, aselüler ve avasküler bir dokudur (Lacruz ve ark., 2017). Hücresiz olduğundan, hasar görmesi halinde kendiliğinden yenilenemez ve onarılamaz (Angelova Volponi, Zaugg, Neves, Liu & Sharpe, 2018). Bununla birlikte, çok yüksek oranda mineralize yapısı onu yıkıma karşı son derece dirençli hale getirir (Moradian-Oldak, 2009). Yüksek mineral içeriği, aynı zamanda mineyi, diş çürüğüne yol açan, ağızda bakteriler tarafından oluşturulan asitlerin yol açtığı demineralizasyona duyarlı hale getirir (Abou Neel ve ark., 2016).

2.1.2. Dentin Dokusu

Dentin, dişin ana kütesini oluşturan özel bir mineralize avasküler bağ dokusu olarak kabul edilir. Kronda mine, kökte sement ile örtülüdür ve tüm pulpa dokusunu çevrelemektedir. Dentin dokusu, minenin altında, 15-30 µm kalınlığında dış manto tabakasına sahiptir. Sementin altında, her biri yaklaşık 15-30 µm kalınlıkta olan Tomes granüler tabakası ve Hopewell-Smith

hiyalin tabakası bulunur. Pulpa dokusunu çevreleyen kısım, dentinin ana kütlesini oluşturur ve kalınlığı pulpa odasına doğru günde yaklaşık 4 µm artar (Goldberg, Kulkarni, Young & Boskey, 2011).

Diş gelişimi ve organogenez sırasında odontoblastlar, birincil dentini oluşturur. Kök tamamlandıktan sonra ise odontoblastlar, pulpayı çevreleyen sekonder dentini yavaş bir hızda hayat boyu oluşturmaya devam eder. Bu dentin, birincil dentinden daha az sayıda dentin tübülü içerir. Genellikle birincil ve ikincil dentin arayüzündeki tübüllerde bir bükülme görülür. Ayrıca çevresel koşullara cevap olarak ve uyarıların şiddetine göre tersiyer dentin yapımı gerçekleşebilir. Odontoblastlar reaksiyoner dentini oluştururken, diş pulpası kök hücreleri ise reaktif dentini oluşturur (Almushayt, Narayanan, Zaki & George, 2006).

Dentin, pulpa dokusundan mine dentin birleşimine (DEJ) ve sement dentin birleşimine (DCJ) kadar uzanan çok sayıda dentin tübülü içerdiğinden oldukça geçirgendir. Dentin, tübül yoğunluğu ve çapı açısından bölgesel farklılıklar gösterir. Tübüllerin çapları periferel dentinde 0,9 µm civarında gözlenirken pulpaya yaklaştıkça 2,5 µm'ye kadar çıkabilir (Kontakiotis, Tsatsoulis, Filippatos & Agraftoti, 2015). Kök dentininden farklı olarak kron dentininde tübüler alanın oranı daha yüksektir. Bununla birlikte, tübüller kök bölgesinde düzken kron kısmında hafif kıvrımlı şekilde görülür. Dentin tübülleri 2-6 µm kalınlığında yoğun peritübüler dentin ile çevrilidir. Bu durum, dentin mineral yoğunluğunun kronta kökten daha yüksek olduğunu ve pre-dentinin kronta kökten önemli ölçüde daha geniş olduğunu düşündürmektedir (Ponce, Sahli & Fernandez, 2001).

Dentin kimyasal olarak yaklaşık %70 inorganik materyal, %20 organik matristen ve %10 sudan oluşur. Buna ilave olarak dentinin organik bileşeni, %18 kollajen ve %2 kollajen olmayan proteinler (NCP), proteoglikanlar, büyüme faktörleri, fosfolipidler ve enzimler içerir. Matris, temel fibroblast büyüme faktörü, insülin benzeri büyüme faktörü, dönüştürücü büyüme faktörü-β ve kemik morfogenetik proteinleri (BMP) gibi büyüme faktörleri için bir depodur. Osteopontin ve osteokalsin gibi birkaç NCP, dentin ve kemikte yaygındır. Dentin fosfoproteini ise spesifik olarak dentinde bulunan bir NCP'dir (Um, Kim & Mitsugi, 2017). Dentinin inorganik bileşenleri, kemikte bulunanlara kıyasla daha büyük ve minede bulunanlardan çok daha küçük olan hidroksiapatit kristallerini oluşturan kalsiyum ve fosfat iyonlarıdır (Pajor, Pajchel & Kolmas, 2019).

2.1.3. Sement Dokusu

Sement, kökün dış yüzeyini kaplayan, genel olarak hücresiz ve hücreli sementten oluşan avasküler ve yaşam boyunca kalınlığı artan bir dokudur (Yamamoto, Hasegawa, Yamamoto, Hongo & Amizuka, 2016). Hücresiz sement yaklaşık olarak kökün koronal yarısında bulunan ve ilk oluşan sementtir. Hücreli sement dış okluzal düzleme ulaştıktan sonra oluşur ve yaklaşık olarak kökün apikal yarısını kaplar. Sementte inorganik materyal %65-50 ve organik matris %50-30 oranındadır (Berkovitz, Holland & Moxham, 2017).

Organik materyalin yaklaşık %90'ı kollajen liflerden ve daha spesifik olarak kollajen tip I'den oluşur. Sementte bulunan diğer kollajen türleri, tip III ve tip XII'dir (Nanci & Bosshardt, 2006). Yapılan bir çalışma ayrıca, tendonlar ve deri gibi dokularda bulunan kollajen tip XIV'ün varlığını da göstermiştir (Dos Santos ve ark., 2021). Organik materyalin geri kalanı, sialoproteinler, dentin matris proteini 1, dentin sialoprotein, fibronektin, osteokalsin, osteonektin, osteopontin, tenasin, proteoglikanlar, proteolipidler ve çeşitli büyüme faktörleri gibi kollajen olmayan matris proteinlerinden oluşur. Sementin inorganik bileşeni çoğunlukla ince ve plaka benzeri hidroksiapatit kristalleri şeklinde kalsiyum, fosfat, eser miktarda bakır, flor, demir, kurşun, potasyum, silikon, sodyum ve çinko gibi elementlerden meydana gelmektedir (Nanci & Bosshardt, 2006).

2.2. Diş Sert Dokularının Demineralizasyonu ve Remineralizasyonu

Demineralizasyon, mine, dentin, sement ve kemik gibi sert dokuların yapısında bulunan hidroksiapatit kristallerinden mineral iyonlarının uzaklaşması durumudur. Bu durumun aksine, mineral iyonlarının geri kazanılmasına remineralizasyon denir. Her iki süreç de, diş yüzeyinde meydana gelir. Demineralizasyon geri dönüşebilen bir süreç olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, diş dokusunda kısmen demineralize hidroksiapatit kristalleri, remineralizasyonu destekleyen ortam şartlarına maruz kaldıklarında orijinal boyutlarına dönebilmektedirler (Abou Neel ve ark., 2016).

Dişlerin kimyasal demineralizasyonu, yiyecek veya içecekler yoluyla tüketilen diyet asitleri ve ağızda bulunan bakterilerden kaynaklanan mikrobiyal asit saldırısı yoluyla oluşur. Ağızda bir asit saldırısı meydana geldiğinde, dişte hem organik hem de inorganik matris bileşenlerinin kimyasal çözünmesi ile demineralizasyon gerçekleşir. Demineralizasyon, sonrasında meydana gelen erozyon ve diş yüzeyi kaybı dinamik süreçlerdir (Featherstone & Lussi, 2006). Dünyada gazlı içeceklerin tüketiminin, tüketilen tüm sıvıların yarısından fazlası

olduğu düşünülmektedir (Tahmassebi, Duggal, Malik-Kotru & Curzon, 2006). Dişler aside maruz kaldığında, hidroksiapatit çözüldükçe daha yumuşak hale gelir ve bu nedenle mekanik aşınmaya karşı da daha duyarlı olur (Zhang ve ark., 2015).

Remineralizasyon, mineral iyonlarının hidroksiapatit kristallerine geri kazandırılarak demineralizasyon sürecinin tersine çevrilmesi olarak tanımlanmaktadır. Tükürük, florür uygulamaları, diyet kontrolü, probiyotikler, biyoaktif cam ve nano hidroksiapatit içeren bir takım bileşikler remineralizasyona yardımcı ajanlar olarak tanımlanmaktadır (Abou Neel ve ark., 2016).

2.3. Diş Renklenmeleri

Diş renklenmeleri; dişlerin üzerinde dış kaynaklı maddelerin birikimi ile oluşan dış kaynaklı (ekstrinsik), mine ve dentin dokusunun içerisinde sistemik hastalıklar ve çeşitli reaksiyonlar ile oluşan iç kaynaklı (intrinsik) renklenmeler olmak üzere ikiye ayrılır. İç kaynaklı renklenmeler; metabolik bozukluklar, tıbbi tedaviler, kalıtsal hastalıklar, idiyopatik hastalıklar ve travmatik nedenlerle oluşabilmektedir (Hattab, Qudeimat & AL-Rımwı, 1999; Joiner, Jones & Raven, 1995; Sulieman, 2005). Dış kaynaklı renklenmeler ise doğrudan (çay, kahve, tütün ürünleri tüketimi, ağız hijyeni eksikliği) ya da dolaylı (setilpiridinyum klorür ve klorheksidin gargaraları kullanımı) yoldan oluşabilmektedir (Christen, 1992; Prathap, Rajesh, Boloor & Rao, 2013; Proctor, Pramanik, Carpenter & Rees, 2005).

İç kaynaklı renklenmelerin nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

a) Metabolik bozukluklar

Konjenital hiperbilirubinemi, kalsifiye diş sert dokularında safra pigmentlerinin birikmesi sonucu oluşan sarı-yeşil renk değişikliği ile karakterizedir (Manuel, Abhishek & Kundabala, 2010).

b) Tıbbi tedaviler

Tetrasiklinler, esas olarak dentin içindeki hidroksiapatit kristallerinin yüzeyinde kalsiyum iyonları ile kompleksler oluşturmak için şelasyon yaparlar ve etkilenen dişin rengi sarı veya kahverengi-gri olma eğilimindedir (Watanabe ve ark., 1999).

c) Kalıtsal hastalıklar

Dentinogenezis imperfekta, kalıtsal bir dentin bozukluğudur. Dişler, kromojen yapıların gözenekli dentine emilimi sonucu kehribar, gri ile mor-mavi renklenme veya opak olarak görünebilir (Sánchez, Rogers III & Sheridan, 2004)

d) İdiopatik hastalıklar

Molar kesici diş hipomineralizasyonu, kesici dişleri ve daimi birince azı dişleri etkileyen şiddetli hipomineralize mine ile karakterize, etiyolojisi bilinmeyen bir durumudur. Hipomineralize minenin görünümü asimetriktir ve sarı veya kahverengimsi alanlar görünebilir (Hattab ve ark., 1999).

e) Travma

Mine hipoplazisi, pulpal hemorajik ürünler ve kök rezorpsiyonu travmatik nedenli iç kaynaklı renklenmelere örnektir (Suliman, 2005).

Diş kaynaklı renklenmelerin nedenleri ise doğrudan ve dolaylı renklenmeler olarak ikiye ayrılır:

a) Doğrudan Renklenme

Çay, kahve ve diğer içeceklerde bulunan tanin diş yüzeyinde kahverengi renklenmelerin oluşmasına neden olabilir (Joiner ve ark., 1995). Tütün tüketiminin koyu kahverengi ve siyah renklenmelere neden olduğu bilinmektedir (Thickett & Cobourne, 2009). Ağız hijyeni eksikliği, diş plağı, diş taşı ve gıda parçacıklarının birikmesine neden olarak kahverengi veya siyah renklenmelere neden olur (Proctor ve ark., 2005).

b) Dolaylı Renklenme

Setilpiridinyum klorür ve klorheksidin gargaraları, plak ve diş eti iltihabını kontrol etmekte en etkili ajanlar arasında yer alırlarken, dişlerde renklenmelere neden olurlar (Christen, 1992; Prathap ve ark., 2013).

2.4. Diş Beyazlatma

2.4.1. Diş Beyazlatmanın Tarihçesi

Günümüzde beyazlatma ajanı olarak kullanılan karbamid peroksitin mine üzerindeki beyazlatıcı etkisi 1962 yılında Klusmier tarafından ortodontik tedaviden sonra iltihaplı

periodonsiyumu tedavi etmek için kullanıldığında tesadüfen ortaya çıkmıştır. Diğer bir beyazlatma ajanı olan hidrojen peroksit ise 1884 yılında Harlan tarafından ‘hidrojen dioksit’ olarak kullanılmıştır (Zaragoza, 1984). Karbamid peroksitin kullanım tekniği, 1989 yılında Haywood ve Heymann tarafından tarif edilmiştir (Haywood & Drake, 1990; Haywood, 1991). Tablo 2.1’de beyazlatma tedavilerinin kronolojik gelişimi gösterilmektedir (Suliman, 2008).

Tablo 2.1. Beyazlatma tedavilerinin kronolojik gelişimi

YIL	UYGULAYAN	UYGULADIĞI METOT
1860	Truman	Devital dişlerin beyazlatılması için klorid ve asetik asit kullanımı
1884	Harlan	İlk kez hidrojen peroksitin bütün diş renklenmeleri için kullanımı
1958	Pearson	Peroksitin diş içinde ve %25 ile %75 arası oranı ışık ile aktive olacak şekilde diş yüzeyinde kullanımı
1961	Spasser	Walking bleaching tekniğinin devital dişlerde kullanımı
1965	Stewart	Termokatalitik tekniğin devital dişlerde kullanımı
1968	Klusmier	Evde beyazlatma tekniğinin vital dişlerde kullanımı
1982	Abou-Rass	Tetrasiklin renklenmelerinde kron içinde kullanımı
1988	Munro	İlk ticari beyazlatma ajanı white+brite (omni international) in kullanımı
1989	Croll	Mikroabrazyon tekniğinin vital dişlerde kullanımı
1989	Haywood ve Heymann	Gece plağının vital dişlerde kullanımı
1991	Garber ve Goldstein	Ofis ve ev uygulamasının kombine kullanımı
1996	Reyto	Lazerin vital dişlerde beyazlatma için kullanımı
1997	Settem ve Brini	Kron içi ve dışı uygulamaların devital dişlerde kullanımı

2.4.2. Diş Beyazlatma Ajanları

2.4.2.1. Hidrojen Peroksit

Diş beyazlatma tedavisinde reaktif oksijen molekülleri ürettiği için aktif ajan olarak hidrojen peroksit kullanılmaktadır (Perdigão, 2010). Hidrojen peroksit, oda sıcaklığında renksiz, stabil olmayan, sudan daha yoğun, suda yüksek oranda çözünen asidik bir sıvıdır (Kwon & Wertz, 2015; Naik, Tredwin & Scully, 2006). Hidrojen peroksit; karbamid peroksit ya da sodyum perborattan kimyasal reaksiyonla da ortaya çıkabilir. Günümüzde ofis tipi beyazlatma için en çok %20-%40’lık konsantrasyonları kullanılır (De Geus ve ark., 2016;

Rezende ve ark., 2016). Çok yüksek konsantrasyonlarda hidrojen peroksit, DNA'yı yıkacak kadar mutajenik bir ajandır ve proteinleri denatüre edebilir. Bunun bir örneği olarak, ağızdaki en etkili savunma sistemi kabul edilen, tükürük peroksidaz enzimi gösterilebilir (Karadaş & Seven, 2014). Hidrojen peroksit uygulamasıyla açığa çıkan reaktif monomerler; uzun zincirli, koyu renkli kromofor moleküllerine etki eder. Bu molekülleri daha küçük, daha açık renkli ve daha kolay difüze bir şekle dönüştürür (Seghi & Denry, 1992). Hidrojen peroksitin parçalanması sonucu ortaya çıkan oksijen molekülleri dişlere penetre olarak pigmente molekülleri parçalar ve beyazlatma işlemi gerçekleşir (Greenwall, 2001).

2.4.2.2. Karbamid Peroksit

Karbamid peroksit, beyaz renkli, kristalize yapıda katı bir bileşiktir. Diş beyazlatması için %10-%25'lik konsantrasyonlarda kullanılır. %10'luk karbamid peroksit, %3,6'lık hidrojen peroksit'e dönüşerek, üre, amonyak, CO₂ açığa çıkartır. Açığa çıkan hidrojen peroksit iyonize olarak su ve oksijene parçalanır ve oksidasyon reaksiyonu sonucu diş beyazlar. Karbamid peroksitli ürünler karbapol içerir ve gliserin bazlıdır. Karbapol, hidrojen peroksitin salınım süresini azaltır fakat tedavinin etkinliğini değiştirmez (Féliz-Matos, Hernández & Abreu, 2014). Karbamid peroksitli ürünler, raf ömrünü uzatmak amacıyla hafif asidik hazırlanır. %10'luk karbamid peroksit uygulamasının pH'yı ağız ve plak içinde yükselttiği ve bunun en az 2 saat aynı düzeyde kaldığı ileri sürülmektedir.

2.4.2.3. Sodyum Perborat

Sodyum perborat, toz halinde çeşitli ticari preparatların içinde bulunmaktadır. Kuru halde stabil durumdayken, su ile birleştiğinde hidrojen peroksit, sodyum metaborat ve serbest oksijen açığa çıkarır. Beyazlatma işlemini başlatacak aktif oksijeni ise hidrojen peroksit salar (Rotstein, 1993). Tüm sodyum perborat preparatları alkali yapıdadır. Sodyum perborat, oksijenli su solüsyonlarından daha kolay kontrol edilir ve güvenilirdir.

Beyazlatma jellerinin içerisinde ana etken maddeler dışında üre, karbapol gibi kıvam artırıcı ajanlar, koruyucu maddeler, gliserin gibi yardımcı maddeler, yüzey gerilimini azaltan maddeler, tatlandırıcılar ile flor, potasyum nitrat gibi hassasiyet giderici maddeler de yer alır (Greenwall, 2001).

2.4.2.4. Nano Hidroksiapatit İçeren Diş Beyazlatma Ajanları

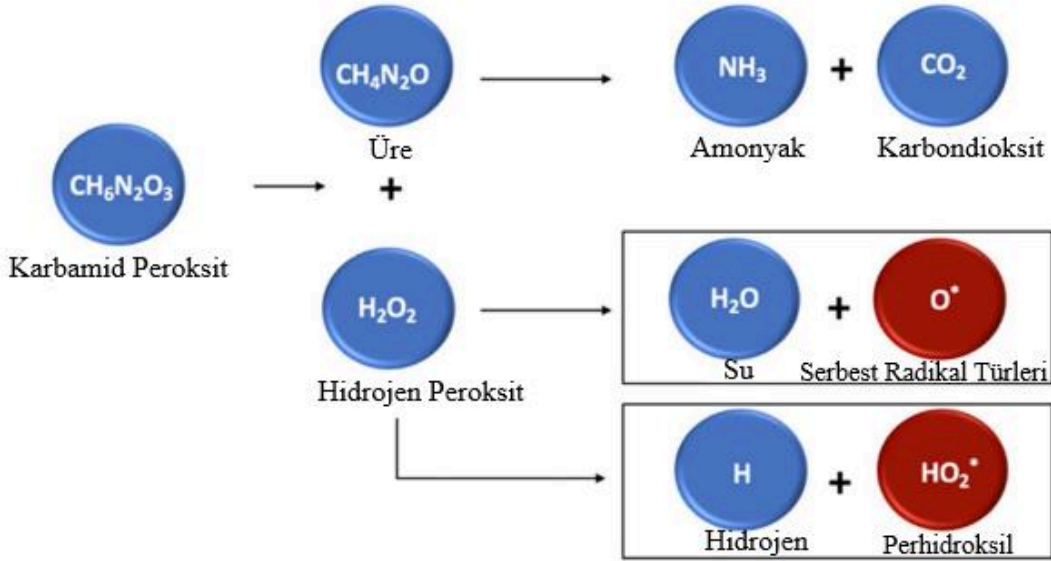
Son yıllarda beyazlatma jellerinin içerisine titanyum dioksit nano partikülleri ve nano hidroksiapatit (n-HAP) kristalleri de eklenmeye başlanmıştır (Yadav, 2017). Nano hidroksiapatit, partikül boyutu 8-39 nm arasında değişen hidroksiapatit (HAP) partiküllerini ifade eder. Dişlerdeki doğal HAP kristali, sentetik n-HAP'e benzerlik gösterir. Nano hidroksiapatit, asit saldırılarının oluşturduğu gözeneklere bağlanma yeteneği nedeniyle demineralize diş yüzeyine güçlü bir afiniteye sahiptir. Diş yüzeyine yapıştıktan sonra çoğalarak interprizmatik ve prizmatik mineye tamamen bağlanabilen tek tip bir apatit tabakası oluşturmak üzere mikro kümeler halinde organize olur (Swarup & Rao, 2012; Vano, Derchi, Barone, Genovesi & Covani, 2015). Yapılan bir çalışmada araştırmacılar n-HAP ve %6'lık hidrojen peroksit içeren ev tipi diş beyazlatma ajanı, n-HAP ve %12 ve %18'lik hidrojen peroksit içeren ofis tipi diş beyazlatma ajanı ile %10 karbamid peroksit içeren ev tipi diş beyazlatma ajanının mine dokusunda yarattığı etkileri incelemişlerdir. Sonuçlar, %12'ye kadar hidrojen peroksit içeren beyazlatma ajanlarının, mine yüzeyinin morfolojik ve kimyasal bileşimini değiştirmedikçe ve kristal yapısını koruduğunu göstermektedir (Orilisi ve ark., 2021). Bir diğer çalışmada hidrojen peroksit içeren beyazlatma ajanına hidroksiapatit eklendiğinde minedeki mikrosertlik kaybını azalttığı ve mine yüzey özelliklerini büyük ölçüde koruduğu rapor edilmiştir (Jiang ve ark., 2008). Remineralizasyon ajanlarının kullanılması 14 güne kadar yüksek mikrosertlik değerlerinin aynı kalmasını sağlamaktadır (da Costa Soares, Araújo, Borges, Sales Wda & Sobral, 2013) Bununla birlikte, n-HAP ile zenginleştirilmiş beyazlatma ajanının diş dokuları üzerinde etkileri henüz tam olarak bilinmemekte ve daha fazla sayıda araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Nano hidroksiapatit partikülleri hipomineralize mine defektlerinin remineralizasyonu veya hassasiyetin azaltılması gibi çeşitli tedavilerde kullanılmaktadır. Nano hidroksiapatit parçacıklarının boyutları, malzemenin dentin tübüllerine ulaşmak için mikro çatlaklardan geçmesine izin verir. Bu nedenle n-HAP moleküllerinin birikmesi çatlakların daralmasına neden olur. Nano hidroksiapatit içeren remineralizasyon ajanlarının kullanılmasının, diş beyazlatma tedavisi sırasında görülen aşırı hassasiyeti azalttığını gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Browning, Cho & Deschepper, 2012).

2.4.3. Diş Beyazlatma Tedavisinin Mekanizması

Beyazlatma kromojenik bileşiklerin kimyasal bozulması ile gerçekleşir. Bu bileşikler, diş renklenmelerinin sebebidir ve çift bağlar içeren uzun zincirli organik bileşikler ya da metal içeren bileşikler olarak bulunurlar. Genel olarak metal içeren bileşiklerin sebep olduğu renklenmenin beyazlatılması oldukça zordur. Bu tip renklenmelere sahip dişlerin tedavisinde veneerler ya da seramik kronlar daha iyi seçenekler olabilir. Buna karşılık, hidrojen peroksit tarafından salınan oksijen radikalleri, güçlü çift bağları kıran, kromojenik bileşiğin dengesini bozan ve sonuç olarak diş renklenmesini gideren oksidasyon işlemi yoluyla organik kromojenik bileşiklerle daha etkili bir şekilde reaksiyona girer (Carey, 2014). Şekil 2.1’de karbamid peroksitin hidrojen peroksit ve üreye nasıl parçalandığı gösterilmektedir (Price, Sedarous & Hiltz, 2000).

Şekil 2.1. Karbamid peroksitin hidrojen peroksit ve üreye parçalanması



Karbamid peroksit su ile reaksiyona giren ve aktif bileşenlerine ayrılan kararlı bir yapısal komplekstir (Price ve ark., 2000).Yapısal kararlılığı sayesinde, hidrojen peroksit ile karşılaştırıldığında yavaş bozularak, uzun süreli aktif beyazlatma işlemine izin verir. Hidrojen peroksit ise suya ve reaktif oksijen radikallerine ayrılan kararsız bir bileşiktir. Oluşan reaksiyon

sırasında oksijen, hidroksil radikali, perhidroksil radikali ve süper oksit anyonu gibi çeşitli serbest radikal türleri açığa çıkar. Bu radikaller dişin yüzeyi ve yüzey altındaki kromojenik moleküller ile reaksiyona girer ve onların daha küçük şeffaf moleküllere ayrılmasına neden olur. Beyazlatma işlemi devam ettikçe ortamda yalnızca hidrofilik şeffaf yapıların kaldığı bir noktaya ulaşılır. Bu nokta materyalin saturasyon noktasıdır. Beyazlatma bu noktadan sonra dramatik şekilde yavaşlar. İşlem bu noktada veya hemen öncesinde bitirilmelidir. Devam edilirse karbon içeren materyaller ve proteinlerin karbon bağları yıkılır, hidroksil grupları bölünmeye başlar, kalan materyal hızla karbondioksit ve suya dönüşür ve minede madde kaybı hızlanır. Konsantrasyonuna göre değişen pH'larda asidik bir çözelti oluşturarak yüksek oranda çözünür (Walsh, 2000). Yediden daha yüksek pH seviyelerinde, hidrojen peroksitin serbest radikal türlerine kıyasla daha iyi beyazlatma sonuçlarına yol açan hidrojen ve perhidroksil oluşturarak parçalanma olasılığı daha yüksektir (Marques ve ark., 2012).

2.4.4. Diş Beyazlatma Tedavileri

Günümüzde diş beyazlatma tedavileri hastalar tarafından sıklıkla talep edilse de her durumda uygulanması söz konusu olmamaktadır. Tedavi öncesinde hasta mutlaka diş hekimi tarafından gerçekçi bir bakış açısıyla değerlendirilmeli ve ayrıntılı bir şekilde bilgilendirilmelidir. Öncelikle renklenmenin nedeni tespit edilip ona uygun bir tedavi planı yapılmalıdır. Örneğin, diş minesinde mikro çatlakların varlığı, hastada bir komplikasyon olarak diş hassasiyetine sebep olabilir. Bu durumun geçici bir süreç olduğu hastaya açıklanmalıdır. Tedavi öncesi ve sonrasında hasta dişlerinin renk skalası ile birlikte fotoğraflarının çekilmesi, tedavi bitiminde hastanın renk değişimini görmesini sağlar. Hastanın sigara ve diyet alışkanlıkları, tedavi öncesinde mutlaka sorgulanmalıdır. Tedavi sürecinde sigara ve renklendirici ajanlardan (çay, kahve vb.) uzak durması gerektiği hakkında bilgilendirilmelidir. Beyazlatma sonrasında diş renginin zaman içerisinde geri dönebileceği fakat dişlerde tekrar beyazlatma tedavisinin mümkün olduğu söylenebilir. Tekrar beyazlatma tedavisi gerekliliğine, kontrole gelen hastaya yapılacak profesyonel diş temizliği sonrasında karar verilmesi uygundur.

2.4.5. Diş Beyazlatma Tedavisinin Endikasyonları

1. Yaşa bağlı oluşan renklenmelerde
2. Diyete bağlı (sigara, çay, kahve vb.) oluşan renklenmelerde
3. Sarı kahverengi renklenmeler görülen hafif şiddette florozis vakalarında
4. Hafif orta şiddette tetrasiklin renklenmelerinde
5. Travmatik pulpal değişikliklerden kaynaklanan renklenmelerde

6. Restoratif tedavilerden önce ve ortodontik tedaviden sonra bütünsel estetiği sağlamak için beyazlatma tedavisi uygulanabilir.

2.4.6. Diş Beyazlatma Tedavisinin Kontrendikasyonları

1. Hamile ve süt veren annelerde
2. Aşırı hassasiyet gösteren dişlerde
3. Dişlerde çürük, çatlak ve diğer defektler olduğunda
4. Geniş pulpa odasına sahip hastalarda
5. Beklentisi çok yüksek olan hastalarda
6. Büyük restorasyonlu dişlerde
7. Beyazlatma ajanına alerji olması durumunda
8. Ağız bakımının iyi olmadığı bireylerde
9. Yoğun olan tetrasiklin ve florozis renklenmelerinde
10. Hastanın dişetlerinde iltihabi durum olduğunda ve dişeti çekilmesi varsa
11. Dişlerde opak beyaz lekeler olduğunda
12. Renklenmelerle birlikte mine kaybının olduğu defektli dişlerde
13. Renklenmeler homojen olmadığında ya da diş yüzeyinde birkaç renk bulunduğunda beyazlatma tedavisi uygun değildir.

2.4.7. Diş Beyazlatma Tedavi Yöntemleri

2.4.7.1. Vital Diş Beyazlatma Tedavi Yöntemleri

2.4.7.1.1. Ev Tipi Diş Beyazlatma Tedavisi

Ev tipi diş beyazlatma tedavisi, diş hekiminin reçete ettiği beyazlatma ajanı ve hastanın dişlerine özel hazırlanan plak yardımıyla uygulanır. Hekim koyduğu endikasyon doğrultusunda hastayı bilgilendirir. Başlangıç klinik fotoğrafları ve diş rengi kayıtları alınır. Hastanın tercihinine göre (gece veya gündüz kullanım) beyazlatma ajanı tercih edilir. Hastanın beyazlatma tedavisi planlanan çenesinden ölçü alınır ve hazırlanan alçı model üzerinde beyazlatma uygulanacak dişlerin bukkal yüzeylerine tüm kenarlardan 1 mm uzaklıkta olacak şekilde rezervuar oluşturulur. Bu model üzerinde vakumlu cihaz yardımıyla beyazlatma plağı hazırlanır. Diş ve dişeti birleşim bölgeleri makasla uyumlanarak plak hastaya teslim edilir. Eklem problemlerinin önlenmesi amacıyla plak alt ve üst çene dişlerine sıra ile uygulanabilir. Hasta, beyazlatma ajanı üreticisinin belirttiği uygulama kuralları doğrultusunda yönlendirilir (Parameswaran, 2013). Bu

genellikle beyazlatma plağına yerleştirilen %10'luk karbamid peroksitin gece boyunca takılarak 2-6 hafta boyunca uygulanması şeklindedir (Haywood, 1997).

Auschill ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada %10'luk karbamid peroksit ile yapılan ev tipi beyazlatma, %38'lik hidrojen peroksit ile yapılan ofis tipi beyazlatma ve tezgah üstü beyazlatma ürünleri ile yapılan beyazlatma sistemleri arasından en etkili olanın ev tipi beyazlatma sistemi olduğu bulunmuştur (Auschill, Hellwig, Schmidale, Sculean & Arweiler, 2005). Bununla birlikte, ev tipi beyazlatma tedavisinin, iyi bir hasta uyumu gerektirmesi, tedavi zamanının buna bağlı olarak uzayabilmesi, uygulama hatalarına bağlı olarak doku zararı oluşabilme ihtimali gibi dezavantajları vardır (Roberson, Heymann & Swift Jr, 2006). Yapılan bir çalışmada, beyazlatma plağının gece uygulanmasında, gündüz uygulanmasına göre daha fazla renk değişimi gözlenmiştir (Matis, Hamdan, Cochran & Eckert, 2002). Bu durum gündüz 2-4 saat, gece 8-10 saat uygulanan tedavinin süreleri arasındaki farka bağlanmıştır. Buna ilaveten, 2 saatlik tedavi sonrası karbamid peroksitin sadece %50'sinin aktif bileşenlerine ayrılması dikkate alınmalıdır (Matis, Gaiaro, Blackman, Schultz & Eckert, 1999). Tablo 2.2'de ev tipi diş beyazlatma tedavilerinde günümüzde kullanılan ajanlar listelenmiştir.

Tablo 2.2. Ev tipi beyazlatma tedavisinde kullanılan güncel materyaller

MATERYAL ADI	FİRMA	AKTİF İÇERİK	ORTALAMA TEDAVİ SÜRESİ
BioWhiten ProHome	Biodent	Alkali hidrojen peroksit (%6) ve nano hidroksiapatit	Günde 1 saat - 2 hafta
PrevDent Home Kit Day	PrevDent	Hidrojen peroksit (%6) ve nano hidroksiapatit	En fazla 2 saat - 2 hafta
PrevDent Home Kit Night	PrevDent	Karbamid peroksit (%16) ve nano hidroksiapatit	En az 4 saat en fazla 6 saat - 2 hafta
Opalescence PF Home	Ultradent Product	Karbamid peroksit (%10-15-20)	10 saat
Whiteness Perfect	FGM	Karbamid peroksit (%16)	4-6 saat
Viva Style	Ivoclar Vivadent	Karbamid peroksit (%10-16-22)	Tüm gece
GC Tion TWS	GC America	Karbamid peroksit (%15)	10 saat
Nupro White Gold	Dentsply	Karbamid peroksit (%10-15)	8 saat
Perfecta Bravo	Premier Dental Products	Hidrojen peroksit (%9)	30 dakika
Brite Smile to go	Brite Smile	Hidrojen peroksit (%5,25)	Günde 2 defa - 2 hafta
Night White ACP	Discus Dental	Hidrojen peroksit ve karbamid peroksit (%10-16-22)	8-9 saat
Fusion 2	Edge Dental	Karbamid peroksit (%18,5)	En az 1 saat
Pola Day	Southern Dental Industries	Hidrojen peroksit (%3-7,5-9,5)	30 dakika
Pola Night	Southern Dental Industries	Karbamid peroksit (%10-15-20)	40 dakika

2.4.7.1.2. Ofis Tipi Diş Beyazlatma Tedavisi

Ofis tipi diş beyazlatma tedavisinde işlem tamamen hekim kontrolündedir. Hekim koyduğu endikasyon doğrultusunda hastayı bilgilendirir. Başlangıç klinik fotoğrafları ve diş rengi kayıtları alınır (Luk, Tam & Hubert, 2004). Yumuşak dokuların izolasyonu için hastanın dudak ve diş etine vazelin sürülerek rubberdam uygulanabilir, ağız açacakları veya ışıkla sertleşen diş eti bariyerlerinden yararlanılabilir (Hall, 1991; Ontiveros & Paravina, 2009). Bununla birlikte, hem hasta hem de diş hekimi koruyucu gözlükler takmalıdır (Bruzell, Pallesen, Thoresen, Wallman & Dahl, 2013). Ajan, üretici firma önerileri dikkate alınarak uygulanır ve tedavi sonunda renk kayıtları ve klinik fotoğraflar tekrarlanır. Ofis tipi diş beyazlatmada kullanılan yüksek konsantrasyonlu (%30-38) hidrojen peroksit serbest radikal türlerini daha kısa sürede serbest bırakır ve beyazlatma prosedürünü takiben sonuçlar hemen gözlenir (Banerjee & Millar, 2015). Genellikle kullanılan ürünler pat veya jel şeklindedir. Hızlı sonuçlar elde edilmesine rağmen, diş beyazlığında tek bir seansta son seviyeye gelinemeyeceği ve ilave beyazlatma seanslarının gerekli olabileceği unutulmamalıdır. Literatürde, çoklu beyazlatma seanslarını takiben diş renginin 5-8 ton daha açık hale gelebildiği ve 9-24 aya kadar kalıcı beyazlık sağlandığı bildirilmektedir (Cartagena, Parreiras, Loguercio, Reis & Campanha, 2015; Tay, Kose, Herrera, Reis & Loguercio, 2012). Ofis tipi diş beyazlatma tedavisinde, her bir seansta, on beşer dakikalık 2-4 uygulama yapılması önerilse de, süre, seansların sayısı ve kullanım yöntemleri her zaman üretici firmanın talimatlarına uygun olacak şekilde ve jelin konsantrasyonu göz önüne alınarak yapılmalıdır (Greenwall, 2001). Bu tedavi yönteminin avantajlarının yanı sıra, yüksek maliyet, koltukta bekleme süresinin uzun olması, diş hassasiyetine yol açması ve ev tipi diş beyazlatma sistemleriyle kombine tedavi gereksinimi gibi dezavantajları da mevcuttur (Parreiras, Vianna, Kossatz, Loguercio & Reis, 2014).

Beyazlatma tedavilerinin hızını ve etkinliğini artırmak için ‘power bleaching’ uygulamaları yapılmaktadır. Bu yöntemlerde beyazlatma işlemi ısı ve ışık yardımıyla aktive edilir. Bunlar; quartz tungsten halojen, light-emitting diyot (LED) ya da lazer gibi farklı ışık kaynakları olabilir (Gonçalves ve ark., 2016). En sık kullanılan lazer tipleri ise; diyot, CO₂ ve argon lazerlerdir. Bazı beyazlatma ürünlerinde kırmızı renklerin mavi ışık Emilimini artırması nedeniyle renklendirici ajan olarak karoten kullanılmaktadır. Oluşan ısı sonucu sıcaklığı yükselen hidrojen peroksit içerisinde serbest radikaller oluşarak oksijenin ayrışması hızlanır (Buchalla & Attin, 2007). Literatürde bu işlemlerin sonucunda yüksek şiddette diş hassasiyeti meydana gelebileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur (Alomari & El Daraa, 2010; Ontiveros & Paravina, 2009). Yapılan başka bir çalışmada ise ışık aktivasyonlu ve ışık aktivasyonsuz

yöntem arasında diş hassasiyeti görülme sıklığı ve diş rengi değişiminde bir fark olmadığı gösterilmiştir (SoutoMaior ve ark., 2019). Ayrıca ışık kaynaklarının dişte meydana getirdiği dehidrasyonla birlikte dişte görülen ani beyazlama, beyazlatmanın gerçek sonucunu değerlendirmeyi zorlaştırır (Roberson ve ark., 2006). Tablo 2.3 ‘de ofis tipi diş beyazlatma tedavilerinde günümüzde kullanılan ajanlar listelenmiştir.

Tablo 2.3. Ofis tipi beyazlatma tedavilerinde kullanılan güncel materyaller

ÜRÜN ADI	FİRMA	AKTİF İÇERİK	IŞIK VE ISI KAYNAĞI
BioWhiten ProOffice Power	Biodent	Nötr hidrojen peroksit (%25)	Işık/Işıksız
BioWhiten Pro Office Ultimate	Biodent	Ayarlanabilir	Işık
PrevDent in-office	PrevDent	Ayarlanabilir	Işık
Opalescence XtraBoost	Ultradent	Hidrojen peroksit (%16)	Işıksız
Whiteness HP	FGM	Hidrojen peroksit (%35)	Işık
Gc Tion TWS	GC America	Hidrojen peroksit (%20)	Işık
Illimune	Dentsply	Hidrojen peroksit (%15)	Işık
Niveous	Shofu Dental	Hidrojen peroksit (%25)	Işıksız
Laser Smile	Biolase	Hidrojen peroksit (%37)	Işık
Brite Smile	Brite Smile	Hidrojen peroksit (%15)	Işık
Zoom AP	Discus Dental	Hidrojen peroksit (%25)	Işık
Prophy White	Life-Like Cosmetic	Hidrojen peroksit (%35)	Işıksız
Luma White Plus	Luma Life	Hidrojen peroksit (%35)	Işık
White & Brite 30	OMNII Oral Pharmaceuticals	Karbamid peroksit (%30)	Işıksız
Pola Office	Southern Dental Industires	Hidrojen peroksit (%35)	Işık
Contrastam	Spectrum Dental	Hidrojen peroksit (%35)	Işık/Işıksız
Star White	Temrex	Hidrojen peroksit (%16)	Işıksız
RemeDent	RemeWhite	Hidrojen peroksit	Işık
Perfect White	GDF	Hidrojen peroksit	Işık

2.4.7.1.3. Ofis ve Ev Tipi Beyazlatma Ajanlarının Birlikte Kullanıldığı Kombine Tedaviler

Yüksek konsantrasyondaki ofis tipi beyazlatma tedavisini takiben ev tipi beyazlatmanın uygulanması ve sıklıkla ilave ofis uygulaması ile tedavinin bitirilmesi şeklinde uygulanan tedavilerdir. Tek başına ofis uygulamalarına kıyasla kombine tedaviler daha kısa zaman alırlar, ofis uygulama seansları azalır ve tedavinin maliyeti daha düşük olur.

2.4.7.1.4. Tezgah Üstü Ürünler ile Diş Beyazlatma (OTC - Over The Counter)

Tezgah üstü ürünler (OTC) profesyonel bir gözetim olmadan kişilerin kendilerinin satın alıp uyguladıkları beyazlatma ürünleridir. Değişik uygulama biçimleri ve beyazlatma maddeleri içerirler. Etkileri profesyonel uygulamalar kadar iyi değildir ve hekim kontrolü dışında uygulandıkları için bazı istenmeyen durumlara (diş hassasiyeti, dişlerin yeterince beyazlamaması, yumuşak doku hasarları, alerjik reaksiyonlar, vb.) yol açabilirler (Demarco, Meireles & Masotti, 2009). Bununla birlikte, eczane, market ve internetten alışveriş yoluyla kolay elde edilmesi ve maliyetinin ucuz olması, bireyler tarafından tercih edilmelerinde başlıca sebep teşkil eder. Bu ürünler; dişe yapışan bantlar, ağız gargaraları, diş macunları, diş ipleri ve dişlere cila şeklinde sürülen (paint on) sistemlerden oluşur.

Dişe yapışan bantlar, düşük oranlarda (%5-14) hidrojen peroksit içerirler (Donly, Segura, Henson, Barker & Gerlach, 2007). Yaklaşık 14-28 gün, günde 1 veya 2 kez 5-60 dk arasında uygulanırlar (Gerlach, Tucker, Anastasia & Barker, 2005). Dişlerde oluşan renk değişimi ev ve ofis tipi diş beyazlatma yöntemlerine kıyasla az olsa da diş renginde bir açılma görülebilir.

Paint on sistemler, çok düşük düzeyde hidrojen peroksit, karbamid peroksit, sodyum perborat gibi ajanları içeren jellerin bir fırça yardımıyla dişlere uygulanıp kuruduktan sonra diş fırçası yardımıyla uzaklaştırılması şeklinde uygulanır (Kishta-Derani, Neiva, Yaman & Dennison, 2007).

Ağız gargaraları, genellikle %1,5 hidrojen peroksit içeren, tek başına yeterli beyazlatma etkinliği olmayan, genelde leke ve plak oluşumunu önlemek için kullanılan ürünlerdir. İçerisinde yeni lekelenmelere engel olmak amacıyla sodyum hekzametafosfat da bulunmaktadır.

Diş macunlarının beyazlatma özelliği proteolitik enzimler, alümina, silika, dikalsiyum fosfat dihidrat gibi aşındırıcı maddelerin lekeleri uzaklaştırması yoluyla olur (Horn,

Bittencourt, Gomes & Farhat, 2014). Nadiren hidrojen peroksit ve karbamid peroksit içerirler. Bazı diş macunlarının içerisine blue covarin (perlit) içeren bileşikler eklenmiştir. Sodyum heksametafosfat içeren diş macunları da beyazlatma amacı ile kullanılmaktadır (Joiner, 2006).

2.4.7.2. Devital Diş Beyazlatma Yöntemleri

Dişlerde, genellikle travma sonrası intrapulpal kanama veya nekroz oluşmuş dişlerde, kanal tedavisi sonrası tedavide kullanılan materyallerin kalıntısı veya pulpa odasında kalan dokular sebebiyle renklenme görülebilir. Bu gibi durumlarda diş semptomsuz, kanal tedavisi başarıyla gerçekleştirilmiş ve periodontal dokular sağlıklı ise devital diş beyazlatma işlemi uygulanabilir. İşlemden önce, kanal dolgu maddesinin üzerinde beyazlatma ajanının sızıntısını önleyecek rezin modifiye cam iyonomer siman gibi örtücü bir siman yerleştirilmelidir. Devital diş beyazlatma tedavisinde, kimyasal yaralanma, kırık oluşumu, eksternal servikal kök rezorpsiyonu gibi komplikasyonlar oluşabilir (Gerlach & Barker, 2004).

Günümüzde devital diş beyazlatma, ofiste uygulanan yöntemle ve ‘Walking Bleach’ yöntemiyle ve gerekli durumlarda ilave eksternal beyazlatma tedavileri uygulanarak yapılmaktadır. Ofiste uygulanan yöntemde hasta bilgilendirilip klinik fotoğraflar alındıktan sonra gerekli izolasyon sağlanır. Giriş kavitesi hazırlanır ve kök kanal dolgusu klinik kronun 1-2 mm apikalinde olacak şekilde örtücü bir siman yerleştirilir. Beyazlatma ajanı olarak %30-35’lik hidrojen peroksit jel ya da pat kullanılır. Pulpa odasına yerleştirilen ajan 15-20 dk uygulandıktan sonra yıkanarak uzaklaştırılır. İstenilen sonuç elde edilinceye kadar işlem tekrarlanır ve tedavi sonunda fotoğraf kayıtları alınır.

‘Walking Bleach’ yöntemi, beyazlatma ajanının uygulama süresi daha fazla olup beyazlatma etkinliğini artırdığı için daha fazla tercih edilmektedir (Camps, de Franceschi, Idir, Roland & About, 2007; Dietschi, 2006). Bu teknikte güvenli olduğu için sodyum perborat kullanılmaktadır (Holmstrup, Palm & Lambjerg-Hansen, 1988). Bir dönem sodyum perborat ile hidrojen peroksit karıştırılarak uygulanmış fakat sonuç olarak bir fark görülmemiş bu uygulama bırakılmıştır (Arı & Üngör, 2002). Başka bir çalışmada, sodyum perborat ile farklı konsantrasyonlarda karbamid peroksit karıştırılarak uygulanmış fakat bir fark gözlenmemiştir (Yui, Rodrigues, Mancini, Balducci & Gonçalves, 2008). Bu yöntemde hasta bilgilendirilip klinik fotoğraflar alındıktan sonra gerekli izolasyon sağlanır. Giriş kavitesi hazırlanır ve kök kanal dolgusu klinik kronun 1-2 mm apikalinde olacak şekilde örtücü bir siman yerleştirilir. Sodyum perborat ve su bir cam üzerinde karıştırılarak pulpa boşluğuna yerleştirilir. Nemli bir pamukla karışımın üzerine bastırılarak en az 3 mm geçici dolgu yerleştirilmesi için yer sağlanır.

2-3 gün sonra hasta kontrole çağırılır ve diş rengindeki açılma kontrol edilerek gerekli görülürse işlem tekrarlanır. Sonradan oluşabilecek renk değişiklikleri ve renklenmenin geriye dönmesi düşünülerek bir miktar fazla beyazlatma (over bleaching) tercih edilmektedir. İstenilen sonuç elde edildikten sonra dentin geçirgenliğinin düzenlenmesi, servikal rezorpsiyon ihtimalinin azaltılması, düşük pH'nın yükseltilmesi ve restorasyon için kullanılacak kompozit rezinin polimerizasyonunun olumsuz etkilenmemesi için steril serum fizyolojik ve kalsiyum hidroksit 2 hafta süre ile kavitede bekletilir. İki hafta sonunda kalsiyum hidroksit kaviteden uzaklaştırılır ve daimi restorasyon uygulanır. Yapılan bir çalışmada, kaviteye uygulanan %10'luk askorbik asit solüsyonunun beyazlatma ajanlarının kompozit rezinlerin bağlanma dayanıklılıklarındaki olumsuz etkisini ortadan kaldırdığı bulunmuştur (Lai ve ark., 2002).

2.4.8. Diş Beyazlatma Tedavisinin Yan Etkileri

Diş beyazlatma tedavisinin en sık görülen yan etkisi diş hassasiyetidir (Haywood, 2003). Beyazlatma işleminden sonra görülen hassasiyet büyük olasılıkla transient reseptör potansiyel ankyrin 1 (TRPA1) adı verilen kemosenitif iyon kanalının fonksiyonel özelliklerinin bir sonucudur (Solé-Magdalena ve ark., 2018). Ayrıca, beyazlatma ajanlarının son ürünlerinin de dentin tübülleri yoluyla pulpaya geçerek hassasiyet oluşturduğu düşünülmektedir (Guidelines for the acceptance of peroxide-containing oral hygiene products. American Dental Association Council on Dental Therapeutics, 1994). Bu durumun yüksek konsantrasyonlu ajanlardan ya da hidrofilik yapısı nedeniyle diş yapısının dehidrasyonuna neden olduğu için beyazlatma ajanında kullanılan gliserin taşıyıcıdan kaynaklandığını ileri süren çalışmalar vardır (Chemin, Rezende, Loguercio, Reis & Kossatz, 2018; Majeed, Farooq, Grobler, & Rossouw, 2015; West, Lussi, Seong & Hellwig, 2013). Mine çatlağı varlığı ve diş hassasiyeti arasında pozitif ancak zayıf bir korelasyon bulunmuştur (Özcan, Abidin & Sipahi, 2014). Beyazlatma tedavisi sırasında hassasiyetin önlenmesi için beyazlatma ajanlarının içerisine potasyum nitrat ve sodyum florür ilavesi yapılabilir (Tay, Kose, Loguercio & Reis, 2009). Hassasiyeti en aza indirmek amacıyla kazein fosfopeptid-amorf kalsiyum fosfat (CPP-ACP)'ın diş beyazlatma ajanları ile birlikte kullanılması beyazlatma sonrası görülen hassasiyette önemli bir azaltmaktadır (Borges ve ark., 2011; de Vasconcelos, Cunha, Borges, Machado & dos Santos, 2012). Florür ile karşılaştırıldığında nano hidroksiapatit içeren macunların dentin tübüllerini tıkamada daha etkili olduğu, böylece dentin hassasiyetini azalttığı ve yüzey pürüzlülüğünü beyazlatma öncesi duruma geri getirdiği kanıtlanmıştır (Amaechi, Mathews, Ramalingam & Mensinkai, 2015; Ohta, Kawamata, Ishizaki & Hayman, 2007; Allen & Kontogiorgos, 2015).

Beyazlatma tedavilerinde görülen bir diğer komplikasyon, oksidan ajanlardan kaynaklanan serbest radikal ürünlerine bağlı dişeti irritasyonudur (Sarrett, 2002). Bu nedenle beyazlatma tedavisi sırasında yumuşak dokularda tahrişleri önlemek gerekir. Böyle bir geliştiğinde ise iyileşmeyi hızlandırmak için hastaya E vitamini önerilebilir (Tay ve ark., 2009). Beyazlatma ajanı yutulursa, ciddi sonuçlar olmaksızın mide ağrısına neden olabilir (Naik, Tredwin & Scully, 2006). Ayrıca beyazlatma ajanlarının restoratif materyal ve diş dolguları üzerinde farklı etkileri bulunmuştur (Attin, Hannig, Wiegand, & Attin, 2004). Beyazlatma işleminden hemen sonra diş yüzeyine adeziv uygulanırsa, kompozit rezinin bağlanma kuvveti azalır. Bu nedenle, beyazlatma tedavisinden sonra kompozit rezin restorasyonların yapılabilmesi için en az 2 hafta beklenmesi önerilmektedir. Beyazlatma ajanlarının cam iyonomer ve diğer simanların çözünürlüğünü artırdığı gösterilmiştir (Yu, Zhang, Cheng & Cheng, 2015). Porselen beyazlatma tedavisinden en az etkilenen materyal olarak gösterilmektedir (Ourique, Arrais, Cassoni, Ota-Tsuzuki & Rodrigues, 2011).

Alerjik duyarlılık, subakut toksik etkiler, genotoksisite ve karsinogenisite gibi beyazlatıcı ajanların sistemik etkileri, profesyonel beyazlatma uygulamalarında henüz bildirilmemiştir (Li, 1998). Bununla birlikte, beyazlatma tedavilerinde kullanılan mevcut dozlar sitotoksik etkilerin meydana gelebileceği düzeye yakın olduğu hiçbir zaman unutulmamalıdır (Minoux & Serfaty, 2008).

Beyazlatma etkisinin geriye dönmesini değerlendirmek ve anlamak için, klinikte beyazlatma işlemine başlamadan önce hastaların diş rengi kaydedilmelidir. Beyazlatma ajanının orijinal konsantrasyonu beyazlığın geriye dönmesinde etkili değildir. Ofis tipi beyazlatmanın tamamlanmasından sonra ya da ev tipi beyazlatmada plağın çıkarılmasından sonra hastalar sıklıkla mine yüzeyinde dehidratasyonun etkisinden dolayı büyük bir beyazlama etkisi fark ederler. Son renk analizinin beyazlatmadan 1-2 gün sonra yapılması önerilmektedir (Haywood, 1996).

Devital diş beyazlatma tedavisinde görülen yan etkilerden servikal eksternal kök rezorbsiyonu; yüksek konsantrasyonlu hidrojen peroksit kullanımı, ısı ile aktivasyon, servikal tıkamanın yetersiz olması, servikal bölgede kole defekti nedeniyle dentinin ince kalması gibi nedenlerle oluşabilir. Düşük konsantrasyonlu karbamid peroksit ile yapılan walking bleach tekniğinde ise bu risk oldukça düşüktür (Sánchez, Rogers & Sheridan, 2004).

Asidik pH seviyeleri, mine ve dentinin mineral içeriğini azaltabilir. Yüzey morfolojisindeki bu değişiklik sertlik özelliklerini azaltır, pürüzlülüğü artırır ve minede morfolojik değişikliklere neden olabilir (Llena ve ark., 2017; Loguercio ve ark., 2017). Bazı tükürük proteinleri nedeniyle gözenekli mine içinde kalsiyum-fosfat çökmesi meydana gelir ve bir süre sonra normal duruma dönüş meydana gelebilir (García-Godoy & Hicks, 2008).

Pulpada zaman zaman reversibl etkilerin varlığından söz edilebilir (Fugaro, Nordahl, Fugaro, Matis & Mjör, 2004). Hidrojen peroksit kaynaklı serbest radikaller pulpa hücrelerinde oksidatif stres oluşturur. Bunun sonucu olarak pulpa hücrelerinden peroksidaz, katalaz gibi endojenoz antioksidan ajanlar salınarak daha ileri doku hasarları önlenmiş olur (Costa, Riehl, Kina, Sacono & Hebling, 2010). Ofis tipi diş beyazlatmada kullanılan ışıkların aktivasyonu ile ilgili temel sorun ısı oluşması ve bu ısının pulpa dokusunu etkilemesidir. Bazı çalışmalarda ışık kaynaklarının sebep olduğu sıcaklık artışının pulpada irreversible zarar oluşturacak eşik değerin 5.5°C altında olduğu bulunmuştur (Soares ve ark., 2013; Sulieman, 2005)

2.4.9. Diş Sert Dokularının Yüzey Özelliklerini İnceleme Yöntemleri

Diş sert doku kaybını ve demineralizasyonun neden olduğu mine yüzeyindeki yumuşayan bölgeleri incelemek için çeşitli inceleme yöntemleri kullanılmaktadır.

2.4.9.1. Yüzey Sertliği Ölçümü

Demineralize diş sert dokularının yüzey sertliğindeki değişiklikleri belirlemek için mikrosertlik ve nispeten yeni bir yaklaşım olarak nanoindentasyon teknikleri sıklıkla kullanılmaktadır. Sertlik ölçümleri ile yüzeyin zayıflaması ile ilişkili olan mine ve dentin kaybının erken evreleri belirlenebilmektedir. Mikrosertlik ve nanoindentasyonun temeli, belirli bir yük ve süre için bilinen geometrik boyutlarda bir elmas ucun girintilenmesini içerir (Attin & Wegehaupt, 2014).

Aşınmış diş yüzeylerinin mikrosertlik değerlendirmeleri için, önceden parlatılmış yüzeylerde çoğunlukla Knoop veya Vickers elmasları kullanılır. İyi tanımlanmış girintiler oluşturmak için iyi parlatılmış örnek yüzeyleri önerilmektedir. Girintiler Knoop elmasında eşkenar dörtgen, Vickers elmasında tetra piramidal şeklindedir. Yüzeydeki girintilerin uzunlukları, kesin ölçümler için yaklaşık 30-40 µm'lik girinti uzunlukları gerektiren bir mikroskop altında ölçülür. Knoop veya Vickers sertlik sayıları özel bir formülle hesaplanır. Minede girintilerin uzunluğu zamana bağlı değildir ve hemen kaydedilebilir. Dentinde ise

dentin substratının esnekliği nedeni ile gerçekleştirilen girintiler için uzunluk değişir. Bu sebeple, girinti yapıldıktan 24 saat sonra ölçüm yapılmalıdır (Herkströter, Witjes, Ruben & Arends, 1989). Knoop prosedürü gibi mikrosertlik ölçümleri, asidik maddelere kısa süreli maruz kaldıktan sonra bile diş sert dokusu üzerindeki çeşitli maddelerin farklı eroziv potansiyellerinin ayırt edilmesini sağlar. Mine yüzeyinde bulunan girintiler sayesinde girintilerin derinliği hesaplanarak mine aşınmasının tespiti de mümkündür (Joiner ve ark., 2008; Joiner, Weader & Cox, 2004). Mikrosertlik ölçümünün avantajları, nispeten düşük maliyetli olması, aşındırıcı yüzey kaybı ölçümleriyle birleştirilebilmesi ve iyi bilinen bir yöntem olmasıdır (Attin & Wegehaupt, 2014).

2.4.9.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü (Kontak Profilometre, Non-Kontak [Optik] Profilometre)

Diş sert dokusunun geri dönüşü olmayan kaybı ve yüzey pürüzlülüğü profilometre aracılığıyla, örneklerin bir lazer ışını veya yaklaşık 2-20 µm çapında bir temas ucu (metal veya elmas) ile taranmasıyla 2 ya da 3 boyutlu bir profil oluşturularak belirlenebilir. Pürüzlülük ölçümleri, yalnızca erozyonun erken aşamalarında faydalıdır. Maksimum hassasiyet için parlatılmış yüzeyler tercih edilmektedir (Schlüter, Hara, Shellis & Ganss, 2011).

Yüzeylerin profilometre ile incelenmesinde Ra, Rz, Rmax gibi çeşitli parametreler kullanılmaktadır. Ra; belirli bir ölçüm aralığındaki tüm yüzey düzensizliklerinin mutlak toplamalarını aritmetik ortalamasını, Rz; belirli mesafedeki birbirini takip eden 5 tane en yüksek ve en alçak noktanın ortalamasını, Rmax; belirli mesafedeki en yüksek ve en derin noktalar arası mesafeyi belirtir (İnan, Tamam & Bağış, 2008).

Profilometre, diş yüzeyindeki erozyon derinliğini ölçmek için de kullanılabilir, ancak doğruluğu düzleştirilmiş yüzeylere göre daha azdır. Profilometre ile eroziv, abraziv ve kombine doku kaybı ölçülebilir ancak mine yüzeylerdeki yumuşama derinliği ölçülemez. Kontak profilometrenin dezavantajı, cihazının asıl ölçüm yapan ucunun kısmen veya tamamen demineralize olan aşınmış yüzeye nüfuz etmesidir. Bu durum, yüzeyde hasara neden olabilir ve erken erozyon derinliğinin olduğundan fazla ölçülmesine yol açabilir (Schlüter ve ark., 2011).

2.4.9.3. Minerallerin Kimyasal Analizi

Diş minesi %34-39 kalsiyum, %16-18 fosfattan oluşur (Cate, 2008). Bu sebeple, apatit kristallerinden çözünen kalsiyum veya fosfat da diş sert dokusu yüzey özelliklerini değerlendirmek için bir araç olarak kabul edilir. Mine ve dentinde aşınmaları ikisini de ölçebilir. Bu yöntemin avantajı, cilalama gerektirmediği için doğal mine yüzeylerinin yüzey özelliklerinin araştırılabilmesidir (Barbour & Rees, 2004).

2.4.9.4. Mikroradyografi

Mikroradyografi, diş sert dokusundan geçen X-ışınının zayıflamasına dayalı olarak mineral kaybının miktarını belirlemek için kullanılan bir araçtır. Bir diş sert doku örneğinden geçen X-ışını fotonları, foton sayan X-ışını detektörleri veya X-ışınına duyarlı fotoğraf plakaları tarafından kaydedilir. Mineral kütlesi, uygun kütle zayıflama katsayısı bilinerek veya bir alüminyum kademeli blok ile kalibre edilmiş fotografik yoğunluk ölçümleri belirlenerek, foton sayımlarından veya fotoğraf plakalarının gri değerlerinden hesaplanır (Anderson & Elliott, 2000; de Jong, Van Der Linden, Borsboom & Bosch, 1988).

Mikroradyografi, çürüğün seyrinde demineralizasyon ve remineralizasyona bağlı mineral değişimlerini araştıran çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntem, erken mine lezyonlarını ve az da olsa dentinde meydana gelen farklılıkları belirleyebilir. Eroziv örneklerin yüzey kaybını ve demineralizasyonu eş zamanlı olarak belirleyebilmesi yöntemin avantajıdır (Attin & Wegehaupt, 2014).

2.4.9.5. Ultrasonografi

Ultrasonografi, diş minesi kalınlığının ölçümü için bir araç olarak önerilen ve potansiyel olarak diş erozyonunu incelemek için uygun olabilecek bir yöntemdir. Tekrarlanan ölçümlere izin vermesi, basit olması ve tahribatsız doğası avantajlarındandır. Bununla birlikte, yaklaşık 300 µm'lik sapma sınırı, probun ucunun konumlandırılmasında yapılabilecek hatalar, klinik koşulları taklit eden ayarlarda gözlenen varyasyonlar bu yöntemin demineralizasyon çalışmalarında kullanımını sınırlar (Anderson & Elliott, 2000).

2.4.9.6. Kantitatif Işıklı İndüklenen Floresans Tekniğı (QLF)

Kantitatif ışıklı indüklenen floresans tekniğı, erken çürük lezyonlarının boyuna değerlendirilmesi için tahribatsız bir teşhis yöntemi olarak geliştirilmiştir. Demineralizasyon diş dokularında gözenekli yapıyı artırır ve bu durum da gelen ışığın saçılmasına neden olur. Mavi-yeşil ışık uygulaması sonucunda diş yüzeylerinde demineralize alanlar daha koyu görünür ve miktarları belirlenebilir (Schlüter ve ark., 2011).

Kantitatif ışıklı indüklenen floresans tekniğı, eroziv lezyonları izlemek için birkaç çalışmada uygulanmıştır (Elton, Cooper, Higham & Pender, 2009; Pretty, Edgar, & Higham, 2003). Eroziv lezyon bir krater ve yumuşamış demineralize bir yüzey tabakası içerir. Yumuşamış yüzey tabakasının, ışığın yeterli saçılması için çok ince olduğu varsayılabilir. Bu nedenle, demineralize yüzey tabakasının eroziv lezyonun floresans kaybını açıklayamaması muhtemeldir. Bu nedenle, QLF ile değerlendirildiğinde lezyonun karanlık görünümünden birincil olarak erozyon kraterinin duvarlarının sorumlu olduğu varsayılmıştır. Bununla birlikte, eroziv lezyonların azalmış floresansının arkasındaki ilke tam olarak anlaşılmamıştır ve ileride yapılacak çalışmalarla açıklığa kavuşturulması gerekmektedir (Attin & Wegehaupt, 2014).

2.4.9.7. Optik Koherens Tomografi (OCT)

Tomografi yöntemleri, kalitatif ve kantitatif bilgi almak için daha fazla analiz edilen 3 boyutlu nesnelerin kesitsel görüntülerini oluşturmak için kullanılır (Pircher, Götzinger, Leitgeb, Fercher & Hitzenberger, 2003). Optik koherens tomografi, özel örnek hazırlama gerektirmeyen ve hızlı tarama sağlayan invaziv olmayan bir teknik olması nedeniyle tıp alanında önem taşımaktadır. Optik koherens tomografi yöntemi, geniş bant ışığı kullanan ışık interferometrisi ilkesine dayanmaktadır (Wilder-Smith, Otis, Zhang & Chen, 2008).

Mine ve dentinin farklı saçılma özelliklerine sahip olması ve sağlam minenin optik özelliklerinin demineralize dokudan farklı olması nedeniyle, OCT görüntüleri mine kalınlığı, morfolojisi ve gözenekliliği hakkında bilgi sağlayabilir. Örneğin, minenin demineralize aşınmış bölgeleri, sağlam sert dokudan daha yüksek gözenekliliğe sahiptir, bu da aşınmış minede daha yüksek ışık saçılımına ve daha düşük penetrasyon derinliğine neden olur. OCT'nin dezavantajları, ağız boşluğu içindeki tüm pozisyonlara erişimin zorluğu, nispeten yüksek maliyetleri ve sınırlı penetrasyon derinliğine sahip olmasıdır (Attin & Wegehaupt, 2014).

2.4.9.8. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)

Atomik absorbsiyon spektrofotometresi, moleküler veya atomik düzeyde bir çözünürlüğe ulaşabilir. Yüksek çözünürlük nedeniyle uygulaması zaman alıcıdır. AFM vakum altında olduğu kadar ortam koşullarında da gerçekleştirilebilir, böylece artefaktlar en aza indirilir ve seri ölçümler yapılabilir. AFM kullanılarak hem mine hem de dentinde demineralizasyon görüntülenebilir. AFM, atomik seviyedeki yükseklik farklarını da ölçebilir, bu nedenle erken yüzey değişikliklerini belirlemek için uygundur (Schlüter ve ark., 2011).

2.4.9.9. Mikroskobik Değerlendirmeler

2.4.9.9.1. Işık Mikroskobu (Steromikroskop)

Mine örneklerinin aşınmış ve aşınmış olmayan referans alanları arasındaki yükseklik farklarını ölçmek için ışık mikroskobu kullanımı ilk olarak 2008 yılında Chuenarrom ve Benjakul tarafından bildirilmiştir. İki referans noktasının, test edilecek alanın her iki tarafında bulunması gerekir. Aşınmış alanın derinliği, 100 µm'lik adımlarla yaklaşık 1,5 mm'lik bir mesafe boyunca aşınmış yüzeye odaklanılarak belirlenir ve kaydedilen değerlerin ortalaması alınır. Işık mikroskobu ile ölçüm yapmak, diş aşınmasını belirlemek için kolay ve tahribatsız bir yöntemdir. Bununla birlikte, ölçüm doğruluğu kullanılan objektif merceğin odak derinliği tarafından belirlendiğinden, başlangıç seviyesindeki aşınmayı ölçmek için uygun bir yöntem sayılmaz. Bu nedenle, mine kaybının doğru ölçümünü sağlamak için odak derinliğinin beklenen eroziv aşınmadan daha küçük olması gereklidir (Attin & Wegehaupt, 2014).

2.4.9.9.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Taramalı elektron mikroskobu incelemeleri altın püskürtme işlemi ile yüzey kaplandıktan sonra hem parlatılmış hem de parlatılmamış doğal yüzeyler üzerinde gerçekleştirilebilir. Minede, örneklerin eroziv çözeltilere daldırılmasından kaynaklanan asit saldırıları, demineralizasyonun şiddetine bağlı olarak mine prizmalarının açığa çıkmasına ve pürüzlü bir yüzeye neden olur. Alttaki mine yüzeyini asidik çözünmeden korumak için tükürükle elde edilen pelikülün etkinliğini değerlendirmek, farklı etkili asitler nedeniyle oluşan mineral çözünmesinden kaynaklanan ve yüzeysel olarak biriken çökeltileri göstermek için de SEM kullanılabilir (Attin & Wegehaupt, 2014).

Taramalı elektron mikroskobunda görüntü elde edebilmek için önce örneklerin dehidrasyonu sağlanır, sonrasında ise örnek yüzeyleri iletken bir madde (altın, gümüş, karbon

iyonları) ile kaplanır. Bu nedenle SEM in vivo çalışmalarda kullanılamaz (Schlüter ve ark., 2011). SEM cihazı ile bağlantılı olarak kullanılan Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi (EDS, EDX, XEDS) ile incelenen bölgelerde kalitatif ve kantitatif analizler yapılabilir (Hegde & Moany, 2012).

Alan emisyon taramalı elektron mikroskopunda (FE-SEM), SEM’de kullanılan fotonlar yerine elektronlarla çalışılır. FE-SEM, keskin uçlu bir tungsten filamanın büyük bir elektriksel potansiyel gradyan altına yerleştirildiği ve elektronların kaçmasına izin veren bir alan emisyon tabancası kullanır. Bu da araştırmacılara, daha sonra düşük voltajlarda daha yüksek çözünürlük ve görüntü kontrastı sunar (Holliday, Preshaw, Bowen & Jakubovics, 2015).

2.4.9.3. Transmission Elektron Mikroskobu (TEM)

Transmisyon elektron mikroskobu, dentinde meydana gelen erozyonunun yapısını incelemek ve asitlerin pelikül üzerindeki etkisini araştırmak için kullanılmaktadır (Hannig & Balz, 2001). Bu mikroskopun, hem mine hem de dentinde demineralizasyonla ilişkili yapısal değişiklikleri incelemek için uygun ve gerekli olduğu belirlenmiştir (Schlüter ve ark., 2011).

2.4.9.4. Konfokal Lazer Taramalı Elektron Mikroskobu (CLSM)

Konfokal lazer taramalı elektron mikroskopu, üç boyutlu (3D) örnekler aracılığıyla yüksek çözünürlüklü görüntüler, 3D rekonstrüksiyonlar ve optik kesitler elde etmeye yarayan bir araçtır. Dişlerin translüsent yapısı, yüzeyin yaklaşık 150-200 µm altında yansıma modunda kullanılan CLSM ile mikro yapıların tahribatsız yüzey altı görüntülenmesine izin verir (Attin & Wegehaupt, 2014). Odak düzleminden gelen bir dizi görüntü, odak düzlemine dik 2 boyutlu optik kesitler veya 3 boyutlu görüntüler oluşturmak için bilgisayar yazılımı tarafından birleştirilir. Demineralizasyona bağlı olarak mineral içeriği ve morfolojideki değişiklikler, ışığın yansıması ve saçılmasındaki değişikliklerden çıkarılabilir (Zentner & Duschner, 1996). Bu yöntemde çoğunlukla polisajlı diş örnekleri kullanılsa da, polisajsız ve ıslak diş yüzeyleri de değerlendirilebilmektedir. Bununla birlikte, polisajsız örneklerden elde edilen görüntülerin kalitesi, pürüzlü yüzeyin neden olduğu yansımalar ve saçılma etkileri nedeniyle mükemmel değildir. Cihaz çoğunlukla niteliksel bulgu verse de demineralizasyona bağlı doku kaybını ve yumuşama derinliğini ölçmek için kullanılmaktadır (Heurich ve ark., 2010).

2.5. Çalışmanın Amacı

Günlük hayatta sıkça tükettiğimiz asitli yiyecek ve içecekler gibi pek çok faktör diş minesinde demineralizasyona sebep olmaktadır. Diş beyazlatma tedavilerinde kullanılan ürünler de mine kristallerinin yüzey bütünlüğü ve mikro yapısındaki değişikliklere sebep olarak demineralizasyona yatkın bir yüzey oluştururlar. Mine, diş sert dokularının sağlığında önemli bir rol oynadığı için onun yapısal bütünlüğünü korumak oldukça önemlidir.

Nano hidroksiapatit, remineralize edici özellikleri nedeniyle diş çürüğü ve mine erozyonuna karşı diş dokularını koruyucu bir etki gösterir. Nano hidroksiapatit, asit saldırıları sonucu oluşan gözeneklere bağlanır ve demineralize yüzeylerle güçlü bir etkileşime girerek doğal yapıya benzer düzgün bir apatit tabakası oluşturur. Bu özelliğinden dolayı diş beyazlatma ajanlarının minedeki olumsuz etkilerini önlemek amacıyla materyallerin içeriği n-HAP ile zenginleştirilmiştir.

Diş beyazlatma tedavisi sırasında meydana gelen demineralizasyona bağlı olarak minede mikroskobik yüzey kusurları ve yüzey altı gözenekler oluşmaktadır. Yüzey mikrosertliğinin azalması ve pürüzlülüğün artması da minede oluşan zararlı etkiler arasında yer almaktadır (Moradi ve ark., 2022; Popescu ve ark., 2023).

Başlangıç seviyesindeki demineralizasyonun klinik olarak tespiti çok zordur. Herhangi bir nedenle demineralizasyona uğramış dişlere sahip bireylerde beyazlatma tedavisine gereksinim duyulması, hangi ajanın kullanılacağı sorusunu da beraberinde getirmektedir.

Demineralize mine yüzeyinde beyazlatma ajanlarının etkisi ile ilgili kısıtlı sayıda araştırma mevcuttur. Literatürde mevcut olan çalışmalar çoğunlukla sağlam mine ile ilişkilidir (de Abreu, Sasaki, Amaral, Florio & Basting, 2011; Monterubbianesi ve ark., 2021; Orilisi ve ark., 2021). Bunun yanı sıra, içine diş minesini koruyucu maddeler ilave edilmiş beyazlatma ajanlarının etkileri de önemli bir araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır (Abou Neel ve ark., 2016; Azrak ve ark., 2010; Cavalli ve ark., 2018)

Bu çalışmada, sağlam ve demineralizasyona uğramış mine yüzeyinde farklı tipte beyazlatma ajanlarının uygulanması sonucunda yüzeyde meydana gelen değişimleri görmek ve n-HAP içeren beyazlatma ajanının bu değişim üzerindeki etkilerini araştırmak hedeflenmiştir.

Bu tez çalışmasının amacı, %40 hidrojen peroksit, %40 hidrojen peroksit + n-HAP içeren ofis tipi, %16 karbamid peroksit ve %6 hidrojen peroksit ve n-HAP içeren ev tipi diş beyazlatma ajanlarının, sağlam ve demineralize diş minesinde mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü açısından etkilerinin in vitro olarak incelenmesidir.

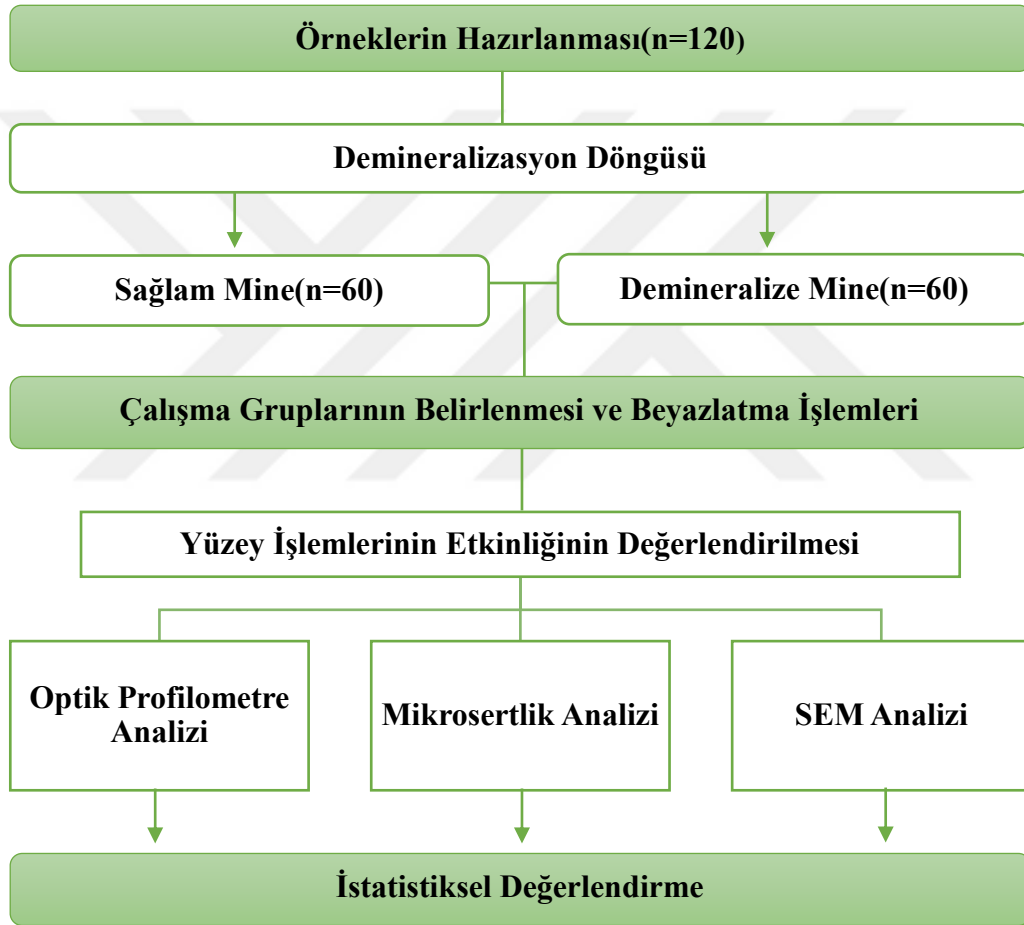
Araştırmanın Hipotezi:

- Nano hidroksiapatit içeren ve içermeyen, ev ve ofis tipi beyazlatma ajanlarının sağlam ve demineralize mine yüzeyinde oluşturdukları mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerleri arasında fark yoktur.



3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu tez çalışması Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda yürütüldü. Çalışmanın etik kurul onayı, Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'nun 21/12/2022 tarihinde 2022/15 sayılı toplantısında 2022.12.14 karar numarasıyla alındı (Ek 1). Çalışma, Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2023/020 proje kodu ile desteklendi. Çalışmanın akış şeması Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmanın akış şeması

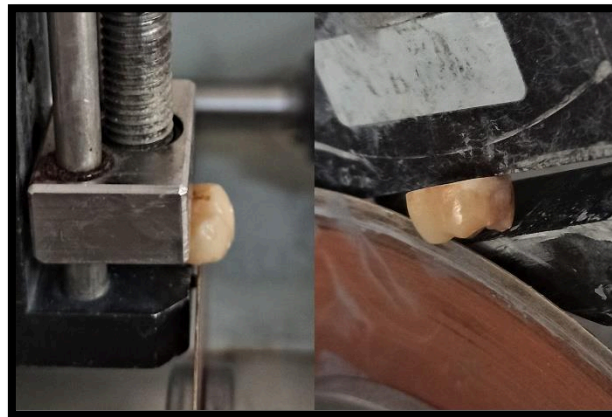
3.1. Örneklerin Hazırlanması

Bu çalışmada yakın zamanda ortodontik veya periodontal sebeple çekilmiş 60 adet sağlam insan üçüncü molar dişleri kullanıldı. Çürük, kırık/çatlak, renklenmiş, hipokalsifiye/hipomineralize alan ve defekt gözlenen dişler çalışmanın dışında tutuldu. Seçilen dişler üzerindeki sert ve yumuşak doku artıkları keskin bir ekskavatör yardımıyla uzaklaştırıldı. Dişler deney aşamasına kadar %0.1'lik timol çözeltisinde buzdolabında +4°C'de bekletildi ve çözelti her hafta yenilendi.

Dişlerin kronları ve kökleri mine-sement sınırından, elektrikli bir hassas kesiciye (Micracut 151, Metkon, Türkiye) monte edilmiş esnek bir elmas disk (IsoMet, Buehler Ltd., ABD) ile birbirinden ayrıldı (Şekil 3.2). Sonrasında aynı yöntem ile kron kısımları meziodistal yönlerde ikiye ayrılarak, dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerinin orta üçlü bölgesinden toplamda 120 adet mine örneği hazırlandı (Şekil 3.3).



Şekil 3.2. Micracut 151 hassas kesme cihazı



Şekil 3.3. Dişlerin meziodistal yönde ikiye ayrılması

Örnekler, polimetil metakrilkat esaslı soğuk akril (İntegra Self Cure Acrylic-Liquid, BGD, Ankara, Türkiye) kullanılarak mine yüzeyleri üstte kalacak şekilde hazırlanan pleksiglass kalıplara gömüldü (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Mine örnekleri

Mine yüzeyleri, 600, 1200, 2400, 4000 gridlik alüminyum oksit zımparalar (Hermes/Schleifmittel GmbH&Co., Hamburg, Almanya) ile bir polisaj cihazı (Forcipol IV Grinder Polisher, Metkon, Mauldin, ABD) kullanılarak su soğutması altında 40 sn parlatıldı (Şekil 3.5). Daha sonra örnekler, 1 dk süreyle distile su altında yıkandı ve düz, parlak, kalıntı içermeyen mine yüzeyleri elde edildi (Şekil 3.6). Örnekler 37°C'de etüvde yapay tükürükte saklandı.



Şekil 3.5. Örneklerin parlatma işleminin yapıldığı polisaj cihazı (Forcipol IV)



Şekil 3.6. Parlatılmış mine örnekleri

3.2. Demineralizasyon Solüsyonunun Hazırlanması

Çalışmamızda demineralizasyon döngüsü için Kırıkkale Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Laboratuvarı'nda hazırlanan %0.3'lük pH=2.6 olan sitrik asit solüsyonu kullanıldı (Liporoni ve ark., 2020; Zanatta, Ávila, Miyamoto, Torres & Borges, 2019). Sitrik asit solüsyonunu hazırlamak için 997 ml distile su ve elektronik hassas tartı (Kern ABJ; Unipro Alpha, Balingen, Almanya) ile ölçülen, formülasyonu $C(OH)(COOH)(CH_2.COOH)_2.H_2O=214.10$ gr/mol olan 3 gr sitrik asit kristali (BDH Laboratuvar Malzemeleri, Poole, İngiltere) kullanıldı. Solüsyon manyetik karıştırıcıda (Weightlab WF-H380A Isıtıcılı Manyetik Karıştırıcı, Sentez Optik Elektronik ve End. Cih. Müh. Tic. Ltd. Şti., İstanbul, Türkiye) karıştırıldı. Hazırlanan solüsyonun pH değeri, pH metre (InoLab WTW pH Level 1, WTW GmbH, Weilheim, Almanya) ile ölçülerek 2.6 olarak belirlendi.

3.3. Yapay Tükürük Solüsyonunun Hazırlanması

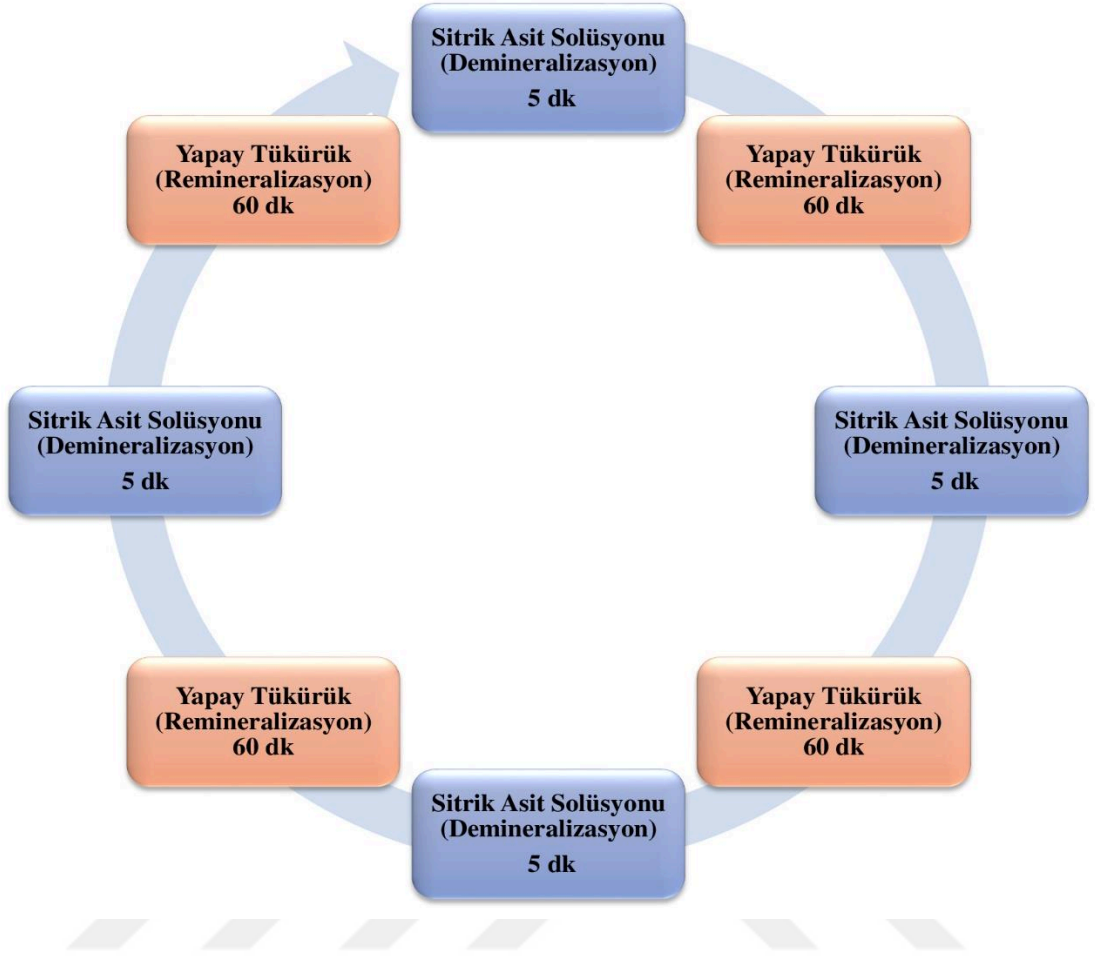
Demineralizasyon döngüsü sırasında kullanılacak olan yapay tükürük solüsyonu Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde hazırlandı.

Yapay tükürük bileşenleri 1000 ml deiyonize su için (gr/L);

- 0,213 gr $CaCl_2.H_2O$
- 0,738 gr KH_2PO_4
- 1,114 gr KCl
- 0,381 gr NaCl
- 12 gr Tris Buffer formülüne göre hazırlanmıştır (Scaramucci, Borges, Lippert, Frank & Hara, 2013).

3.4. Demineralizasyon Döngüsü

Çalışmada kullanılan örneklerin yarısı demineralizasyon döngüsüne maruz bırakıldı. Bu işlem için örnekler %0.3'lük sitrik asit solüsyonunda (pH=2.6) 5 dk boyunca bekletilip daha sonra 60 dk yapay tükürük solüsyonuna konuldu (Şekil 3.7). Bu işlem günde 4 kez olmak üzere 5 gün boyunca tekrar edildi (Liporoni ve ark., 2020; Zanatta ve ark., 2019).



Şekil 3.7. Demineralizasyon Döngüsü

3.5. Çalışma Gruplarında Kullanılan Beyazlatma Ajanları

Çalışmamızda kullanılan beyazlatma ajanlarının ticari adları, üretici firmaları, üretim numaraları ve kimyasal içerikleri Tablo 3.1’de gösterilmektedir.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan beyazlatma ajanlarının adı, üretici firması, üretim numarası ve kimyasal içeriği

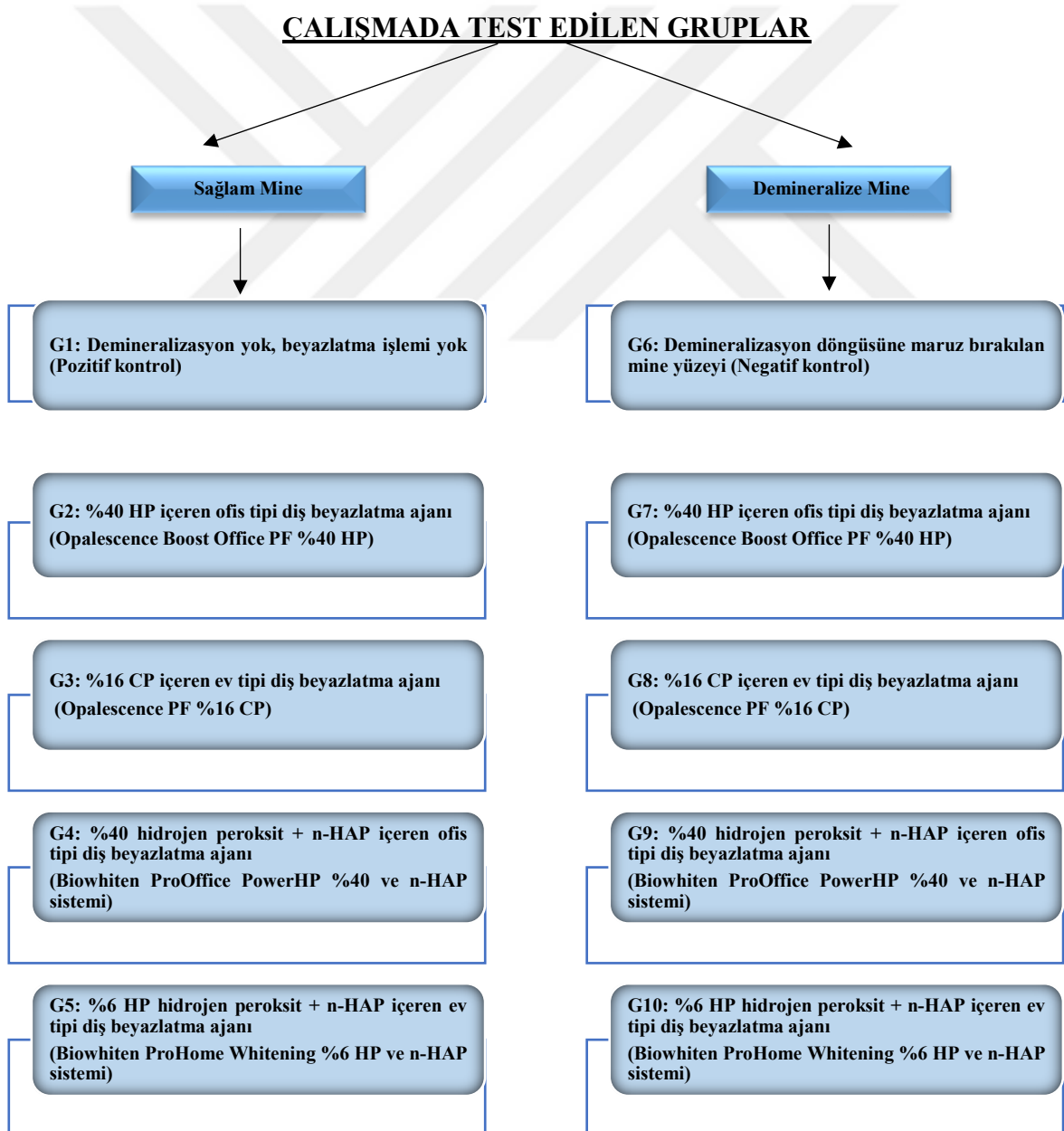
Materyalin Adı	Üretici Firma	Üretim Numarası	Kimyasal İçerik
Opalescence BOOST PF%40 - Ofis Tipi Diş Beyazlatma Ajanı 	Ultradent Products, , South Jordan, UT, ABD	BP979	%40 hidrojen peroksit, potasyum nitrat, florür, su
Opalescence PF%16 -Ev Tipi Diş Beyazlatma Ajanı 	Ultradent Products, South Jordan, UT, ABD	BPBR3 BPT18	%16 karbamid peroksit, potasyum nitrat, florür, su
BioWhiten ProOffice PowerHP%40 – Ofis Tipi Diş Beyazlatma Ajanı 	Biodent Medikal Ürünler ve Hizmetler Tic.Ltd.Şti., İstanbul, Türkiye	K40H2301	%40 hidrojen peroksit, nano hidroksiapatit, su, gliserin, sodyum bikarbonat, sodyum hidroksit
BioWhiten ProHome – Ev Tipi Diş Beyazlatma Ajanı 	Biodent Medikal Ürünler ve Hizmetler Tic.Ltd.Şti., İstanbul, Türkiye	K06HJ2211	%6 hidrojen peroksit, nano hidroksiapatit, su, gliserin, sodyum bikarbonat, sodyum hidroksit

3.6. Çalışma Gruplarının Belirlenmesi ve Beyazlatma İşlemleri

Sağlam ve demineralizasyon döngüsüne maruz bırakılan mine örnekleri uygulanacak beyazlatma ajanına göre kendi içlerinde 5 alt gruba ayrıldı (n=12). Çalışmada kullanılan tüm materyaller üretici firma önerileri doğrultusunda ve standardizasyonun sağlanması için tek bir araştırmacı tarafından uygulandı.

Çalışmada test edilen gruplar Şekil 3.8’de gösterilmektedir.

Şekil 3.8. Çalışmada test edilen gruplar



Grup1 (G1): Demineralizasyon yok, beyazlatma işlemi yok (Pozitif kontrol)

Örnek yüzeyine herhangi bir demineralizasyon işlemi ya da beyazlatma işlemi uygulanmadı.

Grup2 (G2): Demineralizasyon yok, %40 hidrojen peroksit ofis tipi diş beyazlatma ajanı (Opalescence Boost, Ultradent, South Jordan, UT, ABD)

%40 hidrojen peroksit içeren beyazlatma ajanı buzdolabından çıkartılıp, oda ısısına getirildi. Şeffaf şırınganın arkasında bulunan pistonu kuvvetlice bastırılarak zarın patlaması sağlandı. Kırmızı şırınganın pistonu şeffaf şırınga yönüne doğru ve ters yönde itilerek içerisindeki ajan homojen bir renk alana kadar, her bir yöne 25 kez olmak üzere toplam 50 kez işlem tekrar edildi (Şekil 3.9). Daha sonra jelin tamamı kırmızı şırıngada toplandı ve şırıngaya uygulama ucu takıldı. Ajan, üretici firma talimatlarına uyacak şekilde mine yüzeylerine 1 mm kalınlığında uygulandı (Şekil 3.10). 20 dk mine yüzeyinde bekletildikten sonra yüzeyden aspire edildi ve bu işlem iki kez tekrarlandı. Beyazlatma ajanı işlem sırasında bir aplikatör yardımıyla beşer dk aralıklarla karıştırıldı. İşlem sonunda örnek yüzeyleri hava-su spreyi ile iyice yıkandı.



Şekil 3.9. %40 hidrojen peroksit içeren beyazlatma ajanının hazırlanması



Şekil 3.10. %40 hidrojen peroksit içeren beyazlatma ajanının örnek yüzeyine uygulanması

Grup3 (G3): Demineralizasyon yok, %16 karbamid peroksit içeren ev tipi diş beyazlatma ajanı (Opalescence PF %16, Ultradent, South Jordan, UT, ABD)

Beyazlatma ajanı buzdolabından çıkartılıp oda ısısına getirildi. Ardından şırıngada hazır halde bulunan %16 karbamid peroksit içeren beyazlatma ajanı (Opalescence PF %16, Ultradent Products, South Jordan, UT, ABD)'daki gibi mine yüzeylerine kalınlığı 1 mm olacak şekilde uygulandı (Şekil 3.11). Ajan, üretici firma talimatlarına uygun olarak mine yüzeylerinde 4 s bekledikten sonra hava-su spreyi yardımıyla ile yıkanarak uzaklaştırıldı. Beyazlatma işlemi süresince, örnekler 37°C'de yapay tükürük solüsyonunda bekletildi. İşlem toplamda 7 gün boyunca tekrarlandı.



Şekil 3.11. %16 karbamid peroksit içeren beyazlatma ajanının örnek yüzeyine uygulanması

Grup4 (G4): Demineralizasyon yok, %40 hidrojen peroksit + n-HAP içeren ofis tipi diş beyazlatma ajanı (BioWhiten ProOffice PowerHP %40, Biodent Medikal Ürünler ve Hizmetler Tic.Ltd.Şti., İstanbul, Türkiye)

Buzdolabından çıkarılarak oda ısısına getirilen beyazlatma şırıngasının ucuna ayrı ayrı bulunan hidrojen peroksit ve n-HAP içeren jellerin karışmasını sağlayacak otomatik karıştırıcı uç takıldı. Şırınganın arkasındaki pompa itirilerek otomatik karışan ajan 1 mm kalınlığında olacak şekilde mine yüzeyine uygulandı (Şekil 3.12). Ajan beşer dk aralıklarla bir aplikatör yardımı ile karıştırıldı. Üretici firma talimatlarına uygun olarak mine yüzeyinde 15 dk bekletilen beyazlatma ajanı aspire edilerek uzaklaştırıldı. Bu işlem 3 kez art arda tekrarlandıktan sonra örnekler, hava-su spreyi ile iyice yıkandı.



Şekil 3.12. %40 hidrojen peroksit + n-HAP içeren beyazlatma ajanının örnek yüzeyine uygulanması

Grup 5 (G5): Demineralizasyon yok, %6 HP hidrojen peroksit + n-HAP içeren ev tipi diş beyazlatma ajanı (BioWhiten ProHomeWhitening %6, Biodent Medikal Ürünler ve Hizmetler Tic.Ltd.Şti., İstanbul, Türkiye)

Buzdolabından çıkarılarak oda ısısına getirilen ajan şırıngaya takılan otomatik karıştırıcı uç ile mine yüzeylerine 1 mm kalınlığında uygulandı. Üretici firma talimatlarına uygun olarak 60 dk bekletildi (Şekil 3.13). Sonrasında mine yüzeyi hava-su spreyi yardımıyla ile yıkanarak örnekler 37°C'de yapay tükürük solüsyonuna alındı. Bu işlem toplamda 14 gün boyunca tekrarlandı.



Şekil 3.13. %6 hidrojen peroksit + n-HAP içeren beyazlatma ajanının örnek yüzeyine uygulanması

Grup6 (G6): Demineralizasyon döngüsüne maruz bırakılan mine yüzeyi (Negatif kontrol)

Örnek yüzeyleri %0.3'lük sitrik asit ile demineralizasyon döngüsüne maruz bırakıldı (Şekil 3.7).

Grup7 (G7): Demineralizasyon döngüsüne maruz bırakılan mine yüzeyi, %40 hidrojen peroksit içeren ofis tipi diş beyazlatma ajanı (Opalescence Boost, Ultradent, South Jordan, UT, ABD)

%40 hidrojen peroksit içeren beyazlatma ajanı 20 dk süreyle 2 kez mine yüzeyine uygulandı (Şekil 3.10). İşlemler G2'de belirtildiği şekilde gerçekleştirildi.

Grup8 (G8): Demineralizasyon döngüsüne maruz bırakılan mine yüzeyi, %16 karbamid peroksit içeren ev tipi diş beyazlatma ajanı (Opalescence PF %16, Ultradent, South Jordan, UT, ABD)

%16 karbamid peroksit içeren beyazlatma ajanı günde 4 s süreyle 7 gün boyunca mine yüzeyine uygulandı (Şekil 3.11). İşlemler G3'de belirtildiği şekilde gerçekleştirildi.

Grup9 (G9): Demineralizasyon döngüsüne maruz bırakılan mine yüzeyi, %40 hidrojen peroksit + n-HAP içeren ofis tipi diş beyazlatma ajanı (BioWhiten ProOffice PowerHP %40, Biodent Medikal Ürünler ve Hizmetler Tic.Ltd.Şti., İstanbul, Türkiye)

%40 hidrojen peroksit + n-HAP içeren ajan 15 dakika süreyle 3 kez art arda mine yüzeyine uygulandı (Şekil 3.12). İşlemler G4’de belirtildiği şekilde gerçekleştirildi.

Grup 10 (G10): Demineralizasyon döngüsüne maruz bırakılan mine yüzeyi, %6 HP hidrojen peroksit + n-HAP içeren ev tipi diş beyazlatma ajanı (BioWhiten ProHomeWhitening %6, Biodent Medikal Ürünler ve Hizmetler Tic.Ltd.Şti., İstanbul, Türkiye)

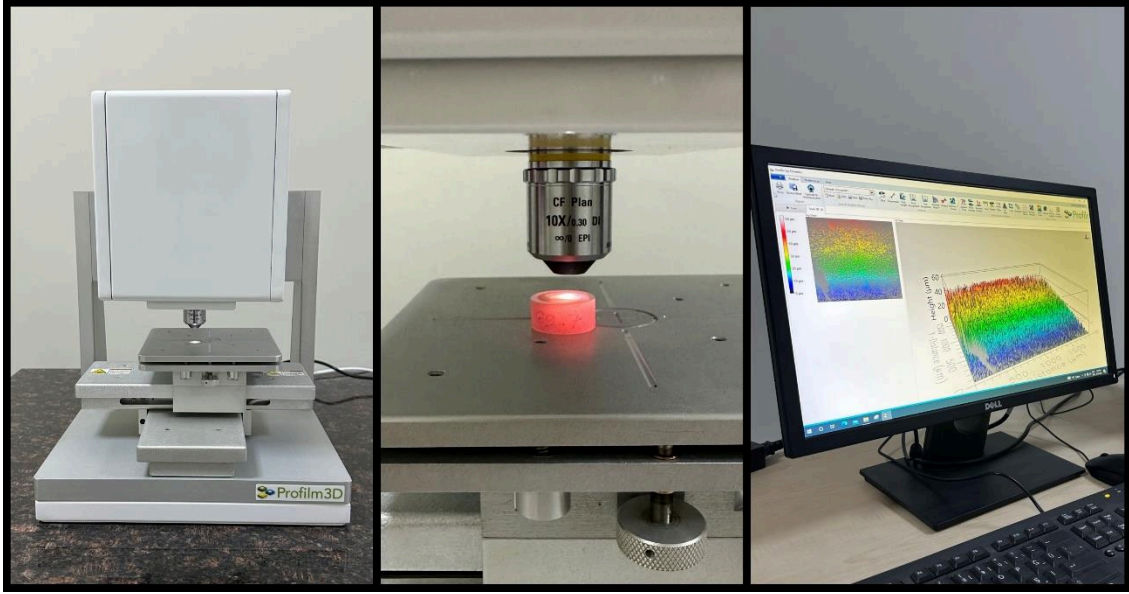
%6 HP hidrojen peroksit + n-HAP içeren ajan günde 60 dk süreyle 14 gün boyunca mine yüzeyine uygulandı (Şekil 3.13) İşlemler G5’de belirtildiği şekilde gerçekleştirildi.

Pozitif, negatif kontrol gruplarında ve beyazlatma işlemleri tamamlanan gruplardaki örnekler yüzey incelemeleri başlayana kadar 37°C’de distile suda saklandı.

3.7. Yüzey İşlemlerinin Etkinliğinin Değerlendirilmesi

3.7.1. Örneklerin Optik Profilometre Analizi

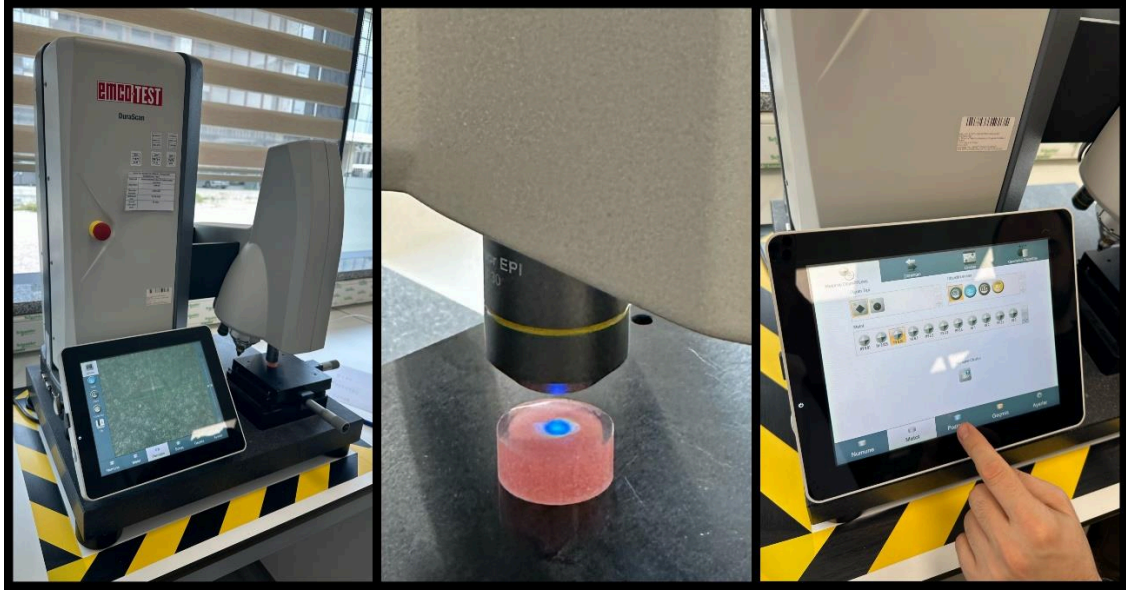
Beyazlatma işlemleri sonrasında örnekler, Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi’nde bulunan temassız optik profilometre (Profilim 3D, Filmetrics, San Diego, Kaliforniya, ABD) ile yüzey pürüzlülüğü açısından incelendi (Şekil 3.14). Her örnek hava spreyi ile kurutulduktan sonra mine yüzeyinde 2x2 mm’lik bir alan seçilerek, yüzey profilleri 0,05 µm hassasiyetle, beyaz ışık interferometrisini kullanılarak tarandı. Ham veri dosyaları ProfilimOnline (KLA Corporation, Milpitas, Kaliforniya, ABD) yazılımına aktarıldı. ISO 4287’ye göre işlemlerden sonra yüzeyde oluşan pürüzlülük miktarı hesaplandı. Örneklerin pürüzlülük profilinin mutlak değerlerinin aritmetik ortalaması olan ‘Ra= Roughness average’ değerleri karşılaştırıldı. Ra değeri, tüm taranan alan dikkate alınarak seçilen üç çizginin ortalama Ra değeri hesaplanarak elde edildi.



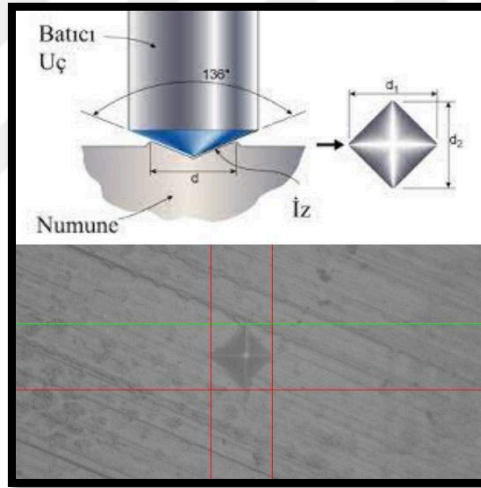
Şekil 3.14. Profilm 3D optik profilometre cihazı ile örnek yüzeyinin incelenmesi

3.7.2. Örneklerin Mikrosertlik Analizi

Örneklerin yüzey pürüzlülüğü incelemeleri tamamlandıktan sonra, Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde bulunan DuraScan 20 G5 (Emco Test, Kuchl–Salzburg, Avusturya) ile yüzey mikrosertlik ölçümleri yapıldı (Şekil3.15). Örnekler hava spreyi ile kurutulduktan sonra cihazın tablasına yerleştirildi. Vickers yöntemi ile yapılan ölçümde 50 gr yük ile malzemeye bastırılan, tepe açısı 136° olan elmas kare piramit ucun bıraktığı dörtgen izin köşegenleri ölçüldü ve köşegen uzunluğu formülde yerine konarak sertlik değerleri elde edildi(Şekil 3.16). Örneklerin Vickers mikrosertlik değeri (HV) EN ISO 6507'ye göre uygulanan yükün (F) oluşan izin alanına bölünmesi anlamına gelen, $HV = (kgf/mm^2) = Katsayı (Test Yüğü/İzin Alanı) = 0.102 (2F \sin 136^\circ/2)/d^2 \approx 0.1891 (F/d^2)$ formülüyle hesaplandı. Burada d izin ortalama köşegen uzunluğu olup $d = (d1 + d2)/2$ formülü ile bulundu. Her bir örnek yüzeyinde rastgele seçilen beş noktadan elde edilen Vickers sertlik değerlerinin ortalaması alındı.



Şekil 3.15. DuraScan 20 G5 cihazı ile örneğin mikrosertlik ölçümü



Şekil 3.16. Örneklerde oluşan köşegen izin mikroskop görüntüsü

3.7.3. Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskopi (SEM) Analizi

Her gruptan rastgele seçilen 3'er adet örnek, yüzeyinde oluşan mikro boşluklar, çatlaklar, erime veya termal hasar bölgeleri gibi morfolojik değişimlerin belirlenmesi için Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde bulunan Hitachi SU-1500 SEM (Hitachi Co, Tokyo, Japonya) kullanılarak incelendi (Şekil 3.15). Tüm örnekler kurumaları amacıyla 24 saat süre ile 37°C' deki etüvde (Nüve Incubator FN 055, Ankara, Türkiye) bekletildi. SEM incelemesi yapılmadan önce örnekler, çift taraflı

karbon yapışkan ile diskler üzerine sabitlendi. SEM değerlendirmeleri için örnek yüzeyleri yüzey kaplama cihazında (Denton Vacuum Desk V, Moorestown, NJ, ABD) 10 nm kalınlığında altın palladyum ile kaplandı. Kaplama işlemi 52 mA akım kullanılarak 0,07 tor bir vakum basıncı altında 30 sn'de gerçekleştirildi. Örneklerin SEM incelemeleri x1000 ve x4000 büyütmelerde yapıldı.



Şekil 3.17. Hitachi SU-1500 SEM cihazı

3.8. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmanın planlama aşamasında ön istatistiksel değerlendirme kapsamında yapılan güç analizi G*Power v.3.1 yazılımı (Heinrich Heine, Dusseldorf Üniversitesi, Düsseldorf, Almanya) kullanılarak hesaplandı ve orta etki büyüklüğü %85 güç ve α (tip1) ve β (tip2) hata düzeylerinde her bir gruba minimum 12 örnek alınması gerektiği belirlendi.

Elde edilen verilerin analizi IBM SPSS 22 (SPSS Statistics., Chicago, ABD) paket programı kullanılarak gerçekleştirildi. Normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk testiyle incelendi. Verilerin normal dağılmamasından dolayı iki gruplu karşılaştırmalarda Mann-Whitney U testi, üç ve daha fazla gruplu karşılaştırmalarda ise Kruskal-Wallis H testi kullanıldı. Çoklu karşılaştırmalar Bonferroni post hoc testi ile incelendi. Anlamlılık düzeyi 0,05 olarak belirlendi. $p < 0,05$ olması durumunda gruplar arasında anlamlı farklılığın olduğu, $p > 0,05$ olması durumunda ise anlamlı farklılığın olmadığı kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. Örneklerin Yüzey Pürüzlülüğü Bulgularının Değerlendirilmesi

Çalışmada yer alan grupların yüzey pürüzlülüğü ölçümlerine ait ortanca (minimum-maximum)ve ortalama $\pm$ standart sapma (S.S) değerleri Tablo 4.1 'de sunulmaktadır.

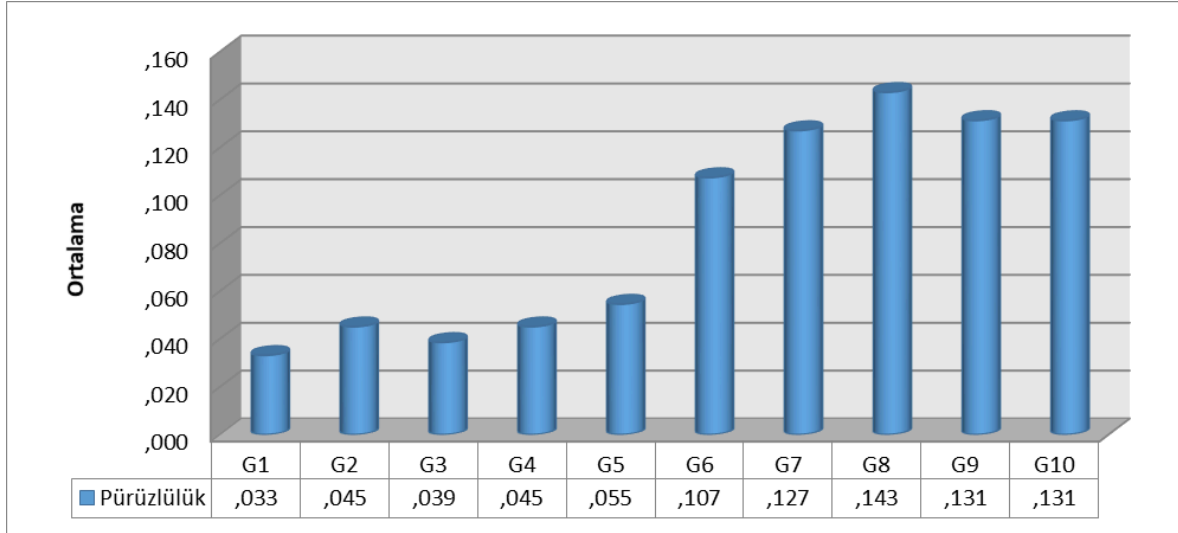
Elde edilen verilere göre demineralizasyon döngüsü yüzey pürüzlülüğü değerlerini tüm gruplarda artırdı, buna bağlı olarak sağlam ve demineralizasyon döngüsüne tabi tutulan örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$). Sağlam mine grupları karşılaştırıldığında yüzey pürüzlülüğü değerleri açısından anlamlı bir farklılık bulunmazken ($p>0,05$), demineralizasyon döngüsü uygulanan gruplarda yüzey pürüzlülüğü değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0,05$). Yapılan ikili karşılaştırmalarda, bu anlamlı farklılığın %16 CP içeren ev tipi diş beyazlatma ajanı uygulanan grupta elde edilen pürüzlülük değerinin, negatif kontrol grubuna ve %40 HP içeren ofis tipi diş beyazlatma ajanı uygulanan gruba göre anlamlı derecede yüksek bir değer almasından kaynaklandığı tespit edildi ($p=0,018$) ($p=0,032$).

Tablo 4.1. Çalışma gruplarının yüzey pürüzlülüğü değerleri (μm) [Ortanca (min-max)-Ortalama $\pm$ S.S]

Demineralizasyon Varlığı	Kontrol		%40 HP		%16 CP		%40 HP + n-HAP		%6 HP + n-HAP		p değeri
	Ortanca (Min-Maks)	Ortalama $\pm$ S.S	Ortanca (Min-Maks)	Ortalama $\pm$ S.S	Ortanca (Min-Maks)	Ortalama $\pm$ S.S	Ortanca (Min-Maks)	Ortalama $\pm$ S.S	Ortanca (Min-Maks)	Ortalama $\pm$ S.S	
Yok	0,034 (0,004-0,085)	0,03 $\pm$ 0,02 ^a	0,042 (0,012-0,076)	0,04 $\pm$ 0,01 ^a	0,026 (0,017-0,093)	0,03 $\pm$ 0,02 ^a	0,045 (0,018-0,078)	0,04 $\pm$ 0,02 ^a	0,056 (0,011-0,095)	0,05 $\pm$ 0,02 ^a	> 0,05
Var	0,106 (0,078-0,148)	0,10 $\pm$ 0,01 ^b	0,121 (0,093-0,201)	0,12 $\pm$ 0,03 ^{bc}	0,131 (0,111-0,23)	0,14 $\pm$ 0,03 ^d	0,121 (0,079-0,288)	0,13 $\pm$ 0,05 ^{bcd}	0,113 (0,08-0,272)	0,13 $\pm$ 0,05 ^{bcd}	0,027
p değeri	0,029		0,012		0,033		0,038		0,018		

*Aynı küçük harflerle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p > 0,05$).

Çalışmada yer alan grupların yüzey pürüzlülüğü değerlerine ait grafik şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Çalışma gruplarının ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri (μm)

4.2. Örneklerin Mikrosertlik Bulgularının Değerlendirilmesi

Çalışmada yer alan grupların mikrosertlik ölçümlerine ait ortanca (minimum-maximum) ve ortalama $\pm$ standart sapma (S.S) değerleri Tablo 4.2’de sunulmaktadır.

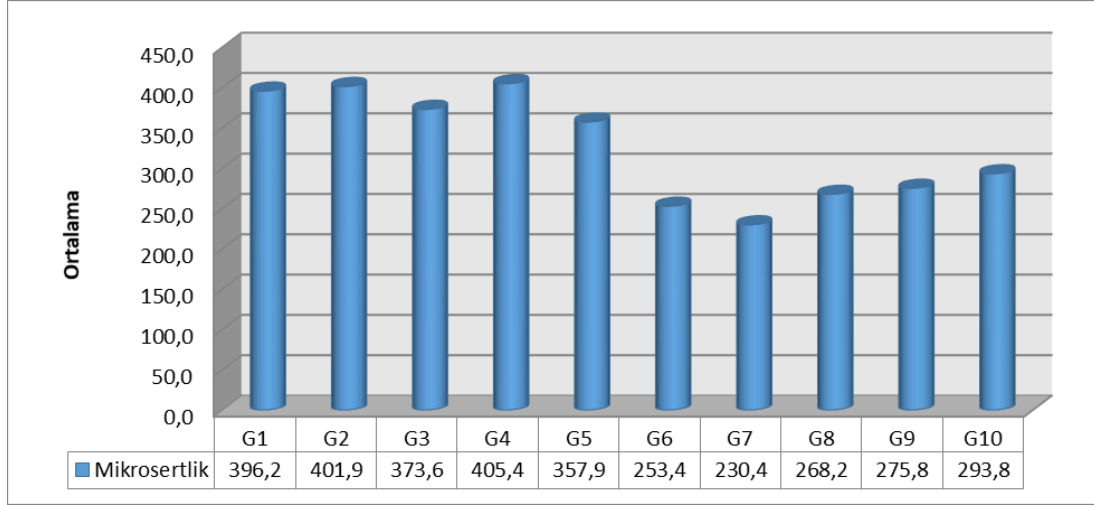
Elde edilen verilere göre demineralizasyon döngüsü uygulanan tüm gruplarda ölçülen mikrosertlik değerlerinin, sağlam mine gruplarına kıyasla anlamlı derecede düşük olduğu tespit edildi ($p < 0,05$). Sağlam mine gruplarında mikrosertlik ölçümleri birbirine yakın değerler alırken, aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi ($p > 0,05$). Beyazlatma işlemleri öncesinde demineralizasyon döngüsüne maruz bırakılan gruplarda ise %40 HP içeren ofis tipi diş beyazlatma ajanı uygulanan grubun mikrosertlik değerinin diğerlerine göre anlamlı derecede düşük olduğu tespit edildi ($G7/G6-p=0,021$) ($G7/G8-p=0,031$) ($G7/G9-p=0,038$) ($G7/G10-p=0,002$). Buna ilave olarak, negatif kontrol grubunun mikrosertlik değeri, %6 HP + n-HAP içeren ev tipi diş beyazlatma ajanı uygulanan grubun mikrosertlik değeriyle kıyaslandığında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturacak derecede düşük bulundu ($p=0,004$)

Tablo 4.2. Çalışma gruplarının mikrosertlik değerleri (kgf/mm²) [Ortanca (min-max)-Ortalama $\pm$ S.S.]

Demineralizasyon Varlığı	Kontrol		%40 HP		%16 CP		%40 HP + n-HAP		%6 HP + n-HAP		p değeri
	Ortanca (Min-Maks)	Ortalama $\pm$ S.S	Ortanca (Min-Maks)	Ortalama $\pm$ S.S	Ortanca (Min-Maks)	Ortalama $\pm$ S.S	Ortanca (Min-Maks)	Ortalama $\pm$ S.S	Ortanca (Min-Maks)	Ortalama $\pm$ S.S	
Yok	402 (335-447)	396,2 $\pm$ 34,1 ^a	428 (200-463)	401,9 $\pm$ 71,1 ^a	376,5 (234-455)	373,6 $\pm$ 69,5 ^a	394 (356-464)	405,4 $\pm$ 35,8 ^a	397 (208-463)	357,9 $\pm$ 90,4 ^a	> 0,05
Var	246,5 (211-342)	253,4 $\pm$ 35 ^b	241,5 (158-345)	230,4 $\pm$ 51,8 ^c	274 (189-343)	268,2 $\pm$ 45,2 ^{bd}	268 (209-351)	275,8 $\pm$ 43,8 ^{bd}	291,5 (224-357)	293,8 $\pm$ 40,5 ^d	0,021
p değeri	0,041		0,021		0,028		0,034		0,038		

*Aynı küçük harflerle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p> 0,05).

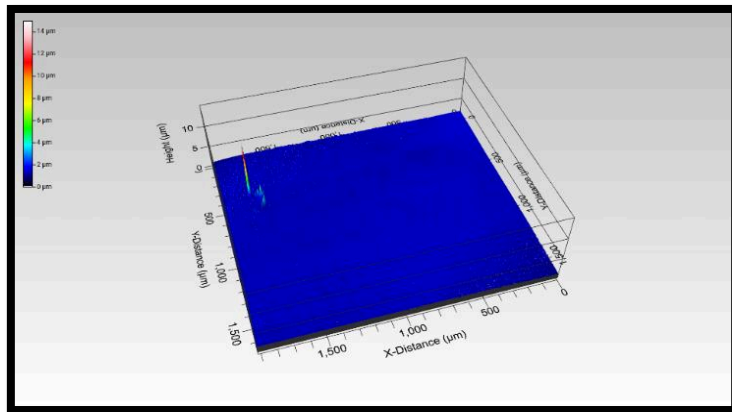
Çalışmada yer alan grupların mikrosertlik değerlerine ait grafik şekil 4.2’de gösterilmektedir.



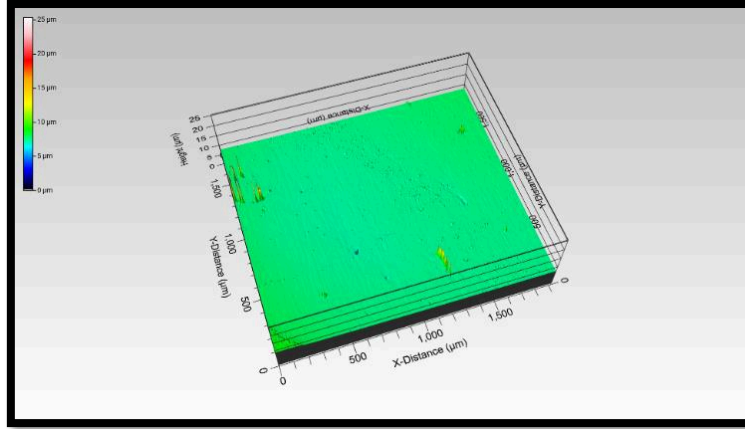
Şekil 4.2. Çalışma gruplarının ortalama mikrosertlik değerleri (kgf/mm²)

4.3. Örneklerin Üç Boyutlu Optik Profilometre Görüntülerinin İncelenmesi

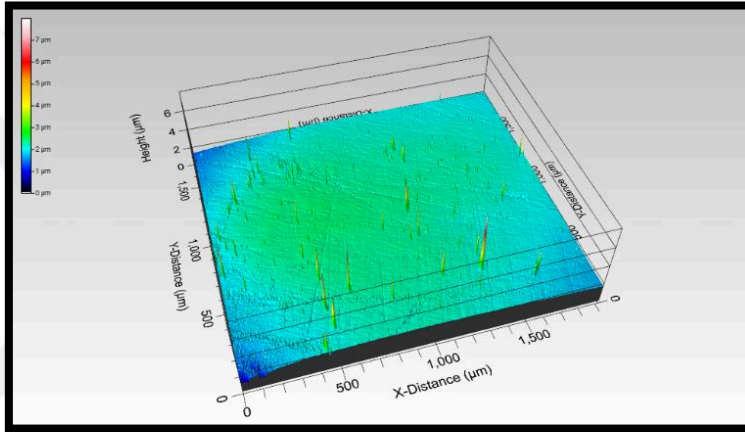
Çalışmada yer alan örneklerin optik profilometre ile elde edilen üç boyutlu görüntüleri incelendi. Yüzey yapısı değerlendirildiğinde, demineralizasyon döngüsü yapılan gruplarda yapılmayan gruplara göre oldukça pürüzlü bir görüntü izlendi (Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10). Sağlam mine gruplarından elde edilen görüntülerde yüzey yapısı benzer pürüzlülük özellikleri gösterdi (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5).



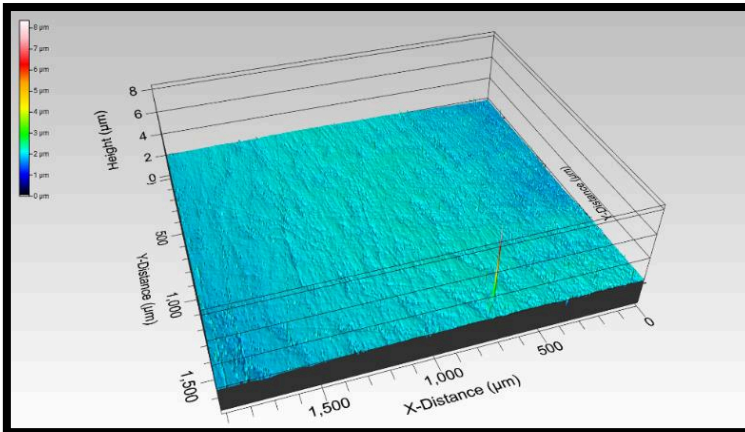
Şekil 4.3. G1 (Pozitif kontrol)’e ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü



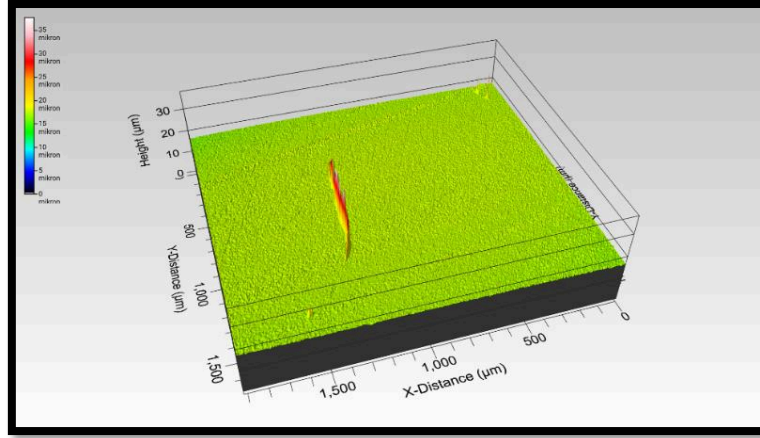
Şekil 4.4. G2'ye ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü



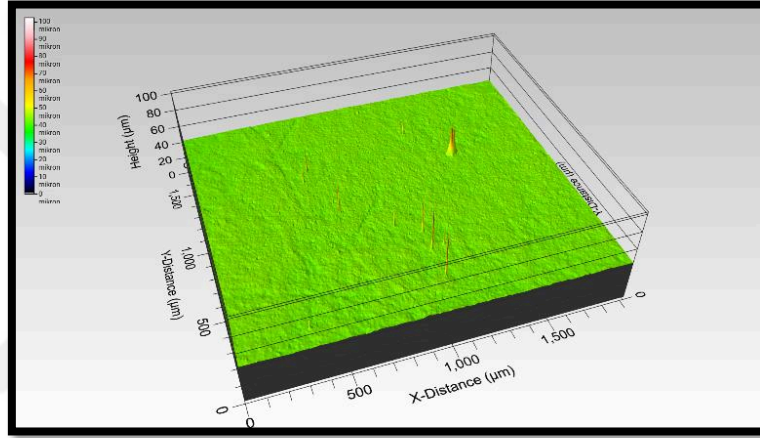
Şekil 4.5. G3'e ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü



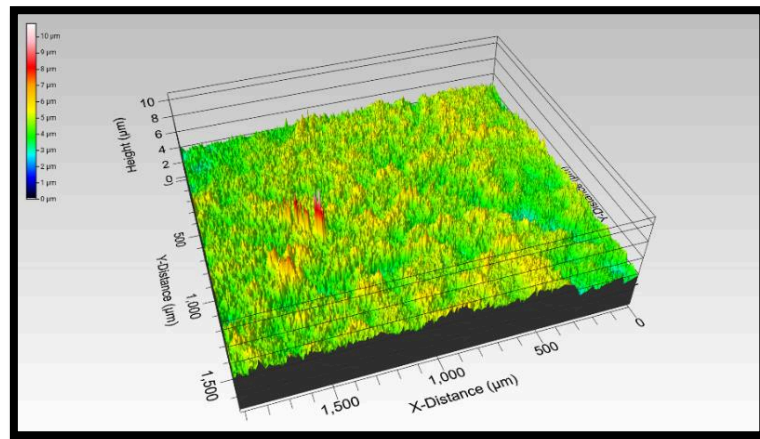
Şekil 4.6. G4'e ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü



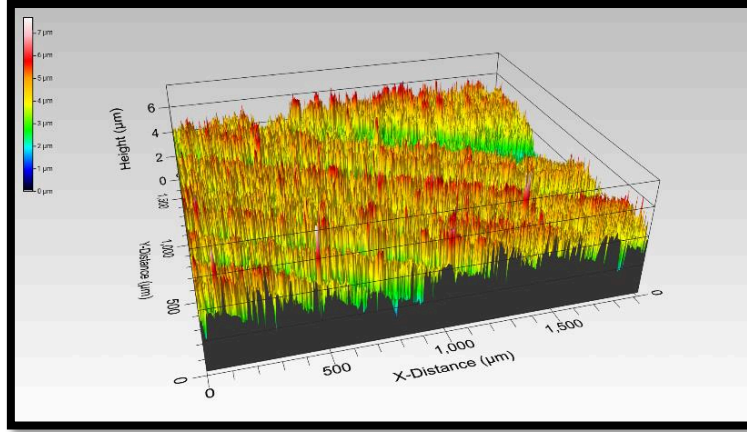
Şekil 4.7. G5'e ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü



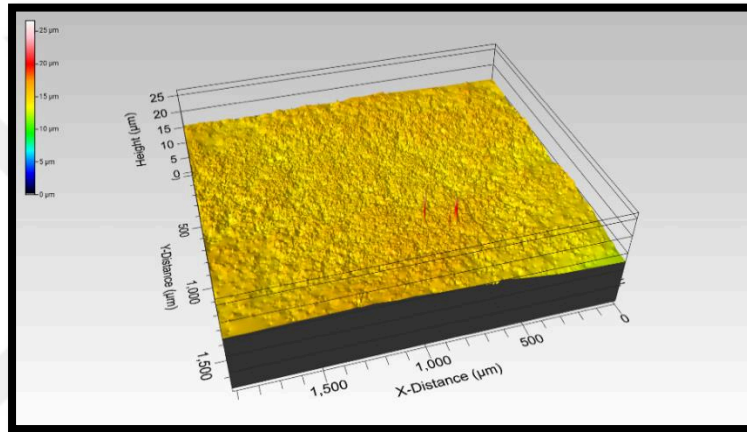
Şekil 4.8. G6 (Negatif kontrol)'ya ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü



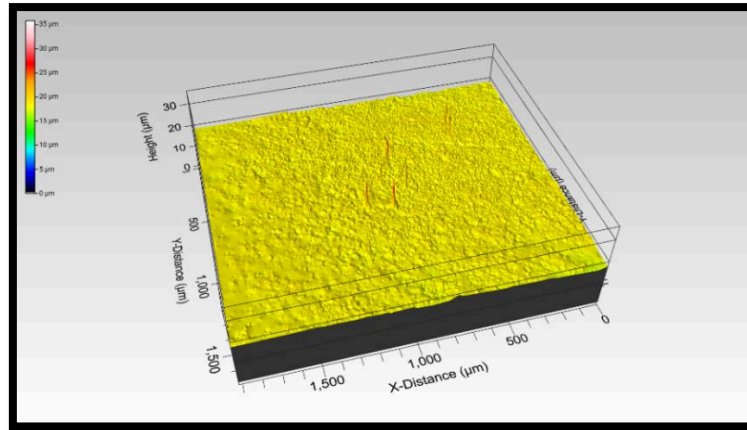
Şekil 4.9. G7'ye ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü



Şekil 4.10. G8'e ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü



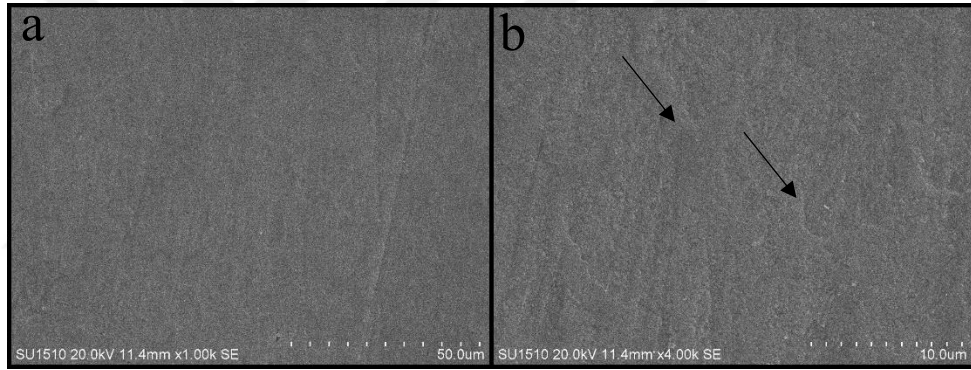
Şekil 4.11. G9'a ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü



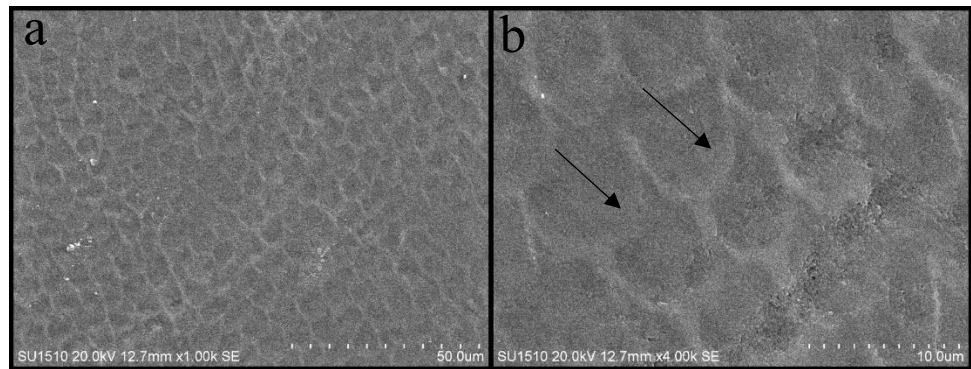
Şekil 4.12. G10'a ait rastgele seçilen bir örneğin üç boyutlu optik profilometre görüntüsü

4.4. Örneklerin SEM ile Yüzey Topografisinin Görüntülenmesi

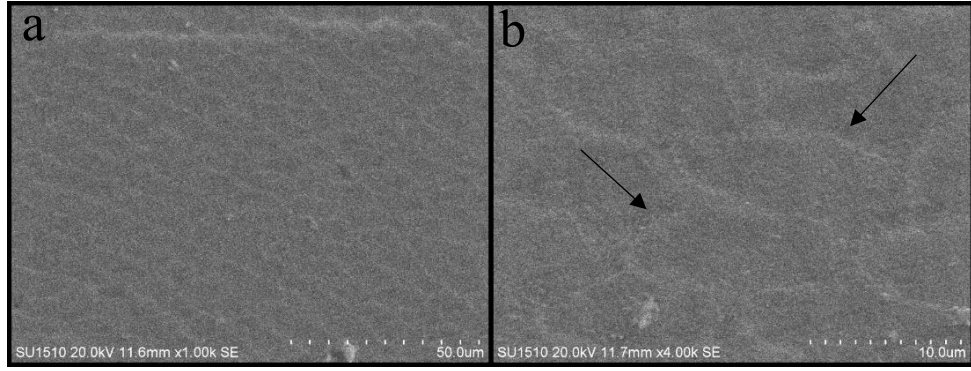
Çalışmada yer alan tüm gruplardan rastgele seçilen üç örnek SEM cihazında x1000 ve x4000 büyütmelerde incelenip, görüntüler elde edildi. Demineralizasyon döngüsü uygulanmayan sağlam mine gruplarında beyazlatma ajanı uygulamasından bağımsız olarak mine prizmalarının ve yüzeyin düzgün izlenmesiyle fizyolojik yapının korunduğu görüldü (Şekil 4.13,4.14,4.15,4.16.4.17). Demineralizasyon döngüsü uygulanan gruplarda mine prizmalarındaki çekirdek yapının ve interprizmatik alanların çözünmesiyle birlikte homojen olmayan daha pürüzlü bir yapı tespit edildi (Şekil 4.18,4.19,4.20,4.21.4.22). Demineralizasyon döngüsüne maruz bırakılmamış örneklerde tam olarak gözlenmese de demineralizasyon döngüsü yapılan gruplarda x4000 büyütmede n-HAP'in yüzeyde biriktiği alanlar dikkati çekti.



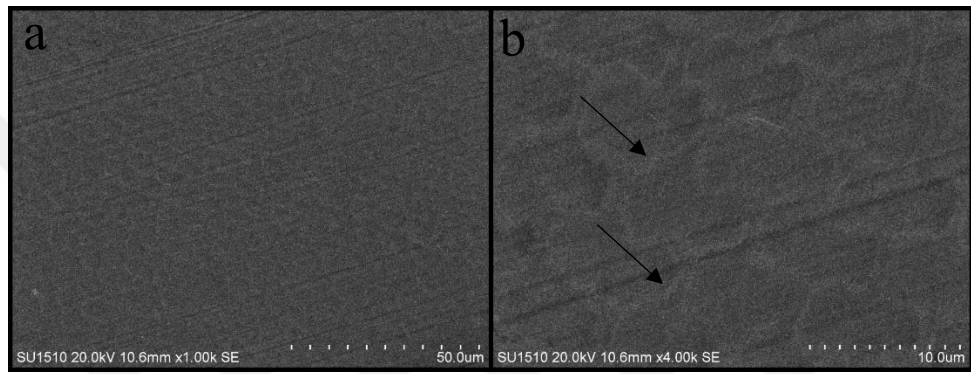
Şekil 4.13. G1'e ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri (siyah ok: sağlam mine yüzeyindeki aprizmatik tabaka)



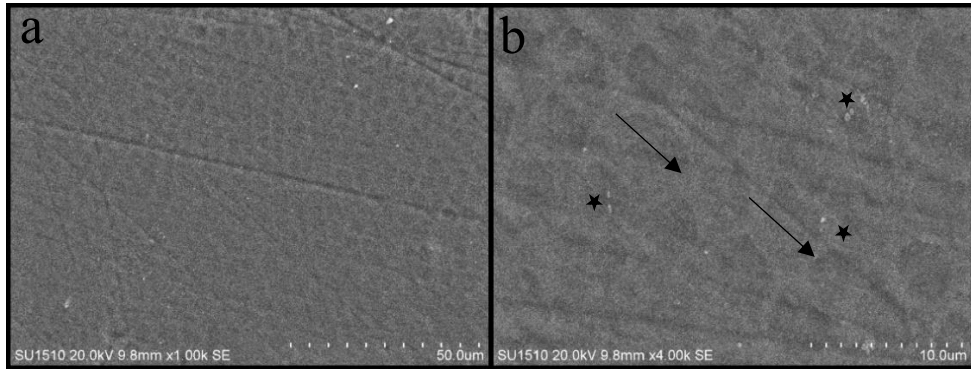
Şekil 4.14. G2'ye ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri (siyah ok: beyazlatma sonrası görülen rod ve interrodlar)



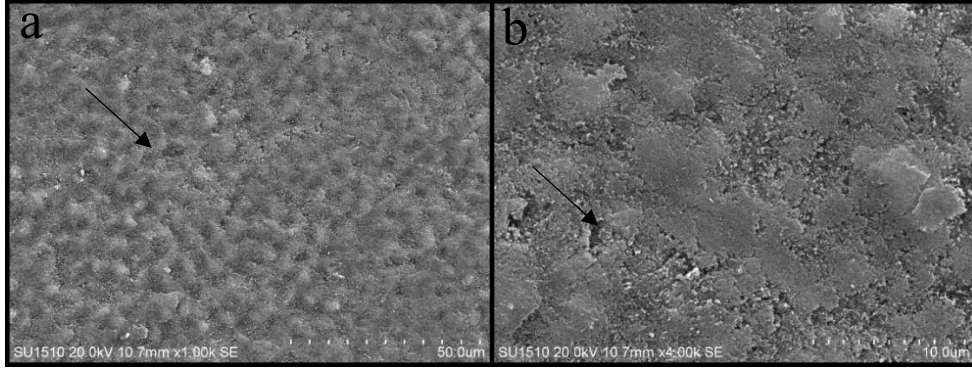
Şekil 4.15. G3'e ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri (siyah ok: beyazlatma sonrası görülen rod ve interrodlar)



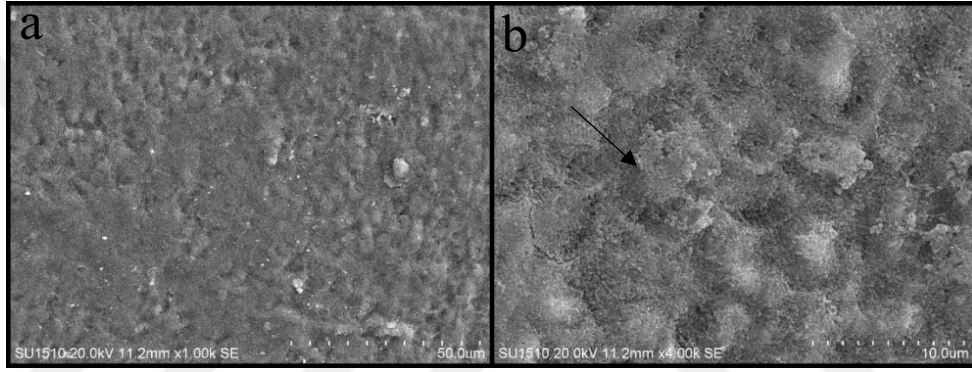
Şekil 4.16. G4'e ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri (siyah ok: beyazlatma sonrası görülen rod ve inter rodlar)



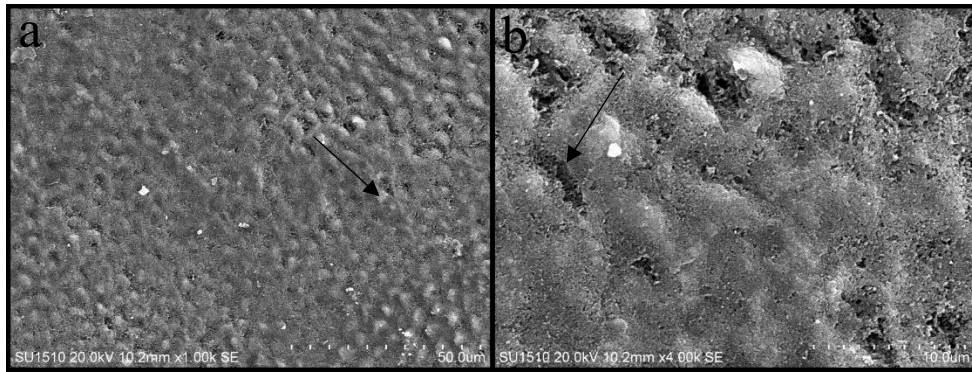
Şekil 4.17. G5'e ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri (siyah ok: beyazlatma sonrası görülen rod ve interrodlar, yıldız: yüzeyde biriken hidroksiapatit kümecikleri)



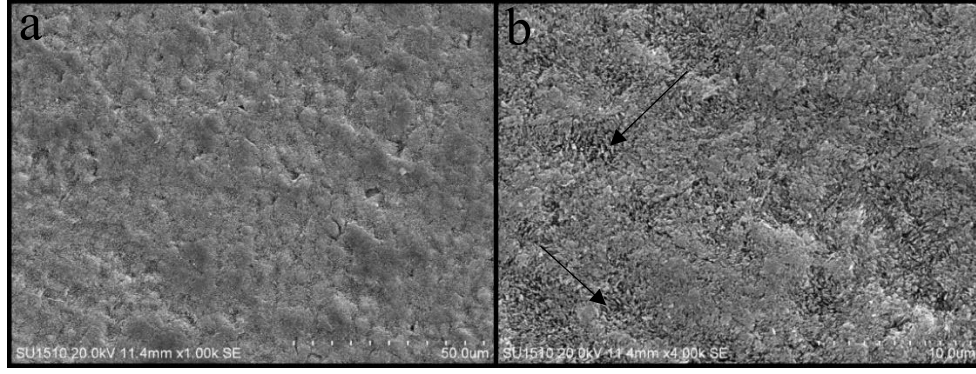
Şekil 4.18. G6'ya ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri (siyah ok: demineralizasyon sonrası aprizmatik yapının ve prizma çekirdeklerinin kısmen çözünmesi, düzensiz demineralizasyon alanları)



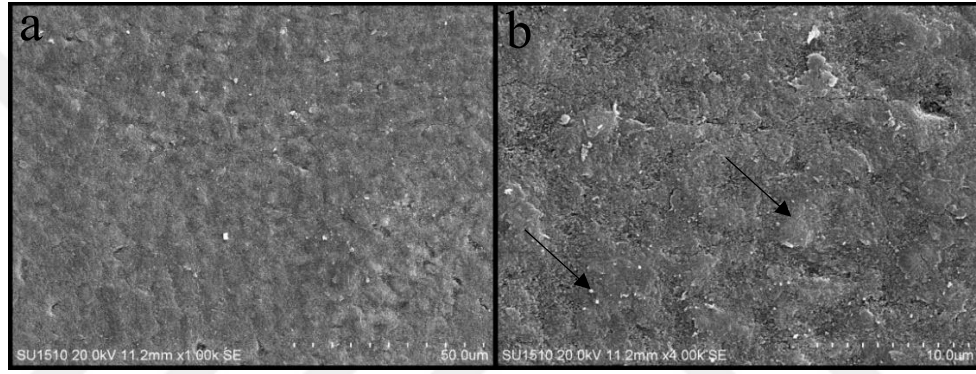
Şekil 4.19. G7'ye ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri (siyah ok: demineralizasyon sonrası aprizmatik yapının ve prizma çekirdeklerinin kısmen çözünmesi)



Şekil 4.20. G8'e ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri (siyah ok: demineralizasyon sonrası aprizmatik yapının ve prizma çekirdeklerinin kısmen çözünmesi)



Şekil 4.21. G9'a ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri (siyah ok: n-HAP içeren beyazlatma ajanı kullanımı sonrasında oluşan hidroksiapatit çubukları ve mine yüzeyinin onarımı)



Şekil 4.22. G10'a ait rastgele seçilen bir örneğin x1000 (a) ve x4000 (b) büyütmede alınan SEM görüntüleri (siyah ok: n-HAP içeren beyazlatma ajanı kullanımı sonrasında yüzeye biriken hidroksiapatit kümecikleri ve mine yüzeyinin onarı

5.TARTIŞMA

Diş beyazlatma tedavisi, dişlerindeki renklenmelerden şikayetçi olan bireylerin hekime başvurma sebepleri arasında yer almaktadır. Diş hekimleri bu şikayetle gelen kişileri detaylı şekilde muayene ettikten sonra, öncelikle renklenmenin nedenini tespit ederek daha sonra tedavi sürecine başlar. Klinik olarak herhangi bir patolojik durum gözlenmeyen dişlerde ve hastanın tedaviye engel teşkil eden bir durumu olmadığı müddetçe diş beyazlatma işlemi oldukça güvenilir ve konservatif bir tedavi seçeneği olarak kabul edilmektedir. Günümüzde asitli yiyecek içecek tüketimi, ağız hijyeni uygulamalarında eksiklik, ağız kuruluğu ve tekrarlayan asit atakları gibi faktörler ağız içerisinde pH değişimlerine neden olmaktadır. Bu değişim diş minesinde gözle görülemeyecek demineralizasyonlara sebep olabilmektedir. Başlangıç seviyesindeki demineralizasyonun klinik olarak tespit edilmesi oldukça zor olduğundan, böyle bir durum varlığında diş beyazlatma tedavisinin etkileri tam olarak bilinmemektedir. Bununla birlikte, ortodontik tedavi sonrasında ve rezin infiltrasyon tedavisiyle kombine edilerek diş beyazlatma tedavisi uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Bu tez çalışmasında %40 HP, %40 HP + n-HAP içeren ofis tipi, %16 CP ve %6 HP ve n-HAP içeren ev tipi diş beyazlatma ajanlarının, sağlam ve demineralize diş minesi üzerinde etkileri mikrosertlik ve yüzey pürüzlülük değerleri açısından in vitro olarak incelendi ve SEM incelemeleriyle mine yüzeyindeki değişimler analiz edildi. Çalışmanın hipotezi ‘n-HAP içeren ve içermeyen beyazlatma ajanlarının sağlam ve demineralize mine yüzeyinde oluşturdukları mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerleri arasında fark yoktur.’ şeklindeydi. Yapılan incelemeler sonucunda demineralize mine gruplarında mikrosertlik değerlerinin anlamlı derecede düşük, yüzey pürüzlülüğü değerlerinin anlamlı derecede yüksek olduğu görüldü. Nano hidroksiapatit içeren diş beyazlatma ajanlarının mikrosertlik değerlerini artırmada etkisinin olduğu izlendi. Elde edilen veriler sonucunda araştırma hipotezi reddedildi.

Demineralizasyon çalışmalarının ideal olarak in vivo ve in situ çalışmalar olması tercih edilse de, ağız ortamında bulunan değişkenlerin farklılığı nedeniyle standardizasyonun sağlanamaması, hastaya bağlı iç/dış faktörler ve hastanın çalışmaya uyumunun gerekli olması dolayısıyla bu alanda daha çok in vitro çalışmalar yapılmaktadır (Scaramucci ve ark., 2011; Simões ve ark., 2020). Araştırmanın aşamalarının kolay takip edilebilmesi, deney sürelerinin kısa olması, değişkenlerin sabit tutulabilmesi, standardizasyonun sağlanması, etik kurallar, daha az sayıda personel gerektirmesi gibi avantajlarından dolayı çalışmamız in vitro koşullarda gerçekleştirilmiştir (Zero, 1995).

Histolojik açıdan insan dişlerine benzemesi, kolay elde edilebilmesi ve boyutlarının büyük olması gibi avantajları sebebiyle sığır dişi minesini; birçok araştırmacı tarafından çalışmalarda kullanılmıştır (Abuabara, Santos, Aguiar & Lovadino, 2004; Vieira-Junior ve ark., 2018). Bununla birlikte, insan dişi minesine göre daha pöröz ve daha az mineralize yapıda olması demineralizasyon-remineralizasyon döngülerinin uygulandığı çalışmalardan elde edilen sonuçların etkilenmesine neden olmaktadır (Featherstone & Mellberg, 1981; Lynch & Cate, 2006). Sığır dişi minesini asidik solüsyonlardan önemli ölçülerde etkilenir. Asit etkisi karşısında sığır dişi minesinin çözünme oranı insan dişi minesinden üç kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Zanet, Fava & Alves, 2011). İnsan üçüncü molar dişleri sıklıkla çekildiği için diğer dişlere kıyasla daha kolay elde edilebilir olması, ağız ortamına geç sürdüğü için dış etkenlerden en az etkilenen dişler olması sebebiyle birçok çalışmada tercih edilmiştir (Bellamy ve ark., 2014; Hooper ve ark., 2014; Jiang ve ark., 2008). Bu sebeplerden dolayı; çalışmamızda etik kurul onayı alınarak, çekilmiş insan üçüncü molar dişleri kullanıldı. Standardizasyonu sağlamak için yakın zamanda çekilmiş, çürüksüz, çatlak içermeyen, yüzeyinde herhangi bir defekt bulunmayan dişler seçildi.

Demineralizasyon çalışmalarında dış kaynaklı asit erozyonunu taklit etmek için asidik içecekler kullanıldığında bu içeceklerin içerisinde bulunan şeker, sakız, polifenol gibi maddeler diş yüzeyindeki pelikül özelliğini değiştirmektedir. Çalışmalarda asit erozyonunu taklit etmek için genellikle doğal meyve ve içeceklerde sıklıkla bulunması nedeniyle sitrik asit tercih edilmekle birlikte fosforik asit, tartarik asit, tannik asit, maleik asit, asetik asit veya laktik asit de kullanılabilir (Shellis, Ganss, Ren, Zero & Lussi, 2011; Zanet ve ark., 2011). Bizim çalışmamızda demineralizasyon döngüsünü gerçekleştirmek için pH=2.6 olan %0,3 sitrik asit içeren bir solüsyon kullanmayı uygun gördük.

Minenin demineralize edildiği çalışmalarda pek çok farklı döngüye rastlansa da genellikle demineralizasyon sayısının 2-6, demineralizasyon süresinin ise 2-10 dk arasında değiştiği görülmüştür (Farooq ve ark., 2021; Hove, Stenhagen, Mulic, Holme & Tveit, 2015; Liporoni ve ark., 2020; Min, Kwon & Kim, 2015; Shellis, Ganss, Ren, Zero & Lussi, 2011). Çalışmamızda demineralizasyon işlemi için günde 4 defa 5'er dakikalık döngüler uygulanmıştır. Yapılan bir çalışmada, hem mide öz suyundan gelen hem de diyetle ağız ortamında bulunun asitin ağızda kalma süresinin birkaç dakikayı geçmediği rapor edilmiştir (Shellis ve ark., 2011).

Çalışmamızda örnekler demineralizasyon döngüsünde asite maruz bırakıldıktan sonra ve diş beyazlatma işlemleri sırasında ağız ortamını taklit etmek için yapay tükürük

solüsyonunda bekletildi. İnsan tükürüğü çapraz enfeksiyon riski yarattığından dolayı tercih edilmedi (Shellis ve ark., 2011). Baumann ve ark.'nın yaptıkları erozyon çalışmasında insan tükürüğü ve yapay tükürüğün benzer koruyucu özelliklere sahip olduğu bulunmuştur (Baumann, Kozik, Lussi & Carvalho, 2016).

Diş yüzeyinde meydana gelen demineralizasyonun incelendiği çalışmalarda yüzey değişikliklerinin değerlendirilebilmesi için birçok ölçüm yöntemi kullanılmıştır. Buna örnek olarak, profilometre, yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde en yaygın kullanılan kantitatif yöntemdir (Schlüter ve ark., 2011). Profilometreler, kontakt ve non-kontakt diğer bir adıyla optik olmak üzere iki tiptir. Kontakt profilometrede bir uç yardımıyla örneğe doğrudan temas edilerek ölçüm yapılırken, optik profilometre örneğe temas etmeden yüzeyi lazer yardımı ile tarar. Kontakt profilometrede uç örneğe sürekli temas halinde olduğu için örnek yüzeyine zarar verme riski mevcuttur. Optik profilometrede ise kontakt profilometredeki basit çizgi profilleri yerine yüzey lazer ile taranarak bir düzlem oluşturulur ve daha güvenli sonuçlar elde edilir (Paepegaey ve ark., 2013; Pascolutti & de Oliveira, 2021). Diş hekimliğinde, pürüzlülüğü bildirmenin en yaygın biçimi yüzey pürüzlülüğü ortalaması (R_a)'dır (Field, Waterhouse & German, 2010). Bu bilgiler ışığında çalışmamızda yüzey pürüzlülüğünü incelemek için optik profilometre ile taranan örnek yüzeylerinde R_a değerleri karşılaştırılmıştır. R_z , R_{max} gibi diğer parametreler çok fazla varyasyon gösterdiğinden dolayı net sonuçlar için ortalama pürüzlülük değerine bakılmıştır (Heintze, Forjanic & Rousson, 2006).

Azrak ve ark. (Azrak ve ark., 2010) sağlam ve demineralize ettikleri insan diş örneklerine asidik pH'da %35'lik CP, nötr pH'da %13,5'lik HP ve alkali pH'da %7,5'lik HP olmak üzere üç farklı diş beyazlatma ajanı uygulamıştır. İşlem sonrasında örnekler optik profilometrede incelenmiş ve sağlam mine üzerindeki pürüzlülük değerleri üç beyazlatma ajanında da hafif bir artış göstermiştir. Caderano ve ark.'nın (Cadenaro ve ark., 2008) yaptığı başka bir çalışmada beyazlatma ajanı olarak nötr pH'da %35'lik CP kullanılmış ve pürüzlülükte değişime rastlanmamıştır. Demineralize mine üzerinde %13,5'lik HP içeren beyazlatma ajanı uygulaması ise diş sert dokusundaki hasarı arttırmıştır. Bizim çalışmamızda sağlam minede nötr ve alkali pH'da beyazlatma ajanları kullanılması sonucu optik profilometre ile ölçülen R_a değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bununla birlikte, demineralizasyon döngüsüne maruz bırakılan örneklerde beyazlatma ajanları yüzey pürüzlülüğünü artmıştır. Chow ve ark.'nın (Chow, Sun & Hockey, 2004) yaptığı çalışmada HAP, HP çözeltisinin pH'ını 3,2'den 5,4'e yükselterek asiditeyi azaltmıştır. Düşük pH değerine

sahip beyazlama ajanları diş sert dokusunu çözerek mikrosertliğin azalmasına ve yüzey pürüzlülüğün artmasına neden olabilir.

Ajami ve ark. (Ajami, Pakshir & Babanouri, 2016) ortodontik debonding işleminden sonra n-HAP serumunun mine yüzey pürüzlülüğü ve diş rengi stabilitesi üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. 10 günlük n-HAP serum veya HAP içeren diş macunu uygulamasından sonra pürüzlülük değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olmamıştır. Araştırmacılara göre, bunun nedeni, pürüzlülüğün kimyasal prosedürle indüklenmesi yerine, mekanik olarak indüklenmesi halinde n-HAP kullanılması olabileceği şeklindedir. Kimyasal olarak pürüzlülük oluşturulan çalışmamızda n-HAP içeren diş beyazlatma ajanı yüzey pürüzlülüğündeki artışı anlamlı ölçüde engellemiştir.

Santos ve ark.'nın (Santos, Torres, Caneppele, Magalhães & Borges, 2016) yaptıkları in vitro bir çalışmada sığır dişi minesini yüzeyine Ca, F, Ca + F ilavesiyle modifiye edilen diş beyazlatma ajanlarının ve beyazlatmadan sonra n-HAP patı uygulamasının minenin demineralizasyona duyarlılığı üzerindeki etkisini karşılaştırmışlardır. Mine yüzeyindeki değişimleri 7. ve 14. günlerde kontakt profilometre yardımı ile incelemişlerdir. Çalışmanın bulgularına göre HP, minenin demineralizasyona karşı duyarlılığını zamanla arttırmış ve beyazlatma ajanına Ca veya F eklenmesi asitli içecek maruziyetinden sonra beyazlatılmış minenin yüzey kaybını azaltmıştır. Araştırmacılara göre bu durum n-HAP'in demineralize dişlerin mine pörözitelerine nüfuz etmesi, çökeltme işlemine izin veren bir kalıp görevi görmesi ve remineralize edici solüsyondan Ca ve P iyonlarını çekerek mine kristallerinin gözeneklerini doldurması ile açıklanmaktadır. Bu çalışmada, beyazlatma işleminden sonra n-HAP pastanın uygulanması, modifiye edilmemiş HP grubuna kıyasla mine kaybını önemli ölçüde azaltmamıştır. Bu, test edilen patın yüksek pH (8.60)'ı ile ilgili olabilir. Daha önce yapılan bir çalışmada, pH'ın 4.0'dan 7.0'a yükselmesinin, nano hidroksiapatitten salınan Ca ve P'nin azalmasına neden olduğu gösterilmiştir (Huang, Gao, Cheng & Yu, 2011). Bizim çalışmamızda demineralizasyon sonrasında yapılan beyazlatma işlemlerinde pürüzlülük değerleri hem florür içeren grupta hem de n-HAP içeren grubun kendi içinde bir miktar artmıştır. Fakat bu artış anlamlı ölçüde yüksek değildir. Bu sonuca göre remineralizasyona yardımcı olması için kullanılan n-HAP'i beyazlatma işleminden sonra kullanmak yerine beyazlatma işlemi esnasında kullanmak tercih edilebilir.

Demineralize olan minede yüzeydeki mineral kristallerinde etkileşimler sonucu görülen sertlik kaybı demineralizasyonun ilk belirtilerindendir (Huysmans, Chew & Ellwood, 2011). Bu sebeple demineralizasyon çalışmalarında diş örneklerinde kullanılan Vickers mikrosertlik

yöntemi sıklıkla kullanılır (Chandrashekhar ve ark., 2023; Pimentel, França, Turssi, Basting, & Vieira-Junior, 2023; Yang, Lu, Attin & Yu, 2021). Bu sebeple çalışmamızda demineralizasyon döngüsünün ve uygulanan beyazlatma ajanlarının yüzeyde oluşturduğu sertlik değişimini karşılaştırabilmek için pratik ve güvenilir bir yöntem olan Vickers mikrosertlik cihazının kullanılması tercih edildi.

Khoroushi ve ark. (Khoroushi, Shirban, Kaveh & Doustfateme, 2016) yaptıkları çalışmada %40 HP içeren beyazlatma jeli sonrası üç farklı remineralize edici ajan uyguladıkları insan diş mine örneklerinin mikrosertlik değerlerini karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri bulgulara göre, amorf kalsiyum fosfat, bioaktif cam ve hidroksiapatitin 2 gr toz 1 ml jel formlarının remineralize edici ajan olarak HP'e dahil edilmesinin mine mikrosertlik değişimini azaltmada etkili olabileceği sonucuna varmışlardır. Hidroksiapatit, HP'den serbest radikallerin salınmasını teşvik ederek beyazlatma prosedürünü kolaylaştırır. Bu nedenle, HP'e dahil edilen n-HAP, ajanın biyouyumluluğunu geliştirebilir ve beyazlatma işleminin güvenliğini artırabilir. Bizim çalışmamızda sağlam mine yüzeyine uygulanan n-HAP içeren beyazlatma ajanı mikrosertliği etkilememiştir. Bu sonucun bizim beyazlatma ajanımızda bulunan HAP'in nano partikül boyutunda olmasından ve ajan içeriğindeki hidroksiapatit yüzdesinin farklılığından kaynaklandığı düşünülebilir. Huang ve ark.'nın (Huang, Gao, Cheng & Yu, 2011) yaptığı çalışmada hidroksiapatitin partikül boyutunun remineralizasyonu etkilediği belirtilmiştir. Nano boyut, daha yüksek yüzey alanı, hidrasyon yeteneği, ıslaklık ve çözünürlük özelliklerinden dolayı parçacıkların kimyasal, biyolojik ve fiziksel davranışlarını güçlendirme eğilimindedir.

Monterubbianesi ve ark. (Monterubbianesi ve ark., 2021) %6 HP ve %6 HP + n-HAP içeren iki farklı beyazlatma ajanı sağlam diş minesine uygulandıktan sonra Vickers mikrosertlik değerleri karşılaştırılmıştır. Araştırmacılar çalışmada elde edilen sonucun HP konsantrasyonunun düşük olmasından kaynaklı olabileceğini belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada ise hem yüksek hem de düşük konsantrasyonlarda HP içeren ajanlar kullanılmasına rağmen sağlam minede mikrosertlik değerleri arasında fark bulunmamıştır. Zanolla ve ark.'nın (Zanolla, Marques, Da Costa, De Souza & Coutinho, 2017) yaptığı meta analiz çalışmasında 7, 14 ve 21 günlük periyotlarda 6-8 saat uygulanan %10 CP'in mine mikrosertliğinde önemli bir değişiklik yaratmadığı bulunmuştur. Bizim çalışmamızın sonuçları bu çalışmayla da paralellik göstermektedir. Bazı araştırmalarda, özellikle yüksek konsantrasyonlarda HP'in, demineralizasyon ve organik madde yıkımına bağlı olarak mikrosertliği azalttığı bildirilmektedir (Cavalli ve ark., 2010; Perdigão, Baratieri & Arcari, 2004).

Poggio ve ark. (Poggio, Gulino, Mirando, Colombo & Pietrocola, 2017) çalışmalarında çinko-hidroksiapatit (Zn-HAP) içeren farklı diş macunlarının, florürlü ve florürsüz diş macunlarına kıyasla mine erozyonunu önleme ve onarma üzerindeki etkisini test etmişlerdir. Hem Zn-HAP içeren hem de florür içeren macunlar, bizim çalışmamızdaki nano hidroksiapatit ve florür içeren diş beyazlatma ajanlarının etkisine benzer biçimde demineralizasyon döngüsünün ardından azalan mine mikrosertliğini arttırmıştır.

Salinovic ve ark.'nın (Salinovic, Schauperl, Marcius & Miletic, 2021) yaptıkları çalışmada fosforik asit ile demineralize edilen insan dişlerinde CPP-ACP, n-HAP ve F içeren ajanların mikrosertliğe etkisini değerlendirmişlerdir. Tek başına F ve n-HAP içeren ajanların etkisi benzer bulunurken CPP-ACP ve F'lerin ortak etkisi en iyi sonucu vermiştir. Bu sonuca göre, remineralizasyon tedavilerinde nano hidroksiapatitin florür içeren ürünlere bir alternatif olarak kullanılabileceğini düşünülebilir. Son yıllarda florürlerin nörotoksik etkisinin olabileceği söylenmektedir (Grandjean, 2019). Bizim çalışmamızda demineralizasyon döngüsüne maruz bırakılan gruplarda florür içeren beyazlatma ajanlarına kıyasla n-HAP içeren beyazlatma ajanları mikrosertlik açısından daha olumlu etki göstermiştir. Bunun sonucunda, n-HAP'in beyazlatma ajanlarında kullanılmasıyla ilgili daha fazla araştırma yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Pinto ve ark. (Pinto, Leme, Cavalli & Giannini, 2009) %10 CP içeren ajan ile diş beyazlatmanın, sağlam ve erken yapay çürük lezyonları olan minede yüzey mikrosertliği ve morfolojisi üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Çalışmanın bulguları, CP ile beyazlatmanın sağlam minenin mineral kaybını desteklediğini göstermiştir. Florürlü macun kullanılmasının bu kaybın daha az olmasını sağladığı düşünülmüştür. Yapay çürük lezyonu olan minede uygulanan CP ve yapay tükürük sonrası görülen anlamlı remineralizasyon, yapay tükürüğün yüzey mikrosertliğini artırabildiğini ve tükürüğün çürük lezyonunun remineralize edilmesindeki rolünü göstermiştir. Araştırmacılar, diş beyazlatma işleminin yapay çürük lezyonlarında minenin mikrosertlik kaybını şiddetlendirmede sonucunu elde etmelerine rağmen, demineralize minede bu tip ajanların dikkatle kullanılması gerektiğine dikkat çekmişlerdir. Bizim çalışmamızda bu çalışmadan farklı olarak sağlam minede beyazlatma ajanları mikrosertlik değerlerini anlamlı derecede düşürmemiştir. Demineralize mine yüzeylerinde ise sağlam mineye oranla düşük yüzey mikrosertlik değerleri elde edilmiştir. İki çalışmada uygulanan ajanların, uygulama sürelerinin, demineralizasyon döngülerinin ve çalışma dizaynının oldukça farklı olduğu izlenmektedir. Ortak sonuç olarak değerlendirilebilecek nokta

demineralize mine yüzeylerinde remineralize edici faktörlerin mikrosertlik kaybını engellediğidir.

Eskelsen ve ark. (Eskelsen ve ark., 2018) sığır dişleri üzerinde yaptıkları çalışmada sağlam ve demineralize mine yüzeyine %10 CP içeren beyazlatma ajanı uygulamış, yüzey sertliğini, pürüzlülüğünü, mineral içeriğini ve mikro morfolojisini incelemişlerdir. Demineralize edilmiş mine yüzeylerinde sağlam mineye kıyasla yüzey sertliği daha az, yüzey pürüzlülüğü ise daha fazla bulunmuştur. Bu çalışmadaki bulgular bizim çalışmamızla benzerdir. Araştırmacılar, beyazlatma jelinin içeriğindeki florürün demineralize minede mikrosertlik üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığını da rapor etmişlerdir. Bu sonucu florürün remineralizasyon sağlamaktan daha çok demineralizasyonu önlemekte faydalı olmasına bağlamışlardır. Çalışmamızda, n-HAP içeren beyazlatma ajanının demineralize mine yüzeyinde mikrosertliği anlamlı ölçüde arttırdığı bulunmuştur. Buna göre, beyazlatma jelleri uygulanırken demineralizasyonu azaltıp remineralizasyonu arttırmak için kullanılan n-HAP'in florürden daha başarılı sonuçlar verdiği düşünülebilir.

Owda ve Sancaklı (Owda & Sancakli, 2021) yaptıkları bir in vitro çalışmada yapay çürük lezyonu elde etmek için sığır dişi minelerini demineralize etmişlerdir. Sonrasında düşük ve yüksek konsantrasyonlu diş beyazlatma ajanları uygulayıp işlem öncesi ve sonrasında Vickers mikrosertlik değerini ölçmüşlerdir. Mikrosertlik değerleri demineralize minede sağlam mineye göre anlamlı derecede düşük bulunurken, demineralizasyon sonrası farklı konsantrasyonlarda beyazlatma ajanlarının uygulanmasıyla anlamlı olmasa da bir miktar artmıştır. Bu sonuç bizim çalışmamızdaki %40 HP içeren beyazlatma ajanı uygulanan grup haricinde benzerdir. Mikrosertlikteki bu artışın nedeni, beyazlatma jeli içerisindeki potasyum nitrat, sodyum florür, yapay tükürüğün remineralize edici etkisi ve ajanların pH değerlerine bağlı olabilir. Bizim çalışmamızda bu çalışmadan farklı olarak n-HAP içeren gruplar bulunmaktadır ve mikrosertlik değerleri bu gruplarda n-HAP içermeyen gruplara kıyasla anlamlı ölçüde yüksek çıkmıştır. Bu sonuç n-HAP'in remineralize edici etkisine bağlanabilir.

Min ve ark. (Min ve ark., 2015) in situ olarak yaptıkları çalışmada n-HAP içeren sporcu içeceğinin mine yüzeyine etkisini değerlendirmişlerdir. Sığır dişi örnekleri yerleştirilen bir aparey gönüllülerin ağızına takılmış ve 10 gün boyunca günde 4 kez, 10 dk süreyle n-HAP içeren/içermeyen içeceklere daldırılmıştır. Örneklerde 5.gün ölçülen mikrosertlik değerlerinde %7,67 oranında azalma görülmüş ve bu değer 10.günde değişmemiştir. n-HAP 5.günden sonra erozyon derinliğinin ilerlemesini engellemiştir. Bu durum bizim çalışmamızdaki en yüksek

mikrosertlik artışı değerinin n-HAP içeren ev tipi diş beyazlatma ajanı uygulamasında görülmesine benzetilebilir. Nano hidroksiapatit de diğer remineralize edici ajanlar gibi etkisini uzun dönem kullanımlarda göstermektedir.

Cavalli ve ark.'nın (Cavalli ve ark., 2018) yaptığı bir çalışmada Ca ve F içeren beyazlatma ajanlarının sağlam ve demineralize mine yüzeylerindeki mineral değişimleri araştırılmıştır. Ca veya F içeren beyazlatma ajanları, hem sağlam hem de demineralize mine yüzeyleri için mineral kaybını azaltsa da, bu ajanlar mine altı yüzey demineralizasyonunu tersine çevirememiştir. Bu sonuç, Ca ve F nin demineralize mine yüzeyine çökerek dişin hidroksiapatit formunu güçlendirdiğini doğrulamaktadır. Bizim çalışmamızda da remineralize edici madde olarak kullanılan n-HAP yüzey mikrosertliğini önemli ölçüde arttırmıştır. Huang ve ark.'nın (Huang ve ark., 2011) yaptığı çalışmada n-HAP'in remineralizasyon mekanizmasında kalsiyum/florür deposu olarak görev gördüğü, minerallerin supersaturasyonunu sağlayarak demineralizasyonu önlediği ve remineralizasyonu sağladığı bildirilmiştir.

Berger ve ark. (Berger, Pavan, Santos, Giannini & Bedran-Russo, 2012) farklı içerikte beyazlatma ajanı uyguladıkları mine yüzeylerini konfokal lazer taramalı elektron mikroskobu (CSLM) ile incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuca göre beyazlatıcı ürünlerin içeriğine amorf kalsiyum fosfat (ACP) veya Ca ilavesi, beyazlatma işlemlerinin sağlam mine üzerinde neden olduğu etkileri ortadan kaldırmamış ve demineralize minenin remineralizasyonunu destekleyememiştir. Bizim çalışmamız, farklı test yöntemleri kullanılmış olsa da beyazlatma ajanlarının içeriğinde F ve n-HAP kullanılmasının olumlu etkileri olabileceğini göstermektedir.

Tarama elektron mikroskobu (SEM) diş hekimliği alanında yapılan çalışmalarda yüzeylerin kalitatif olarak incelenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle tez konumuz olan demineralizasyon çalışmalarında, beyazlatma işlemlerinin ve n-HAP gibi remineralize edici ajanların diş yüzeyinde oluşturduğu değişimleri gözlemleyen araştırmalarda tercih edilmektedir (Kawamata, Fujita, Ishizaki, Hayman & Ikemi, 2004; Lopes, Bonissoni, Baratieri, Vieira & Monteiro Jr, 2002; Orilisi ve ark., 2021). Çalışmamızda tüm gruplardan rastgele seçilen üç örnek x1000 ve x4000 büyütmelemlerde incelenerek sitrik asitin, beyazlatma ajanlarının ve dört grupta kullanılan n-HAP içerikli beyazlatma ajanının yüzeyde oluşturduğu değişimler karşılaştırılmış, sağlam mine gruplarında fizyolojik yapının korunduğu görülürken demineralizasyon döngüsü uygulanan gruplarda mine prizmalarındaki çekirdek yapının ve interprizmatik alanların çözünmesiyle birlikte homojen olmayan daha pürüzlü bir yapı tespit edilmiştir.

Orilisi ve ark. (Orilisi ve ark., 2021) yaptıkları çalışmada sağlam diş minesi üzerinde farklı konsantrasyonlarda HP içeren n-HAP'li ve %10 CP içeren florürlü beyazlatma jellerini; zayıflatılmış toplam yansıma-Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (ATR-FTIR), SEM ve enerji dağılım spektroskopisi (EDS) kullanarak incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, tüm gruplarda EDS, O ve Ca kimyasal elementlerinin konsantrasyonunda hafif değişiklikler saptanmıştır. SEM analizinde, %12 HP ve %18 HP içeren ajanlarda mine yüzeyi düzensizliklerinde artış görülmüştür. Araştırma grupların üçünde işlem uygulanmayan gruba göre hidroksiapatit bileşeninde n-HAP'e bağlı belirgin bir etki gözlenmezken, %18 HP içeren grupta kristal yapıda hafif bir kayıp gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, beyazlatma ajanlarında bulunan %12'ye kadar olan HP konsantrasyonunun mine yüzeyinin morfolojik ve kimyasal bileşimini değiştirmedigini ve kristal yapıyı koruduğunu göstermektedir. Bizim çalışmamızda bu çalışmayla ortak kullanılan yöntem olan SEM'den elde edilen görüntüler kısmen benzer olup, ajanın peroksit yüzdesi arttıkça mine düzensizlikleri daha fazla görüldü. Bununla birlikte, sağlam mine gruplarında %6 HP + n-HAP içeren grupta yer yer n-HAP kümecikleri gözlemlendi.

Monterubbianesi ve ark. (Monterubbianesi ve ark., 2021) çalışmalarında, %6 HP ve %6 HP + n-HAP içeren iki farklı ajanı sağlam diş minesine uygulandıktan sonra SEM ile incelemişlerdir. SEM görüntülerinde beyazlatma uygulanmamış örneklerle kıyasla test edilen gruplarda minenin mikromorfolojik yapısında belirgin bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Bizim çalışmamıza benzer olarak yüksek büyütmede, %6 HP grubunda mine yüzey morfolojisindeki düzensizliklerde hafif bir artış gözlenirken, %6 HP + n-HAP grubunda prizmatik tabakanın kalktığı ancak bozulmamış prizmatik yapının korunduğu görülmüştür.

Owda ve Sancaklı'nın (Owda & Sancakli, 2021) çalışmalarında demineralize edilmiş mine yüzeylerine farklı konsantrasyonlarda beyazlatma ajanları uygulamış ve yüzey SEM ile incelenmiştir. Çalışmadaki SEM görüntülerinde mine yüzeyinde demineralizasyondan sonra pürüzlü ve geniş interprizmatik alanlar görülmüş, bu görünüm beyazlatma işlemi sonrasında daha da artmıştır. Bu bulgu, bizim çalışmamızla benzerlik göstermekle birlikte, farklı olarak çalışmamızdaki n-HAP içeren gruplarda mine yüzeyinin onarıldığı bölgeler göze çarpmaktadır.

Salinovic ve ark.'nın (Salinovic ve ark., 2021) fosforik asit ile demineralize edilen insan dişlerinde F, CPP-ACP + F ve n-HAP içeren vernik ajanlar ve macunun (3M™ Clinpro™ White Varnish, MI Varnish®, ve Megasonex®) uygulandığı insan dişi minelerinin SEM görüntülerinde bizim çalışmamıza benzer olarak demineralizasyondan önce normal mine yüzeyleri görülmüştür. Remineralizasyondan sonra ise düzensiz, gözenekli, materyal birikintileri içeren yüzeyler gözlenmiştir.

Çalışmamızda uygulanan n-HAP içeren diş beyazlatma ajanlarının mine yüzeyine olan etkileri kantitatif yöntemlerden mikrosertlik ve yüzey profilometresi ile, kalitatif yöntemlerden ise SEM ile incelenmiştir. Mikrosertlik ve pürüzlülük değerlerinin değişiminden mine yüzeyinde mineral kaybı olup olmadığıyla ilgili yorum yapabilesek de bu minerallerin kimyasal analizleri yapılmamış ve mineral kaybı ölçülmemiştir. Bu nokta çalışmamızın kısıtlılıklarından biridir. Bu konuyla ilgili ileriki dönemlerde daha kapsamlı in vitro çalışmalar planlanması düşünülmelidir.

Çalışmamız in vitro olarak planlanmıştır ve in vivo koşullarda demineralizasyon ve remineralizasyonu etkileyebilecek birçok faktör deneye dahil edilememiştir. Bunlara bir örnek olarak, kullanılan yapay tükürüğün insan tükürüğünün remineralizasyon kapasitesini yansıtmaması verilebilir. Klinik koşulları taklit eden bir demineralizasyon döngüsü kullanılsa da ileri derece demineralizasyonlarda, ya da ağız ortamında ajanların etkisi izlenememiştir. Bu nedenle, n-HAP içeren ajanlarla ilgili uzun dönem kontrollü klinik takip çalışmalarına ihtiyaç vardır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, %40 HP, %40 HP + n-HAP içeren ofis tipi, %16 CP ve %6 HP ve n-HAP içeren ev tipi beyazlatma ajanları, sağlam ve demineralize diş minesi üzerine uygulanmış; mikrosertlik ve yüzey pürüzlülük değerleri, SEM açısından etkileri in vitro olarak incelenmiştir. Çalışmamızın kısıtlılıkları dahilinde,

- Minenin demineralizasyona maruz kalması durumunda diş beyazlatma işleminin yüzey pürüzlülüğünü arttırdığı, mikrosertliği azalttığı tespit edildi.
- Sağlam minede uygulanan ev tipi, ofis tipi ve n-HAP içeren beyazlatma ajanların yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertliğe etkileri benzer bulundu.
- Demineralize minede uygulanan %6 HP + n-HAP içeren ev tipi beyazlatma ajanının mikrosertliği artırdığı sonucu elde edildi.
- Demineralize minede uygulanan %40 HP içeren ofis tipi diş beyazlatma ajanının mikrosertliği düşürdüğü belirlendi.
- Demineralizasyon varlığında yüksek konsantrasyonlarda hidrojen peroksit içeren ajanlarla kısa süreli tedaviler yerine, düşük konsantrasyonlarda hidrojen peroksit ve n-HAP ilavesi gibi remineralizasyona yardımcı ajanlar içeren ev tipi beyazlatma ajanlarıyla uzun süreli tedavilerin daha güvenilir olabileceği sonucuna varıldı.
- Beyazlatma ajanlarının içeriğinde bulunan ya da ajanlarla birlikte kullanılan remineralizasyona yardımcı maddelerin etkilerini in vitro ve in vivo olarak inceleyen daha fazla sayıda araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

7. KAYNAKLAR

- Abou Neel E. A., Aljabo A., Strange A., Ibrahim S., Coathup M., Young A. M., Mudera V. (2016). Demineralization–remineralization dynamics in teeth and bone. *International Journal Of Nanomedicine*, 11, 4743-4763.
- Abuabara A., Santos A. J. S. d., Aguiar F. H. B. & Lovadino J. R. (2004). Evaluation of microleakage in human, bovine and swine enamels. *Brazilian Oral Research*, 18(4), 312-316.
- Ajami S., Pakshir H. R. & Babanouri N. (2016). Impact of nanohydroxyapatite on enamel surface roughness and color change after orthodontic debonding. *Progress in Orthodontics*, 17(11), 1-8.
- Almushayt A., Narayanan K., Zaki A. & George A. (2006). Dentin matrix protein 1 induces cytodifferentiation of dental pulp stem cells into odontoblasts. *Gene Therapy*, 13(7), 611-620.
- Alomari Q. & El Daraa E. (2010). A randomized clinical trial of in-office dental bleaching with or without light activation. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 11(1), E017-024.
- Amaechi B. T., Mathews S. M., Ramalingam K. & Mensinkai P. K. (2015). Evaluation of nanohydroxyapatite-containing toothpaste for occluding dentin tubules. *American Journal of Dentistry*, 28(1), 33-39.
- Anderson P. & Elliott J. (2000). Rates of mineral loss in human enamel during in vitro demineralization perpendicular and parallel to the natural surface. *Caries Research*, 34(1), 33-40.
- Angelova Volponi A., Zaugg L. K., Neves V., Liu Y. & Sharpe P. T. (2018). Tooth Repair and Regeneration. *Current Oral Health Reports*, 5(4), 295-303. doi:10.1007/s40496-018-0196-9

- Arı H. & Üngör M. (2002). In vitro comparison of different types of sodium perborate used for intracoronar bleaching of discoloured teeth. *Internaional Endodontic Journal* 35(5), 433-436.
- Attin T., Hannig C., Wiegand A. & Attin R. (2004). Effect of bleaching on restorative materials and restorations--a systematic review. *Dental Materials*, 20(9), 852-861. doi:10.1016/j.dental.2004.04.002
- Attin T. & Wegehaupt F. J. (2014). Methods for assessment of dental erosion: Erosive Tooth Wear. *Monographs in Oral Science* 25, 123-142.
- Auschill T. M., Hellwig E., Schmidale S., Sculean A. & Arweiler N. B. J. O. D. (2005). Efficacy, side-effects and patients' acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home). *Operative Dentistry* 30(2), 156-163.
- Azrak B., Callaway A., Kurth P. & Willershausen B. (2010). Influence of bleaching agents on surface roughness of sound or eroded dental enamel specimens. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 22(6), 391-399.
- Banerjee A. & Millar B. J. (2015). *Minimally Invasive Esthetics*: Elsevier Yayıncılık.
- Barbour M. & Rees J. (2004). The laboratory assessment of enamel erosion: a review. *Journal of Dentistry*, 32(8), 591-602.
- Baumann T., Kozik J., Lussi A. & Carvalho T. (2016). Erosion protection conferred by whole human saliva, dialysed saliva, and artificial saliva. *Scientific Reports*, 6(1), 1-8.
- Bellamy P. G., Harris R., Date R. F., Mussett A. J., Manly A., Barker M. L., West, N. X. (2014). In situ clinical evaluation of a stabilised, stannous fluoride dentifrice. *International Dental Journal*, 64(1), 43-50.
- Berger S. B., Pavan S., Santos P. H. d., Giannini M. & Bedran-Russo A. K. B. (2012). Effect of bleaching on sound enamel and with early artificial caries lesions using confocal laser microscopy. *Brazilian Dental Journal*, 23(2), 110-115.

- Berkovitz B. K., Holland G. R. & Moxham B. J. (2017). *Oral Anatomy, Histology And Embryology*: Elsevier Yayıncılık.
- Bezerra-Júnior D. M., Silva L. M., Martins L. d. M., Cohen-Carneiro F. & Pontes D. G. (2016). Esthetic rehabilitation with tooth bleaching, enamel microabrasion, and direct adhesive restorations. *General Dentistry*, 64(2), 60-64.
- Borges B. C., de Vasconcelos A. A., Cunha A. G., Pinheiro F. H., Machado C. T. & dos Santos, A. J. (2011). Preliminary clinical reports of a novel night-guard tooth bleaching technique modified by casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CCP-ACP). *The European Journal of Esthetic Dentistry*, 6(4), 446-453.
- Browning W. D., Cho S. D. & Deschepper E. J. (2012). Effect of a nano-hydroxyapatite paste on bleaching-related tooth sensitivity. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 24(4), 268-276. doi:10.1111/j.1708-8240.2011.00437.x
- Bruzell E., Pallesen U., Thoresen N. R., Wallman C. & Dahl J. (2013). Side effects of external tooth bleaching: a multi-centre practice-based prospective study. *British Dental Journal*, 215(9), E17.
- Buchalla W. & Attin T. (2007). External bleaching therapy with activation by heat, light or laser—a systematic review. *Dental Materials*, 23(5), 586-596.
- Cadenaro M., Breschi L., Nucci C., Antonioli F., Visintini E., Prati C., Di Lenarda, R. (2008). Effect of two in-office whitening agents on the enamel surface in vivo: a morphological and non-contact profilometric study. *Operative Dentistry*, 33(2), 127-134.
- Camps J., de Franceschi H., Idir F., Roland C. & About I. J. (2007). Time-course diffusion of hydrogen peroxide through human dentin: clinical significance for young tooth internal bleaching. *Journal of Endodontics*, 33(4), 455-459.
- Carey C. M. (2014). Tooth whitening: what we now know. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, 14, 70-76.

- Cartagena A. F., Parreiras S. O., Loguercio A. D., Reis A. & Campanha N. H. (2015). In-office bleaching effects on the pulp flow and tooth sensitivity–case series. *Brazilian Oral Research*, 29(1), 1-6.
- Cavalli V., Rodrigues L. K. A., Paes-Leme A. F., Brancalion M. L., Arruda M. A. Z., Berger S. B., & Giannini M. (2010). Effects of bleaching agents containing fluoride and calcium on human enamel. *Quintessence International*, 41(8),703.
- Cavalli V., Rosa D. A. d., Silva D. P. d., Kury M., Liporoni P., Soares L. E. S. & Martins A. A. (2018). Effects of experimental bleaching agents on the mineral content of sound and demineralized enamels. *Journal of Applied Oral Science*, 26: e20170589. doi:10.1590/1678-7757-2017-0589
- Chandrashekhar S., Rao D., Mithare S. S., Bharath M., Mohiuddin Z. & Bommanagoudar J. S. (2023). Determination of Microhardness of Remineralized Bleached Surface Subjected to Erosion-An In Vitro Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 16(1), 97-100. doi:10.5005/jp-journals-10005-2352
- Chemin K., Rezende M., Loguercio A. D., Reis A. & Kossatz S. (2018). Effectiveness of and Dental Sensitivity to At-home Bleaching With 4% and 10% Hydrogen Peroxide: A Randomized, Triple-blind Clinical Trial. *Operative Dentistry*, 43(3), 232-240. doi:10.2341/16-260-c
- Chow L. C., Sun L. & Hockey B. (2004). Properties of nanostructured hydroxyapatite prepared by a spray drying technique. *Journal of Research of The National Institute of Standards and Technology*, 109(6), 543-551.
- Christen A. G. (1992). The impact of tobacco use and cessation on oral and dental diseases and conditions. *The American Journal of Medicine*, 93(1), S25-S31.
- Colombo M., Beltrami R., Rattalino D., Mirando M., Chiesa M. & Poggio C. (2016). Protective effects of a zinc-hydroxyapatite toothpaste on enamel erosion: SEM study. *Annali di Stomatologia*, 7(3), 38-45.

- Costa C. A., Riehl H., Kina J. F., Sacono N. T. & Hebling J. (2010). Human pulp responses to in-office tooth bleaching. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 109(4), e59-64. doi:10.1016/j.tripleo.2009.12.002
- da Costa Soares M. U., Araújo N. C., Borges B. C., Sales Wda S. & Sobral A. P. (2013). Impact of remineralizing agents on enamel microhardness recovery after in-office tooth bleaching therapies. *Acta Odontologica Scandinavica*, 71(2), 343-348. doi:10.3109/00016357.2012.681119
- da Silva Marques D. N., Silveira J. M., Marques J. R., Amaral J. A., Guilherme N. M. & da Mata A. D. (2012). Kinetic release of hydrogen peroxide from different whitening products. *The European Journal of Esthetic Dentistry*, 7(3), 344-352.
- de Abreu D. R., Sasaki R. T., Amaral F. L. B., Florio F. M. & Basting R. T. (2011). Effect of home-use and in-office bleaching agents containing hydrogen peroxide associated with amorphous calcium phosphate on enamel microhardness and surface roughness. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 23(3), 158-168.
- De Geus J., Wambier L., Kossatz S., Loguercio A. & Reis A. (2016). At-home vs in-office bleaching: a systematic review and meta-analysis. *Operative Dentistry*, 41(4), 341-356.
- de Jong E. d. J., Van Der Linden A., Borsboom P. & Ten Bosch J. (1988). Determination of mineral changes in human dental enamel by longitudinal microradiography and scanning optical monitoring and their correlation with chemical analysis. *Caries Research*, 22(3), 153-159.
- de Vasconcelos A. A., Cunha A. G., Borges B. C., Machado C. T. & dos Santos A. J. (2012). Tooth whitening with hydrogen/carbamide peroxides in association with a CPP-ACP paste at different proportions. *Australian Dental Journal*, 57(2), 213-219. doi:10.1111/j.1834-7819.2012.01683.x
- Deakins M. & Volker J. (1941). Amount of organic matter in enamel from several types of human teeth. *Journal Of Dental Research*, 20(2), 117-121.

- Demarco F. F., Meireles S. S. & Masotti A. S. (2009). Over-the-counter whitening agents: a concise review. *Brazilian Oral Research*, 23, 64-70.
- Dietschi D. (2006). Nonvital bleaching: general considerations and report of two failure cases. *The European Journal of Esthetic Dentistry*, 1(1), 52-61.
- Donly K. J., Segura A., Henson T., Barker M. L. & Gerlach R. W. (2007). Randomized controlled trial of professional at-home tooth whitening in teenagers. *General Dentistry*, 55(7), 669-674.
- Dos Santos E. J. L., de Almeida A. B., Chavez M. B., Salmon C. R., Mofatto L. S., Camara-Souza M. B., Chu E. Y. (2021). Orthodontic tooth movement alters cementocyte ultrastructure and cellular cementum proteome signature. *Bone*, 153, 116139.
- Elton V., Cooper L., Higham S. M. & Pender N. (2009). Validation of enamel erosion in vitro. *Journal of Dentistry*, 37(5), 336-341.
- Eskelsen E., Catelan A., Hernades N., Soares L. E. S., Cavalcanti A. N., Aguiar F. H. B. & Liporoni P. C. S. (2018). Physicochemical changes in enamel submitted to pH cycling and bleaching treatment. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 10, 281-286. doi:10.2147/ccide.S184683
- Farooq I., Ali S., Farooqi F. A., AlHumaid J., Binhasan M., Shabib S., Abduljabbar T. (2021). Enamel Remineralization Competence of a Novel Fluoride-Incorporated Bioactive Glass Toothpaste - A Surface Micro-Hardness, Profilometric, and Micro-Computed Tomographic Analysis. *Tomography*, 7(4), 752-766.
- Featherstone J. & Lussi A. (2006). Understanding the chemistry of dental erosion. *Monographs in Oral Science*, 20, 66-76
- Featherstone J., & Mellber J. (1981). Relative rates of progress of artificial carious lesions in bovine, ovine and human enamel. *Caries Research*, 15(1), 109-114.

- Féliz-Matos L., Hernández L. M. & Abreu N. (2014). Dental bleaching techniques; hydrogen-carbamide peroxides and light sources for activation, an update. Mini review article. *The Open Dentistry Journal*, 8, 264.
- Field J., Waterhouse P. & German M. (2010). Quantifying and qualifying surface changes on dental hard tissues in vitro. *Journal of Dentistry*, 38(3), 182-190.
- Fugaro J. O., Nordahl I., Fugaro O. J., Matis B. A & Mjör I. A. (2004). Pulp reaction to vital bleaching. *Operative Dentistry*, 29(4), 363-368.
- García-Godoy F. & Hicks M. J. (2008). Maintaining the integrity of the enamel surface: the role of dental biofilm, saliva and preventive agents in enamel demineralization and remineralization. *Journal of the American Dental Association*, 139(1), 25-34. doi:10.14219/jada.archive.2008.0352
- Gerlach R. W. & Barker M. L.(2004). Professional vital bleaching using a thin and concentrated peroxide gel on whitening strips: an integrated clinical summary. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 5(1), 1-14.
- Gerlach R. W., Tucker H. L., Anastasia M. K. & Barker M. L. (2005). Clinical trial comparing 2 hydrogen peroxide tooth whitening systems: strips vs pre-rinse. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 26(12), 874-878.
- Goldberg M., Kulkarni A. B., Young M. & Boskey A. (2011). Dentin: Structure, Composition and Mineralization: The role of dentin ECM in dentin formation and mineralization. *Frontiers In Bioscience (Elite Edition)*, 3(2), 711.
- Gonçalves R., Costa C., Soares D., Santos P. d., Cintra L. & Briso A. (2016). Effect of different light sources and enamel preconditioning on color change, H₂O₂ penetration, and cytotoxicity in bleached teeth. *Operative Dentistry*, 41(1), 83-92.
- Grandjean P. (2019). Developmental fluoride neurotoxicity: an updated review. *Environmental Health*, 18(1), 1-17.

- Graziol G., Valente L. L., Isolan C. P., Pinheiro H. A., Duarte C. G. & Münchow E. A. (2018). Bleaching and enamel surface interactions resulting from the use of highly-concentrated bleaching gels. *Archives of Oral Biology*, 87, 157-162. doi:10.1016/j.archoralbio.2017.12.026
- Greenwall L. (2001). *Bleaching Techniques In Restorative Dentistry: An Illustrated Guide*: CRC Press Yayıncılık.
- Guidelines for the acceptance of peroxide-containing oral hygiene products. American Dental Association Council on Dental Therapeutics. (1994). *Journal of the American Dental Association*, 125(8), 1140-1142. doi:10.14219/jada.archive.1994.0131
- Hall D. A. (1991). Should etching be performed as a part of a vital bleaching technique? *Quintessence International*, 22(9), 679-686.
- Hannig M. & Balz M. (2001). Protective properties of salivary pellicles from two different intraoral sites on enamel erosion. *Caries Research*, 35(2), 142-148.
- Hattab F. N., Qudeimat M. A. & AL-RIMAWI H. S. (1999). Dental discoloration: an overview. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 11(6), 291-310.
- Haywood V. & Drake M. (1990). Research on whitening teeth makes news. *North Carolina Dental Review*, 7(2), 9.
- Haywood V. B. (1991). Overview and status of mouthguard bleaching. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 3(5), 157-161.
- Haywood V. B. (1996). Achieving, maintaining, and recovering successful tooth bleaching. *Journal of Esthetic Dentistry*, 8(1), 31-38. doi:10.1111/j.1708-8240.1996.tb00906.x
- Haywood V. B. (2003). Frequently asked questions about bleaching. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 24(4a), 324-338.

- Haywood, V. B. (1997). Nightguard vital bleaching: current concepts and research. *Journal of the American Dental Association*, 128(1), 19-25.
- Hegde M. N. & Moany A. (2012). Remineralization of enamel subsurface lesions with casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate: A quantitative energy dispersive X-ray analysis using scanning electron microscopy: An in vitro study. *Journal Of Conservative Dentistry: JCD*, 15(1), 61-67.
- Heintze S., Forjanic M. & Rousson V. (2006). Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro. *Dental Materials*, 22(2), 146-165.
- Herkströter F., Witjes M., Ruben J. & Arends J. (1989). Time dependency of microhardness indentations in human and bovine dentine compared with human enamel. *Caries Research*, 23(5), 342-344.
- Heurich E., Beyer M., Jandt K. D., Reichert J., Herold V., Schnabelrauch M. & Sigusch B. W. (2010). Quantification of dental erosion--a comparison of stylus profilometry and confocal laser scanning microscopy (CLSM). *Dental Materials*, 26(4), 326-336. doi:10.1016/j.dental.2009.12.001
- Holliday R., Preshaw P. M., Bowen L. & Jakubovics N. S. (2015). The ultrastructure of subgingival dental plaque, revealed by high-resolution field emission scanning electron microscopy. *BDJ open*, 1(1), 1-6.
- Holmstrup G., Palm A. M. & Lambjerg-Hansen H. (1988). Bleaching of discoloured root-filled teeth. *Endodontics & Dental Traumatology*, 4(5), 197-201. doi:10.1111/j.1600-9657.1988.tb00322.x
- Hooper S., Seong J., Macdonald E., Claydon N., Hellin N., Barker M. L., West N. X. (2014). A randomised in situ trial, measuring the anti-erosive properties of a stannous-containing sodium fluoride dentifrice compared with a sodium fluoride/potassium nitrate dentifrice. *International Dental Journal*, 64(1), 35-42.

- Horn B. A., Bittencourt B. F., Gomes O. M. M. & Farhat P. A. (2014). Clinical evaluation of the whitening effect of over-the-counter dentifrices on vital teeth. *Brazilian Dental Journal*, 25(3), 203-206.
- Huang S., Ga, S., Cheng L. & Yu H. (2011). Remineralization potential of nano-hydroxyapatite on initial enamel lesions: an in vitro study. *Caries Research*, 45(5), 460-468. doi:10.1159/000331207
- Huysmans M., Chew H. & Ellwood R. (2011). Clinical studies of dental erosion and erosive wear. *Caries Research*, 45(1), 60-68.
- Hystad Hove L., Refsholt Stenhagen K., Muli A., Holme B. & Tveit A. B. (2015). May caries-preventive fluoride regimes have an effect on dental erosive wear? An in situ study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 73(2), 114-120.
- İnan H., Tamam E. & Bağış B. (2008). Tam protezlerde kullanılan farklı kaide materyallerinin yüzey pürüzlülüğü yönünden in vitro incelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 17(3), 171-176.
- Jansen M. T. (1946). Serial sections of undecalcified enamel. *Journal of Dental Research*, 25(5), 355-365. doi:10.1177/00220345460250050701
- Jiang T., Ma X., Wang Z., Tong H., Hu J. & Wang Y. (2008). Beneficial effects of hydroxyapatite on enamel subjected to 30% hydrogen peroxide. *Journal of Dentistry*, 36(11), 907-914. doi:10.1016/j.jdent.2008.07.005
- Joiner A., Jones N. & Raven S. (1995). Investigation of factors influencing stain formation utilizing an in situ model. *Advances in Dental Research*, 9(4), 471-476.
- Joiner A., Schwarz A., Philpotts C. J., Cox T. F., Huber K. & Hannig M. (2008). The protective nature of pellicle towards toothpaste abrasion on enamel and dentine. *Journal of Dentistry*, 36(5), 360-368.

- Joiner A., Weader E. & Cox T. F. (2004). The measurement of enamel wear of two toothpastes. *Oral Health & Preventive Dentistry*, 2(4), 383-388.
- Joiner A. (2006). Review of the extrinsic stain removal and enamel/dentine abrasion by a calcium carbonate and perlite containing whitening toothpaste. *International Dental Journal*, 56(4), 175-180.
- Karadaş M. & Seven N. (2014). Vital dişlerde beyazlatma. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 24(3), 126-135.
- Kawamata H., Fujita K., Ishizaki T., Hayman R. & Ikemi T. (2004). A new enamel restoring agent for use after bleaching. *Journal of Dental Research*, 83, 1919.
- Khoroushi M., Shirban F., Kaveh S. & Doustfateme S. (2016). Effect of three nanobiomaterials on microhardness of bleached enamel. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 41(3), 196-201. doi:10.5395/rde.2016.41.3.196
- Kishta-Derani M., Neiva G., Yaman P. & Dennison D. (2007). In vitro evaluation of tooth-color change using four paint-on tooth whiteners. *Operative Dentistry*, 32(4), 394-398.
- Kontakiotis E. G., Tsatsoulis I. N., Filippatos C. G. & Agrafioti A. (2015). A quantitative and diametral analysis of human dentinal tubules at pulp chamber ceiling and floor under scanning electron microscopy. *Australian Endodontic Journal*, 41(1), 29-34. doi:10.1111/aej.12068
- Kwon S. R. & Wertz P. W. (2015). Review of the Mechanism of Tooth Whitening. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(5), 240-257. doi:10.1111/jerd.12152
- Lacruz R. S., Habelitz S., Wright J. T. & Paine M. L. (2017). Dental Enamel Formation And Implications For Oral Health And Disease. *Physiological Review*, 97(3), 939-993. doi:10.1152/physrev.00030.2016
- Lai S., Tay F., Cheung G., Mak Y., Carvalho R., Wei S., Pashley D. H. (2002). Reversal of compromised bonding in bleached enamel. *Journal of Dental Research*, 81(7), 477-481.

- Li Y. (1998). Tooth bleaching using peroxide-containing agents: current status of safety issues. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 19(8), 783-786, 788, 790, passim; quiz 796.
- Liporoni P. C. S., Wan Bakar W. Z., Zanatta R. F., Ambrosano G. M., Aguiar F. H. B. & Amaechi B. T. (2020). Influence of erosion/abrasion and the dentifrice abrasiveness concomitant with bleaching procedures. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 12, 101-109.
- Llena C., Esteve I. & Forner L. (2017). Effect of Hydrogen and Carbamide Peroxide in Bleaching, Enamel Morphology, and Mineral Composition: In vitro Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 18(7), 576-582. doi:10.5005/jp-journals-10024-2087
- Loguercio A. D., Servat F., Stanislawczuk R., Mena-Serrano A., Rezende M., Prieto M. V., Reis A. (2017). Effect of acidity of in-office bleaching gels on tooth sensitivity and whitening: a two-center double-blind randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 21(9), 2811-2818. doi:10.1007/s00784-017-2083-5
- Lopes G. C., Bonisconi L., Baratieri L. N., Vieira L. C. C. & Monteiro Jr S. (2002). Effect of bleaching agents on the hardness and morphology of enamel. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 14(1), 24-30.
- Low S.B., Allen E. P. & Kontogiorgos E. D. (2015). Reduction in dental hypersensitivity with nano-hydroxyapatite, potassium nitrate, sodium monofluorophosphate and antioxidants. *The Open Dentistry Journal* (9), 92-97. doi:10.2174/1874364101509010092
- Luk K., Tam L. & Hubert M. (2004). Effect of light energy on peroxide tooth bleaching. *The Journal of the American Dental Association*, 135(2), 194-201.
- Lussi A., von Salis-Marincek M., Ganss C., Hellwig E., Cheaib Z. & Jaeggi T. (2012). Clinical study monitoring the pH on tooth surfaces in patients with and without erosion. *Caries Research*, 46(6), 507-512.

- Lynch R. & Ten Cate J. (2006). The effect of lesion characteristics at baseline on subsequent de-and remineralisation behaviour. *Caries Research*, 40(6), 530-535.
- Majeed A., Faroo, I., Grobler S. R. & Rossouw R. (2015). Tooth-bleaching: a review of the efficacy and adverse effects of various tooth whitening products. *Journal of the College Physicians and Surgeons*, 25(12), 891-896.
- Manuel S., Abhishek P. & Kundabala, M. (2010). Etiology of tooth discoloration-a review. *Etiology of Tooth Discoloration-A Review*, 18(2), 56-63.
- Matis B., Hamdan Y., Cochran M. & Eckert G. (2002). A clinical evaluation of a bleaching agent used with and without reservoirs. *Operative Dentistry*, 27(1), 5-11.
- Matis B. A., Gaiao U., Blackman D., Schultz F. A. & Eckert G. (1999). In vivo degradation of bleaching gel used in whitening teeth. *Journal of the American Dental Association*, 130(2), 227-235.
- Min J. H., Kwon H. K. & Kim B. I. (2015). Prevention of dental erosion of a sports drink by nano-sized hydroxyapatite in situ study. *International Journal of Pediatric Dentistry*, 25(1), 61-69.
- Minoux M. & Serfaty R. (2008). Vital tooth bleaching: biologic adverse effects-a review. *Quintessence International*, 39(8), 645-659.
- Monterubbianesi R., Tosco V., Bellezze T., Giuliani G., Özcan M., Putignano A. & Orsini G. (2021). A comparative evaluation of nanohydroxyapatite-enriched hydrogen peroxide home bleaching system on color, hardness and microstructure of dental enamel. *Materials*, 14(11), 3072.
- Moradi Z., Valizadeh S., Farhadi E., Asadollahi Y., Noroozian M. & Chiniforush N. (2022). Microhardness change of human dental enamel due to power bleaching with different gels. *Folia Medica (Plovdiv)*, 64(6), 961-968. doi:10.3897/folmed.64.e68223

- Moradian-Oldak J. (2009). The regeneration of tooth enamel. *Dimensions of Dental Hygiene*, 7(8), 12-15.
- Moradian-Oldak J. (2012). Protein-mediated enamel mineralization. *Frontiers in Bioscience (Landmark Edition)*, 17(6), 1996-2023. doi:10.2741/4034
- Naik S., Tredwin C. J. & Scully C. (2006). Hydrogen peroxide tooth-whitening (bleaching): review of safety in relation to possible carcinogenesis. *Oral Oncology*, 42(7), 668-674. doi:10.1016/j.oraloncology.2005.10.020
- Nanci A. & Bosshardt D. D. (2006). Structure of periodontal tissues in health and disease. *Periodontology 2000*, 40(1), 11.
- Ohta K., Kawamata H., Ishizaki T. & Hayman R. (2007). Occlusion of dentinal tubules by nano-hydroxyapatite. *Journal of Dental Research*, 86, 21-24.
- Ontiveros J. C. & Paravina R. D. (2009). Color change of vital teeth exposed to bleaching performed with and without supplementary light. *Journal of Dentistry*, 37(11), 840-847.
- Orilisi G., Tosco V., Monterubbianesi R., Notarstefano V., Özcan M., Putignano A. & Orsini G. (2021). ATR-FTIR, EDS and SEM evaluations of enamel structure after treatment with hydrogen peroxide bleaching agents loaded with nano-hydroxyapatite particles. *PeerJ*, 9, e10606.
- Ourique S. A. M., Arrais C. A. G., Cassoni A., Ota-Tsuzuki C. & Rodrigues J. A. (2011). Effects of different concentrations of carbamide peroxide and bleaching periods on the roughness of dental ceramics. 25(5), 453-458.
- Owda R. & Sancakli H. S. (2021). Effects of different bleaching agents on the surface topography and the microhardness of artificial carious lesions. *European Journal of Dentistry*, 15(04), 687-693.

- Özcan M., Abdin S. & Sipahi C. (2014). Bleaching induced tooth sensitivity: do the existing enamel craze lines increase sensitivity? A clinical study. *Odontology*, 102(2), 197-202. doi:10.1007/s10266-013-0104-7
- Paepegaey A.M., Barker M. L., Bartlett D. W., Mistry M., West N. X., Hellin N., Bellamy P. G. (2013). Measuring enamel erosion: a comparative study of contact profilometry, non-contact profilometry and confocal laser scanning microscopy. *Dental Materials*, 29(12), 1265-1272.
- Pajor K., Pajchel L. & Kolmas J. (2019). Hydroxyapatite and fluorapatite in conservative dentistry and oral implantology-A review. *Materials*, 12(17), 2683.
- Pandya M. & Diekwisch T. G. H. (2019). Enamel biomimetics-fiction or future of dentistry. *International Journal of Oral Science*, 11(1), 8-16 doi:10.1038/s41368-018-0038-6
- Parameswaran A. J. (2013). Sturdevant's art and science of operative dentistry. *Journal of Conservative Dentistry*, 16(5), 480.
- Parreiras S., Vianna P., Kossatz S., Loguercio A. & Reis A. (2014). Effects of light activated in-office bleaching on permeability, microhardness, and mineral content of enamel. *Operative Dentistry*, 39(5), 225-230.
- Pascolutti M. & de Oliveira D. (2021). A Radical-Free Approach to Teeth Whitening. *Dentistry Journal*, 9(12), 148.
- Perdigão J. (2010). Dental whitening-revisiting the myths. *Northwest Dentistry*, 89(6), 19-21, 23.
- Perdigão J., Baratieri L. N. & Arcari G. M. (2004). Contemporary trends and techniques in tooth whitening: a review. *Practical Procedures and Aesthetic Dentistry*, 16(3), 185-210.

- Pimentel E. S., França F. M. G., Turssi C. P., Basting R. T. & Vieira-Junior W. F. (2023). Effects of in vitro erosion on surface texture, microhardness, and color stability of resin composite with S-PRG fillers. *Clinical Oral Investigations*, 27(3) doi:10.1007/s00784-023-04968-6
- Pinto C. F., Leme A. F. P., Cavalli V. & Giannini M. (2009). Effect of 10% carbamide peroxide bleaching on sound and artificial enamel carious lesions. *Brazilian Dental Journal*, 20(1), 48-53.
- Pircher M., Götzinger E., Leitgeb R., Fercher A. F. & Hitzenberger C. K. (2003). Measurement and imaging of water concentration in human cornea with differential absorption optical coherence tomography. *Optics Express*, 11(18), 2190-2197.
- Poggio C., Gulino C., Mirando M., Colombo M. & Pietrocola G. (2017). Protective effect of zinc-hydroxyapatite toothpastes on enamel erosion: An in vitro study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(1), 118-122.
- Ponce E. H., Sahli C. C. & Fernandez J. A. V. (2001). Study of dentinal tubule architecture of permanent upper premolars: evaluation by SEM. *Australian Endodontic Journal*, 27(2), 66-72.
- Popescu A. D., Tuculina M. J., Diaconu O. A., Gheorghîță L. M., Nicolicescu C., Cumpăță C. N., Voinea-Georgescu R. (2023). Effects of Dental Bleaching Agents on the Surface Roughness of Dental Restoration Materials. *Medicina (Kaunas)*, 59(6), 1067. doi:10.3390/medicina59061067
- Prathap S., Rajesh H., Bloor V. A. & Rao A. S. (2013). Extrinsic stains and management: A new insight. *Journal of Academia and Industrial Research*, 1(8), 435-442.
- Pretty I., Edgar W. & Higham S. (2003). The erosive potential of commercially available mouthrinses on enamel as measured by Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF). *Journal of Dentistry*, 31(5), 313-319.

- Price R. B., Sedarous M. & Hiltz G. S. (2000). The pH of tooth-whitening products. *Journal-Canadian Dental Association*, 66(8), 421-426.
- Proctor G., Pramanik R., Carpenter G. & Rees G. (2005). Salivary proteins interact with dietary constituents to modulate tooth staining. *Journal of Dental Research*, 84(1), 73-78.
- Rezende M., Loguercio A. D., Kossatz S. & Reis A. (2016). Predictive factors on the efficacy and risk/intensity of tooth sensitivity of dental bleaching: A multi regression and logistic analysis. *Journal of Dentistry*, 45, 1-6.
- Roberson T., Heymann H. O. & Swift Jr E. J. (2006). *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*: Elsevier Health Sciences.
- Rotstein I. (1993). Role of catalase in the elimination of residual hydrogen peroxide following tooth bleaching. *Journal of Endodontics*, 19(11), 567-569.
- Salinovic I., Schauerl Z., Marcus M. & Miletic I. (2021). The effects of three remineralizing agents on the microhardness and chemical composition of demineralized enamel. *Materials*, 14(20), 6051.
- Sánchez A. R., Rogers R. S. 3rd & Sheridan P. J. (2004). Tetracycline and other tetracycline-derivative staining of the teeth and oral cavity. *International Journal of Dermatology*, 43(10), 709-715. doi:10.1111/j.1365-4632.2004.02108.x
- Santo L. F. T. F., Torres C. R. G., Caneppele T. M. F., Magalhães A. C. & Borges, A. B. (2016). Effect of home-bleaching gels modified by calcium and/or fluoride and the application of nano-hydroxyapatite paste on in vitro enamel erosion susceptibility. *Acta Odontologica Scandinavica*, 74(2), 121-126.
- Sarrett D. C. (2002). Tooth whitening today. *Journal of the American Dental Association*, 133(11), 1535-1538; quiz 1541. doi:10.14219/jada.archive.2002.0085

- Scaramucci T., Borges A. B., Lippert F., Frank N. E. & Hara A. T. (2013). Sodium fluoride effect on erosion–abrasion under hyposalivatory simulating conditions. *Archives of Oral Biology*, 58(10), 1457-1463.
- Scaramucci T., Hara A. T., Zero D. T., Ferreira S. S., Aoki I. V. & Sobral M. A. P. (2011). In vitro evaluation of the erosive potential of orange juice modified by food additives in enamel and dentine. *Journal of Dentistry*, 39(12), 841-848.
- Schlüter N., Hara A., Shelli R. & Ganss C. (2011). Methods for the measurement and characterization of erosion in enamel and dentine. *Caries Research*, 45(1), 13-23.
- Schmitz J., Teepe J., Hu Y., Smith C., Fajardo R. & Chun Y. H. (2014). Estimating mineral changes in enamel formation by ashing/BSE and microCT. *Journal of Dental Research*, 93(3), 256-262.
- Segh R. & Denry I. (1992). Effects of external bleaching on indentation and abrasion characteristics of human enamel in vitro. *Journal of Dental Research*, 71(6), 1340-1344.
- Shellis R. P., Ganss C., Ren Y., Zero D. T. & Lussi A. (2011). Methodology and models in erosion research: discussion and conclusions. *Caries Research*, 45(1), 69-77. doi:10.1159/000325971
- Simões A. C. C. D., Dionizio A., Câmara J. V. F., Sabino-Arias I. T., Levy F. M., Ventura T. M. O., Groisman S. (2020). Do commercial whitening dentifrices increase enamel erosive tooth wear? *Journal of Applied Oral Science*, 28, e20190163.
- Soares D. G., Ribeiro A. P., Lima A. F., Sacono N. T., Hebling J. & de Souza Costa C. A. (2013). Effect of fluoride-treated enamel on indirect cytotoxicity of a 16% carbamide peroxide bleaching gel to pulp cells. *Brazilian Dental Journal*, 24(2), 121-127. doi:10.1590/0103-6440201302161

- Solé-Magdalena A., Martínez-Alonso M., Coronado C. A., Junquera L. M., Cobo J. & Vega J. A. (2018). Molecular basis of dental sensitivity: The odontoblasts are multisensory cells and express multifunctional ion channels. *Annals of Anathomy*, 215, 20-29. doi:10.1016/j.aanat.2017.09.006
- SoutoMaior J., De Moraes S., Lemos C., Vasconcelos B. d. E., Montes M. & Pellizzer, E. (2019). Effectiveness of light sources on in-office dental bleaching: a systematic review and meta-analyses. *Operative Dentistry*, 44(3), 105-117.
- Sulieman M. (2005). An overview of tooth discoloration: extrinsic, intrinsic and internalized stains. *Dental Update*, 32(8), 463-464, 466-468, 471. doi:10.12968/denu.2005.32.8.463
- Sulieman M. A. (2008). An overview of tooth-bleaching techniques: chemistry, safety and efficacy. *Periodontol 2000*, 48, 148-169. doi:10.1111/j.1600-0757.2008.00258.x
- Swarup J. S., & Rao A. (2012). Enamel surface remineralization: Using synthetic nanohydroxyapatite. *Contemporary Clinical Dentistry*, 3(4), 433-436.
- Tahmassebi J., Duggal M., Malik-Kotru G. & Curzon M. (2006). Soft drinks and dental health: a review of the current literature. *Journal of Dentistry*, 34(1), 2-11.
- Tay L. Y., Kose C., Herrera D. R., Reis A. & Loguercio A. D. (2012). Long-term efficacy of in-office and at-home bleaching: a 2-year double-blind randomized clinical trial. *American Journal of Dentistry*, 25(4), 199-204.
- Ta L. Y., Kose, C., Loguercio, A. D. & Reis A. (2009). Assessing the effect of a desensitizing agent used before in-office tooth bleaching. *Journal of the American Dental Association*, 140(10), 1245-1251. doi:10.14219/jada.archive.2009.0047
- Ten Cate J. (2008). Chemical interactions between the tooth and oral fluids. *Dental Caries: The Disease and Its Clinical Management*, (209-231), Wiley Yayinevi
- Thickett E. & Cobourne M. T. (2009). New developments in tooth whitening. The current status of external bleaching in orthodontics. *Journal of Orthodontics*, 36(3), 194-201.

- Um I.W., Kim Y.K. & Mitsugi M. (2017). Demineralized dentin matrix scaffolds for alveolar bone engineering. *The Journal of the Indian Prosthodontic Society*, 17(2), 120-127.
- Vano M., Derchi G., Barone A., Genovesi A. & Covani U. (2015). Tooth bleaching with hydrogen peroxide and nano-hydroxyapatite: a 9-month follow-up randomized clinical trial. *International Journal of Dental Hygiene*, 13(4), 301-307.
- Vieira-Junior W., Ferraz L., Pini N., Ambrosano G., Aguiar F., Tabchoury C. & Lima D. (2018). Effect of toothpaste use against mineral loss promoted by dental bleaching. *Operative Dentistry*, 43(2), 190-200.
- Walsh L. J. (2000). Safety issues relating to the use of hydrogen peroxide in dentistry. *Australian Dental Journal*, 45(4), 257-269.
- Wang H., Xiao Z., Yang J., Lu D., Kishen A., Li Y., Zhang X. (2017). Oriented and Ordered Biomimetic Remineralization of the Surface of Demineralized Dental Enamel Using HAP@ACP Nanoparticles Guided by Glycine. *Scientific Reports*, 7, 40701. doi:10.1038/srep40701
- Watanabe K., Shibata T., Kurosawa T., Morisaki I., Kinehara M., Igarashi S. & Arisue M. (1999). Bilirubin pigmentation of human teeth caused by hyperbilirubinemia. *Journal of Oral Pathology & Medicine*, 28(3), 128-130.
- West N. X., Lussi A., Seong J. & Hellwig, E. (2013). Dentin hypersensitivity: pain mechanisms and aetiology of exposed cervical dentin. *Clinical Oral Investigation*, 17(1), 9-19. doi:10.1007/s00784-012-0887-x
- Wilder-Smith P., Otis L., Zhang J. & Chen Z. (2008). Dental OCT. *Optical Coherence Tomography: Technology and Applications*, (1151-1182), Springer Yayinevi.
- Xu C., Yao X., Walker M. P. & Wang Y. (2009). Chemical/molecular structure of the dentin-enamel junction is dependent on the intratooth location. *Calcified Tissue International*, 84(3), 221-228. doi:10.1007/s00223-008-9212-8

- Yadav S. (2017). Bleaching effectiveness and tooth sensitivity of inoffice hydrogen peroxide containing titanium dioxide based bleaching agent: a systematic review. *Journal of Dental Sciences*, 5(1), 69-101.
- Yamamoto T., Hasegawa T., Yamamoto T., Hongo H. & Amizuka N. (2016). Histology of human cementum: Its structure, function, and development. *Japanese Dental Science Review*, 52(3), 63-74.
- Yang H., Lu Z. C., Attin T. & Yu H. (2021). Erosion of CAD/CAM restorative materials and human enamel: An in vitro study. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 119, 104503. doi:10.1016/j.jmbbm.2021.104503
- Yu H., Zhang C.Y., Cheng S.L. & Cheng, H. J. (2015). Effects of bleaching agents on dental restorative materials: A review of the literature and recommendation to dental practitioners and researchers. *Journal of Dental Sciences*, 10(4), 345-351.
- Yui K., Rodrigues, J., Mancini M., Balducci I. & Gonçalves, S. J. (2008). Ex vivo evaluation of the effectiveness of bleaching agents on the shade alteration of blood-stained teeth. *International Endodontic Journal*, 41(6), 485-492.
- Zanatta R. F., Ávila D. M. d. S., Miyamoto K. M., Torres C. R. G. & Borges A. B. (2019). Influence of surfactants and fluoride against enamel erosion. *Caries Research*, 53(1), 1-9.
- Zanet C. G., Fava M. & Alves L. A. C. (2011). In vitro evaluation of the microhardness of bovine enamel exposed to acid solutions after bleaching. *Brazilian Oral Research*, 25(6), 562-567.
- Zanolla J., Marques A., Da Costa D., De Souza A. & Coutinho M. (2017). Influence of tooth bleaching on dental enamel microhardness: a systematic review and meta-analysis. *Australian Dental Journal*, 62(3), 276-282.
- Zaragoza V. (1984). Bleaching of vital teeth: technique. *Estomodeo*, 9, 7-30.

Zentner A. & Duschner H. (1996). Structural changes of acid etched enamel examined under confocal laser scanning microscope. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 57(4), 202-209. doi:10.1007/bf02190233

Zero D. T. (1995). In situ caries models. *Advances in Dental Research*, 9(3), 214-230; discussion 231-214. doi:10.1177/08959374950090030501

Zhang J., Du Y., Wei Z., Tai B., Jiang H. & Du M. (2015). The prevalence and risk indicators of tooth wear in 12-and 15-year-old adolescents in Central China. *BMC Oral Health*, 15(1), 1-8.



8. EKLER

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞİMSSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARARI

Toplantı Tarihi: 21/12/2022

Toplantı Sayısı: 2022/15

Karar No: 2022.12.14

Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Etik Kurulu 21/12/2022 tarihinde çarşamba günü saat 10.00'da Prof. Dr. Sema ZERGEROĞLU'nun başkanlığında toplanmıştır.

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Prof. Dr. Çiğdem ÇELİK'in danışmanlığında yürütülecek olan Arş. Gör. Merve HABERAL'ın uzmanlık tezi "**Nano Hidroksiapatit İçeren Beyazlatma Ajanının Sağlam ve Demineralize Diş Minesi Üzerinde Etkisinin İn Vitro Olarak İncelenmesi**" isimli başvurusu Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu Yönergesinde belirtilmiş olan Etik İlkeleri gereğince değerlendirilmiştir.

KARAR: Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Prof. Dr. Çiğdem ÇELİK'in danışmanlığında yürütülecek olan Arş. Gör. Merve HABERAL'ın uzmanlık tezi "**Nano Hidroksiapatit İçeren Beyazlatma Ajanının Sağlam ve Demineralize Diş Minesi Üzerinde Etkisinin İn Vitro Olarak İncelenmesi**" isimli başvurusu Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu Yönergesinde belirtilmiş olan Etik İlkelerine uygun bulunmuştur.

9. ÖZGEÇMİŞ

BİREYSEL BİLGİLER

Adı- Soyadı: Merve HABERAL

Doğum Yeri: Samsun

Uyruğu: Türkiye Cumhuriyeti

Yabancı Dili: İngilizce

EĞİTİM BİLGİLERİ

Nisan 2020- Temmuz 2023: Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Uzmanlık Eğitimi

Eylül 2011- Haziran 2016: Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Lisans Eğitimi

ÜYE OLDUĞU KURULUŞLAR

Restoratif Diş Hekimliği Derneği

ARAŞTIRMA ALANLARI

Sağlık Bilimleri, Diş Hekimliği, Klinik Bilimler, Diş Hastalıkları ve Tedavisi,

Konservatif Diş Tedavisi, Restoratif Diş Tedavisi

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yer Alan Yayınlar

Bahadır H.S., Haberal M., Çelik Ç. ‘Effect of microabrasion on the staining susceptibility of enamel: An in vitro study’ Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects, 2022 Spring, 16(2), 95-100

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler

Bahadır H.S., Haberal M., Çelik Ç. ‘Effect of microabrasion on the staining susceptibility of enamel: An in vitro study’ 11. ConsEuro, Antalya-Türkiye, Nisan-2022

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında Basılan Bildiriler

Haberal M., Çelik Ç. ‘Maksiller Keser Dişlerdeki Boyut Uyumsuzluklarının Direkt Kompozit Rezin Restorasyonlar Yoluyla Rehabilitasyonu: Vaka Sunumu’ RDD Kış Sempozyumu ve Anabilim Dalları Toplantısı, Adana-Türkiye, Aralık- 2022

