



**BEZMİÂLEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**FARKLI VİTAL BEYAZLATMA AJANLARININ UYGULANMASI
SONRASINDA DENEYSEL NANOHİDROKSİAPATİT JEL KULLANIMININ
MİNE YÜZEYİNDE OLUŞTURDUĞU FİZİKSEL VE MORFOLOJİK
DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Ayşenur TUNÇ DİCLE

Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Tez Danıőmanı: Prof. Dr. Evrim DALKILIÇ

NİSAN 2023

**BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**FARKLI VİTAL BEYAZLATMA AJANLARININ UYGULANMASI
SONRASINDA DENEYSEL NANOİDROKSİAPATİT JEL KULLANIMININ
MİNE YÜZEYİNDE OLUŞTURDUĞU FİZİKSEL VE MORFOLOJİK
DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Ayşenur TUNÇ DİCLE

Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Tez Danıőmanı: Prof. Dr. Evrim DALKILIÇ

NİSAN 2023

Canım ailem ve çok sevgili eşime,



ÖNSÖZ

Bilgi ve birikimi ile bana her zaman yol gösteren, mesleki açıdan kazanmış olduğu deneyimlerini sabırla aktaran, tecrübelerine saygı duyduğum, tez danışmanım, bölüm başkanım saygıdeğer Prof. Dr. Evrim DALKILIÇ'a,

Tez sürecinde beraber çalışma fırsatı bulduğum, bu süreçte bilgi ve birikimleri ile bize katkı sağlayan saygıdeğer Doç. Dr. Emel AKYOL' a,

Uzmanlık eğitimi süreci boyunca bana yol gösteren değerli hocalarım Prof. Dr. Nazmiye DÖNMEZ, Doç. Dr. Burcu OĞLAKÇI, Dr. Öğretim Üyesi Ceren DEĞER, Dr. Öğretim Üyesi Zümrüt Ceren ÖZDUMAN' a,

Uzmanlık eğitimim süresince birlikte çalışma fırsatı bulduğum asistan arkadaşlarım ve Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı klinik personeline,

Lisans ve uzmanlık eğitimi hayatım boyunca aynı yolda yürüdüğümüz canım arkadaşım Dt. Ümran GÜNDOĞDU EZER' e,

Bu günlere gelmemde en büyük payı olan, her zaman yanımda ve destekçim olan çok sevgili annem, babam ve ablama,

Tez sürecinde her zaman destekçim olan, sevgisini, ilgisini hep hissettiren ve büyük bir sabır gösteren canım eşime ve yüzümüzü hep güldüren can dostumuza,

Tezimi 20210407 numaralı proje ile destekleyen Bezmialem Vakıf Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Nisan 2023

Ayşenur Tunç Dicle
(Diş Hekimi)

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarımı ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Ayşenur TUNÇ DİCLE

İmza

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
BEYAN.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
KISALTMALAR.....	viii
SEMBOLLER.....	ix
TABLO LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiv
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Diş Rengi ve Rengin Algılanması.....	3
2.1.1 Munsell renk sistemi.....	3
2.1.2 CIELab renk sistemi.....	4
2.2 Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Ölçüm Yöntemleri.....	4
2.3 Diş Renklenmeleri.....	6
2.3.1 İçsel renklenmeler.....	6
2.3.2 Dışsal renklenmeler.....	7
2.4 Diş Beyazlatma Tedavisi.....	8
2.4.1 Diş beyazlatma tedavisinin kimyası.....	8
2.4.2 Diş beyazlatma tedavisi endikasyonları.....	9
2.4.3 Beyazlatma tedavisi kontrendikasyonları.....	10
2.4.4 Diş beyazlatma tedavisi planlaması.....	10
2.5 Güncel Beyazlatma Teknikleri.....	11
2.5.1 Vital beyazlatma teknikleri.....	12
2.5.1.1 Ofis tipi vital beyazlatma tekniği.....	12
2.5.1.2 Ev tipi vital beyazlatma tekniği.....	14
2.5.1.3 Tezgah üstü (OTC) beyazlatma tedavileri.....	15
2.5.2 Devital beyazlatma teknikleri.....	16
2.5.2.1 İnternal devital beyazlatma tekniği.....	16
2.5.2.2 Eksternal devital beyazlatma tekniği.....	17
2.5.2.3 İnternal ve eksternal beyazlatma tekniğinin birlikte kullanımı.....	17
2.6 Beyazlatmayı Etkileyen Faktörler.....	18
2.7 Beyazlatma Tedavisinin Olası Yan Etkileri.....	20
2.7.1 Mine yüzey mikrosertliği.....	20
2.7.2 Mine yüzey pürüzlülüğü.....	20
2.7.3 Mine yüzey morfolojisi.....	21

2.7.4 Hassasiyet.....	21
2.7.5 Yumuşak dokulara etkisi.....	22
2.7.6 Adezyona etkisi.....	23
2.8 Beyazlatıcı Ajanların Toksisitesi.....	23
2.9 Beyazlatma Tedavisi ile Birlikte Kullanılan Remineralize Edici Ajanlar.....	23
2.9.1 Flor.....	24
2.9.2 Potasyum nitrat.....	24
2.9.3 Kazein fosfopeptit-amorf kalsiyum fosfat (CCP-ACP).....	25
2.9.4 Nanohidroksiapatit.....	25
2.9.5 Kitosan.....	27
2.10 Beyazlatma Tedavisi Sonrası Dış Yüzeyinde Meydana Gelen Fiziksel ve Morfolojik Değişimlerin İncelenmesi İçin Kullanılan Yöntemler.....	28
2.10.1 Mikrosertlik Analizi.....	28
2.10.2 Yüzey pürüzlülüğü analizi.....	29
2.10.3 Elementlerin analizinde kullanılan SEM-EDS Tekniği.....	30
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	32
3.1 Kullanılan Materyaller.....	32
3.1.1 Biowhiten İn-office %40 n-HP ofis tipi beyazlatma ajanı.....	32
3.1.2 Opalescence Boost %40 PF ofis tipi beyazlatma ajanı.....	32
3.1.3 Kitosan ilave edilmiş edilmiş deneysel n-HA üretimi.....	33
3.1.4 Fosfat tamponlu salin (PBS) solüsyonu.....	34
3.2 Numunelerin Toplanması ve Hazırlanması.....	35
3.3 Grupların Oluşturulması.....	37
3.4 Beyazlatma İşleminin Uygulanması.....	37
3.5 Deneysel n-HA Jelinin Dış Yüzeylerine Uygulanması.....	39
3.6 Renk Analizi.....	40
3.7 Yüzey Pürüzlülüğü Analizi.....	42
3.8 Mikrosertlik Analizi.....	42
3.9 SEM/ EDS Analizi ve Elemental Haritalama.....	44
3.10 İstatiksel Analiz.....	46
4. BULGULAR.....	47
4.1 Üretilen n-HA Numunesinin Karakterizasyonu.....	47
4.2 Renk Analizi Sonuçları.....	48
4.3 Yüzey Pürüzlülüğü Analizi Sonuçları.....	49
4.4 Mikrosertlik Analizi Sonuçları.....	51
4.5 Sem/EDS Analizi ve Elemental Haritalama Sonuçları.....	52
5. TARTIŞMA.....	57
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	67
7. KAYNAKLAR.....	69
8. EKLER.....	80
9. ÖZGEÇMİŞ.....	81

KISALTMALAR

CIE	: Commission Internationale de l'Éclairage
SPSS	: Statistical Package for Social Sciences
HP	: Hidrojen Peroksit
CP	: Karbamid Peroksit
TME	: Temporamandibular Eklem
OTC	: Tezgah Üstü
LED	: Light-emitting Diode
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
EDS	: Enerji Dağılımlı X-ışını
NBS	: National Bureau of Standards
JCPDS	: Toz Kırınım Standartları Ortak Komitesi
ADA	: Amerikan Diş Hekimleri Birliği
ACP	: Amorf Kalsiyum Fosfat
CCP-ACP	: Kazein Fosfapeptid Amorf Kalsiyum Fosfat
HA	: Hidroksiapatit
n-HA	: Nanohidroksiapatit
AFM	: Atomik Kuvvet Mikroskobu
XRD	: X ışını Difraktometresi
PBS	: Fosfat Tamponlu Salin
SD	: Standard Sapma
ISO	: International Organization for Standardization
IL	: Girinti uzunluğu
Ra	: Ortalama Pürüzlülük
Rz	: Ortalama Maksimum Peak Yüksekliği
Rpm	: Ortalama Maksimum Yüzey Derinliği
NaF	: Sodyum Florür
PF	: Potasyum Florür
APF	: Asitlenmiş Fosfat Florür
SDF	: Gümüş Diamin Florür
O	: Oksijen
H	: Hidrojen
C	: Karbon
P	: Fosfor
CO₂	: Karbondioksit
F	: Flor
Na	: Sodyum
Cl	: Klor

SEMBOLLER

- °C** : Derece Santigrat
nm : Nanometre
 ΔE : Total Renk Değişimi
 μm : Mikrometre
sn : Saniye
% : Yüzde
rpm : Dakikada devir sayısı



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 : Renk farklılıklarını ifade eden NBS sistemi.	41
Tablo 4.1 : Grupların beyazlatma öncesi ve sonrası istatistiksel olarak ortalama renk değişim(ΔE) ve \pm standart sapma değerleri.....	49
Tablo 4.2 : Grupların beyazlatma öncesi ve sonrası istatistiksel olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü ve \pm standart sapma değerleri.....	50
Tablo 4.3 : Grupların beyazlatma öncesi ve sonrası mikrosertlik değerlerinin istatistiksel olarak ortalama ve \pm standart sapma değerleri.....	51
Tablo 4.4 : Diş yüzeylerinin SEM/EDS analizi sonucu gözlemlenen O, F, Na, P, Cl ve Ca kimyasal elementlerin konsantrasyon değerlerinin ağırlıkça (%) oranları ve Ca/P oranı.	56
Tablo A.1 : Etik Kurul Onayı.	80

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 : Biowhiten İn-office %40 n-HP beyazlatma ajanı (BioWhiten, Biodent Ltd., İstanbul, Türkiye).....	32
Şekil 3.2 : Opalescence Boost %40 PF ofis tipi beyazlatma ajanı (Ultradent, SouthJordan; ABD).....	33
Şekil 3.3 : Çalışmada kullanılan HA ve kitosan kimyasal ürünleri.	33
Şekil 3.4 : Kitosan ilave edilmiş n-HA.....	34
Şekil 3.5 : Fosfat tamponlu salin (PBS) solüsyonu	35
Şekil 3.6 : Mecatome T180 (Presi,Eybens,Fransa) kesme cihazı	35
Şekil 3.7 : Örneklerin polisaj cihazı (Minitech 233, Presi, Fransa) ile standardizasyonu.....	36
Şekil 3.8 : Örneklerin polisaj işleminden sonra önden ve yandan görünümü	36
Şekil 3.9 : Biowhiten İn-office %40 n-HP beyazlatma ajanının diş yüzeyine uygulanması	38
Şekil 3.10 : Opalescence Boost %40 PF ofis tipi beyazlatma ajanının diş yüzeyine uygulanması.....	38
Şekil 3.11 : Deneysel n-HA jeli.	39
Şekil 3.12 : Deneysel n-HA jelin diş yüzeyine uygulanması.	39
Şekil 3.13 : Spektrofotometre ile renk ölçümü.	40
Şekil 3.14 : Konvansiyonel profilometre cihazı.	42
Şekil 3.15 : Mikrosertlik test cihazı	43
Şekil 3.16 : Vicker's mikrosertlik ölçüm görüntüsü.	44
Şekil 3.17 : Altın-paladyum kaplama cihazı ve kaplama işlemi tamamlanmış örnekler.....	44
Şekil 3.18 : SEM/EDS görüntüleme cihazı (Evo ls10, Zeiss, Almanya)	45
Şekil 4.1 : n-HA numunesine ait XRD karakterizasyonu	47
Şekil 4.2 : Kitosan ilave edilmiş n-HA kristalleri SEM görüntüsü	48
Şekil 4.3 : Beyazlatma öncesi ve sonrası ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri ve grupların karşılaştırılması (Ra)	50
Şekil 4.4 : Beyazlatma öncesi ve sonrası mikrosertlik değerleri ve grupların karşılaştırması	52
Şekil 4.5 : Normal mine yüzeyi(kontrol A,B), Grup B (C,D), Grup O (E,F), Grup Bn (G,H), Grup On (I,K)'ye ait örneklerin 1000x(sol) ve 5000x(sağ) büyütmede izlenen SEM görüntüleri.....	53
Şekil 4.6 : Diş yüzeyinde görülen partiküllerin SEM/EDS point analizi görüntüleri ve element analizi (%) grafiği.	54
Şekil 4.7 : Diş yüzeylerinde bulunan O, F, Na, P, Cl ve Ca elementlerinin (%) grafiksel analizi.....	56

FARKLI VİTAL BEYAZLATMA AJANLARININ UYGULANMASI SONRASINDA DENEYSSEL NANOHİDROKSİAPATİT JEL KULLANIMININ MİNE YÜZEYİNDE OLUŞTURDUĞU FİZİKSEL VE MORFOLOJİK DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmanın amacı %40 Hidrojen peroksit içeren iki farklı vital beyazlatma ajanı uygulaması sonrası deneysel nanohidroksiapatit jel kullanımının mine yüzeyinde oluşturduğu fiziksel ve morfolojik değişimlerin incelenmesidir.

Çalışmamızda 52 adet çürük, çatlak, hipoplastik defekt içermeyen periodontal nedenler ile çekilmiş insan üst keser dişi kullanıldı. Dişler köklerinden ayrılarak, kuron kısımları bukkal yüzeyi üstte kalacak şekilde akrilik rezine gömülerek yüzey standardizasyonu için polisaj yapıldı. Kitosan ilave edilmiş nanohidroksiapatit (n-HA) tozu üretildi. Elde edilen toz fosfat tamponlu salin solüsyonu ile karıştırılarak jel şekline getirildi. Dişler dört gruba ayrıldı. Gruplara sırası ile Biowhiten İn-office % 40 n-HP (Grup B), Opalescence Boost %40 PF (Grup O), Biowhiten İn-office %40 + n-HA jeli (Grup Bn), Opalescence Boost %40 PF + n-HA jeli (Grup On) ajanları uygulandı. Diş yüzeylerinden beyazlatma öncesi, sonrası ve beyazlatmadan 1 hafta sonra olacak şekilde; renk, yüzey mikrosertliği ve yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçümleri yapıldı. Her gruptan üç örneğin SEM/EDS analizi ve elemental haritalama analizi yapıldı. Mine yüzeylerinin Ca/P oranları değerlendirildi. Yüzey mikrosertliği ve yüzey pürüzlülüğü sonuçları için istatistiksel olarak tekrarlı ölçümlerde varyans analizi, ikili karşılaştırmalarda ise Bonferroni testi kullanıldı. Örneklerin renk değişimi (ΔE) açısından incelenmesi için Welch ANOVA testi kullanıldı. Anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

Grupların beyazlatmadan hemen sonra ve beyazlatmadan 1 hafta sonra ölçülen renk değişimleri, mikrosertlik ve pürüzlülük değerleri arasında fark görülmedi ($p > 0.05$). Bütün gruplarda beyazlatma tedavisi sonrası gözle görülür renk değişimi tespit edildi ($p < 0.05$). Tedavi grupları arasında renk değişimi açısından fark tespit edilmedi ($p > 0.05$). Beyazlatma sonrası test grupları kıyaslandığında, sadece Grup O'da Ra değerinde artış gözlemlendi ($p < 0.05$). Grup On, Grup O'ya göre istatistiksel olarak daha düşük Ra değeri gösterdi ($p < 0.05$). Beyazlatma işleminden hemen sonra tüm gruplarda mikrosertlik değerinde azalma görüldü ($p < 0.05$). Grup O; beyazlatma işlemi sonrası en düşük mikrosertlik değeri gösterdi ($p < 0.05$). Grup Bn, Grup B'ye göre istatistiksel olarak daha yüksek mikrosertlik değeri gösterdi ($p < 0.05$). Grup On, Grup O'ya göre istatistiksel olarak daha yüksek mikrosertlik değeri gösterdi ($p < 0.05$). SEM görüntüleri sonucu en pürüzlü ve düzensiz yüzey Grup O'da görüldü. Grup On, Grup Bn, Grup B mine yüzeylerinde daha düzenli, pürüzsüz, homojen olmayan partikül birikimi olan alanlar görüldü. EDS analizi sonucu Grup O'da en düşük Ca/P değeri görüldü. n-HA uygulaması sonrası mine yüzeyin Ca/P oranında belirgin artış görüldü.

Sonuç olarak, Opalescence Boost PF %40 HP vital beyazlatma ajanı diş yüzeyinde en fazla yüzey pürüzlülüğüne ve en düşük mikrosertlik değerine neden olmuştur. SEM/EDS analizinde bu grupta gözlenen en düşük Ca/P oranı bu verileri desteklemektedir. Biowhiten İn-office %40 n-HP vital beyazlatma ajanının mine yüzeylerine uygulanması sonrası daha yüksek Ca/P gözlemlendiği ve daha pürüzsüz bir yüzey

oluşturduğu gözlendi. Beyazlatma ajanı sonrası kitosan ilave edilmiş deneysel n-HA jeli kullanımının; mine yüzeyinde Ca/P oranını arttıarak, yüzey mikrosertliği ve pürüzlülüğüne olumlu etki ettiği görüldü. Deneysel n-HA jeli kullanımının beyazlatma etkinliği üzerine herhangi bir olumsuz etkisi olmadan diş yüzeyindeki fiziksel ve morfolojik özelliklere olumlu sonuçlar kazandırdığı sonucuna varıldı.

Anahtar Kelimeler: Beyazlatma, hidrojen peroksit, nanohidroksiapatit, mikrosertlik, pürüzlülük, kalsiyum.



INVESTIGATION OF THE PHYSICAL AND MORPHOLOGICAL CHANGES CAUSED BY THE USE OF EXPERIMENTAL NANOHYDROXYAPATITE GEL ON THE ENAMEL SURFACE AFTER THE APPLICATION OF DIFFERENT VITAL WHITENING AGENTS

SUMMARY

The aim of this study is to examine the physical and morphological changes caused by the use of experimental nanohydroxyapatite gel on the enamel surface after the application of two different vital whitening agents containing 40% hydrogen peroxide.

In our study, 52 human maxillary incisors extracted for periodontal reasons without caries, cracks or hypoplastic defects were used. The teeth were separated from their roots and embedded in acrylic resin with the buccal surface of the crowns on top and polished for surface standardization. Chitosan added nanohydroxyapatite(n-HA) powder was synthesised. This powder was mixed with phosphate buffered saline solution to form a gel. Teeth were divided into four groups. Biowhiten In-office 40% n-HP (Group B), Opalescence Boost 40% PF (Group O), Biowhiten In office 40% +n-HA gel (Group Bn), Opalescence Boost 40% PF+ n-HA gel (Group On). Color, surface microhardness and surface roughness (Ra) measurements were done before, after and 1 week after bleaching from the tooth surfaces. SEM/EDS analysis and elemental mapping analysis of three samples from each group were performed. Ca/P ratios of enamel surfaces were evaluated. For surface microhardness and surface roughness results, analysis of variance test was used and Bonferroni test was used for pairwise comparisons. Welch ANOVA test was used to analyse the data of color change (ΔE). Significance was determined at the $p < 0.05$ level.

There were no differences between the color changes, microhardness and roughness values of groups that was measured immediately, after bleaching and 1 week after bleaching ($p > 0.05$). Visible color change was detected in all groups after bleaching treatment ($p < 0.05$). There were no differences between the treatment groups in terms of color change ($p > 0.05$). When the test groups were compared after bleaching, highest Ra value was observed in Group O ($p < 0.05$). Group On showed statistically lower Ra value than Group O ($p < 0.05$). Microhardness values were decreased immediately after bleaching in all groups ($p < 0.05$). Group O showed the lowest microhardness value after bleaching ($p < 0.05$). Group Bn showed statistically higher microhardness value than Group B ($p < 0.05$). Group On showed a statistically higher microhardness value than Group O ($p < 0.05$). As a result of SEM images, the roughest and most irregular surface was seen in Group O. Enamel surfaces were seen more regular, smooth and non-homogeneous particle deposition was determined in Group On, Group Bn, and Group B. As a result of EDS analysis, the lowest Ca/P value was observed in Group O. After n-HA application, an increase was observed in the Ca/P ratio of the enamel surface.

In conclusion, Opalescence Boost PF 40% HP vital whitening agent caused the highest surface roughness and the lowest microhardness value on the tooth surface. In SEM EDX analysis, the lowest Ca/P ratio observed in this group supports microhardness and surface roughness data. It was observed that after applying Biowhiten In-Office

40% n-HP to the enamel surfaces, higher Ca/P was observed and a smoother surface was created.. The use of experimental n-HA gel with chitosan applied after the bleaching agent increased the Ca/P ratio on the enamel surface and it had a positive effect on the surface microhardness and roughness. It was concluded that the use of experimental n-HA gel gave positive results to the physical and morphological properties of the tooth surface without any negative effects on the whitening effectiveness.

Keywords: Whitening, hydrogen peroxide, nanohydroxyapatite, microhardness, roughness, calcium.



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Diş estetiği birçok hasta için büyük önem taşımaktadır. Diş beyazlatma da dahil olmak üzere estetik diş hekimliğine yönelik tedavi talepleri son yıllarda artmıştır. Bunun nedeni, diş renginin gülümsemenin çekiciliğinde önemli bir faktör olmasındandır. Beyazlatma tedavisi, restoratif tedavi yöntemleri ile karşılaştırıldığında renklenmiş dişler için en konservatif tedavi yöntemidir[1].

Çay, kırmızı şarap, bazı ilaçlar, demir tuzları, tütün ve gıdalar gibi maddelerin mine yüzeyine ve özellikle pelikül yüzeyine emilmesiyle ilişkili renk değişiklikleri dışsal kaynaklı olup[2]; tetrasiklin, amelogenesis ve dentinogenesis imperfekta, hipoplazi, eritroblastozis fetalis ve porfiride ise diş renginin mine ve dentinin ışık saçılımı ve absorpsiyon özellikleriyle ilişkili içsel kaynaklı renk değişikliklerine yol açarlar[3]. Yaşlanma ile birlikte dişlerde mine tabakasının incilmesi ile, koyu, opak dentin kombinasyonu, daha yaşlı görünen, daha koyu bir diş rengi oluşturur [4]. Hekim, renk değişikliğinin türünü tanımlamalı, nedenini teşhis etmeli ve ardından uygun tedavi planına karar vermelidir. Diş lekelerin çoğu kapsamlı bir diş temizliği ile giderilebilirken, içsel renk bozulmasını ve dirençli renk bozulmasını düzeltmek veya en azından azaltmak için, kromoforların çift bağlarını doğrudan kıran oksitleyici maddelerin uygulanması gereklidir [5]. Beyazlatma olarak adlandırılan bu prosedür, görünür ışıktan kısa dalga boyuna sahip ışığı emen daha küçük moleküller üretir ve bu nedenle dişler artık renkli görünmez [6, 7].

Beyazlatma tedavisi dişin canlılığına bağlı olarak vital ve devital beyazlatma tedavileri olarak ikiye ayrılır. Vital beyazlatma tedavisi diş hekimi tarafından, ofis ortamında yüksek konsantrasyonda (%25-%40) hidrojen peroksit (HP) veya karbamiit peroksit (CP) içeren ajanlar kullanılarak yapılabildiği gibi, daha düşük konsantrasyonda (%3-%7) hidrojen peroksit veya (%6-%20) karbamiit peroksit kullanılarak, hekim kontrolü altında hasta tarafından ev ortamında da uygulanabilir[8]. Beyazlatma ajanlarının diş sert ve yumuşak dokuları üzerine etkileri konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Literatürde beyazlatma tedavisinin mine yüzeyine etkilerinin incelendiği çalışmalarda; artan pörözite, demineralizasyon, protein

konsantrasyonunda azalma, kalsiyum kaybı ve Ca/P oranında değişim gibi etkiler bildirilmiştir[9-12]. Kawamoto ve Tsujimoto'ya göre diş beyazlatma etkinliğinden HP'in parçalanması sonucu açığa çıkan OH radikali sorumludur. Beyazlatma ajanlarının peritübüler ve intertübüler dentini etkileyerek organik kısmı çözüp, sertliği ve elastik modülü azalttığını belirtmişlerdir[13]. Rotstein ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, Ca/P oranının %10 karbomit peroksit ve %30 hidrojen peroksitle yapılan beyazlatmada önemli derecede azaldığı belirtilmiştir[14]. Vital diş beyazlatmanın etkinliği, beyazlatıcı ajanın konsantrasyonu, pH'si, uygulama süresi, kimyasal katkıları ve kullanılan yeniden mineralize edici maddeler gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu beyazlatma maddelerinin etkileri mineral kaybı, demineralizasyon derecesi ve diş yüzeyi morfolojisindeki değişiklikler açısından incelendiğinde, tedavinin olumsuz sonuçlarını azaltmak için, beyazlatma ajanlarının içerisine birtakım remineralize edici ajanlar eklenmiştir. Ayrıca bu remineralize edici ajanlar, beyazlatma tedavisinden sonra diş yüzeyine uygulanarak birtakım yararlı sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Günümüzde nano katkı maddeleri ve alternatif taşıyıcı sistemler gibi yeni beyazlatma ürünleri ve teknolojileri geliştirilmektedir. Bu ürün ve teknolojiler; beyazlatma reaksiyonunu hızlandırarak diş minesinin yapısal hasarını en aza indirerek beyazlatma faydalarını en üst düzeye çıkarmada etkili olabilir. Diş beyazlatma sonrası mine yüzeyinde oluşan olumsuz etkilerin tedavisinde florür, potasyum nitrat, amorf kalsiyum fosfat (ACP), kitosan ve hidroksiapatit gibi remineralize edici ajanlar kullanılabilir.

Bu tez çalışmasında, iki farklı vital beyazlatma ajanı kullanımı sonrası uygulanan deneysel nanohidroksiapatit jelin mine yüzeyinde oluşturduğu fiziksel ve morfolojik değişimlerin incelenmesi amaçlandı. Çalışma sonrası elde edilecek bulguların, beyazlatma ajanlarının ve üzerine uygulanan remineralize edici ajanların geliştirilmesine katkı sağlayacağı umut edilmektedir.

Bu tez çalışmasının sıfır hipotezi;

- 1) Farklı vital beyazlatma ajanlarının mine yüzeyinde benzer fiziksel ve morfolojik değişimlere neden olacaktır.
- 2) Vital beyazlatma ajanı kullanımı sonrası uygulanan deneysel nanohidroksiapatit jel, mine yüzeyinde fiziksel ve morfolojik açıdan değişime neden olmayacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Diş Rengi ve Rengin Algılanması

Günümüzde estetik görünüme artan ilgiye bağlı olarak, diş hekimliği alanında estetik uygulamalara duyulan ihtiyaç artmaya başlamıştır. Diş rengi estetik bir görünüm için en önemli kriterlerden biridir. Renksiz, sarı veya lekeli dişler, gülümsemeyi estetik olmayan bir hale getirebilir. Bu nedenle renk, diş hekimliğindeki estetik kompleksin önemli bir bileşenidir.

Renk, görünür ışık tarafından gözde üretilen ve beyin tarafından yorumlanan psikofiziksel bir duyumdur. Renk üç bileşen gerektirir: ışık kaynağı, nesne ve gözlemci. Işık kaynağı çeşitli dalga boylarında radiant enerji yayabilir ve bu görünen spektrum her bir dalga boyunda yayılan enerjinin miktarıyla karakterizedir. Her bir ışık kaynağı çeşitli dalga boylarında ışık üretebildiğinden objeyi aydınlatan ışık kaynağı rengin algılanmasını etkiler.

Diş renginin algılanması kompleks bir olgudur ve gözlemlenen dişin içeriği, gözlemcinin ortama adaptasyonu, dişin ışığı absorbe etmesi ve yansıtması, odadaki ışığın tipini kapsayan bir çok faktörden etkilenebilir. Diş dokularında ışığın dağılması ve absorpsiyonu, minenin mineral içeriği, minenin kalınlığı, dentinin rengi, dış ve iç kökenli renklenmelerin varlığından etkilenir.

2.1.1 Munsell renk sistemi

Renklerin belirlenmesi ve karşılaştırılmasında sorunlarla karşılaşmaktadır. Rengin algılanması subjektif olduğu için diş rengini tanımlamak zorlaşmaktadır. Renk skalaları, dişten renk seçimi konusunda hekimlere yardımcı olmak için geliştirilmiştir. Munsell renk sistemi renkleri üç boyutlu olarak algılar ve gösterir. Sistemde renkler hue, value ve chroma terimleri ile açıklanabilir [15].

Hue (ton), bir rengin, örneğin kırmızı, mavi ve yeşil gibi farklı renk tipleri arasında ayırım yapılmasını sağlayan özelliğidir. Yaşlandıkça, yiyecek ve içecekler, dış ve iç renklenmeler, sigara gibi etkenlerle dişlerde değişiklikler görülmektedir [16].

Value (parlaklık), saf siyahtan saf beyaza kadar değişen bir rengin açıklığını gösterir. Rengin gri skalası üzerindeki yerini tarif eder. Açık renklere ait value değerleri yüksek, koyu renklere ait value değerleri ise düşüktür. Renk seçimindeki en önemli faktördür.

Chroma (yoğunluk), renk doygunluğunun derecesidir ve bir rengin gücünü, yoğunluğunu veya canlılığını tanımlar. Yaşla birlikte dişlerin chroması genellikle artmaktadır.

2.1.2 CIELab renk sistemi

Rengin sayısal olarak ifade edilmesi amacıyla kullanılan diğer yöntem ise, ışık ve renk konularıyla ilgilenen ve uluslararası bir kuruluş olan “Commission Internationale de l’Elairage (CIE) tarafından geliştirilmiştir. 1976 yılında bugün yaygın olarak kullanılan CIEL*a*b* renk sistemi oluşturulmuştur [16].

Bu üç boyutlu renk sisteminde renkleri tanımlayan L*, a* ve b* parametreleri bulunmaktadır. L* eksenini, rengin açıklık ve koyuluk koordinatlarını verir. Siyah rengin L* değeri 0, beyaz rengin L* değeri ise 100’dür [17].

a* eksenini kırmızılık (pozitif a*) veya yeşillik (negatif a*), b* eksenini ise sarılık (pozitif b*) veya mavilik (negatif b*) olarak rengin yoğunluk (chroma) ölçüsünü vermektedir[18]. Nötr renklerde a* ve b* değerleri sıfıra yaklaşırken, renk yoğunlaştıkça bu değerlerin arttığı görülmektedir.

CIEL*a*b* sisteminde ΔE değeri, iki cisim arasında algılanan renk farklılığının derecesini gösteren sayısal bir değerdir. Aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\Delta E_{2-1} = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2} = [(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2]^{1/2} \Delta E$$

Formülde yer alan L1, a1 ve b1 ilk ölçüm değeri iken L2, a2 ve b2 ise ikinci ölçüm değeridir.

2.2 Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Ölçüm Yöntemleri

Diş hekimliğinde diş ve materyallerden spektrofotometre, kolorimetre, dijital kameralar ve görsel olarak renk skalaları ile yapılır.

Spektrofotometreler, görünür spektrum boyunca 1-25 nm aralıklarla bir nesneden yansıyan ışık enerjisi miktarını ölçer ve ölçülen spektral yansımaları renk koordinatlarına (CIE XYZ, CIELAB veya CIELCH) ve çeşitli değerlere dönüştürebilir. Rengin translusensliği, yansıması ve absorpsiyon düzeyi hakkında bilgi veren

fotometrik cihazlar olup renk analizlerinde sıklıkla tercih edilirler[19]. Bu cihazlar diş hekimliğinde kullanılmak üzere üretilmiştir ve metamerizmden etkilenmezler. Kullanımının kolay, tekrarlanabilir, hızlı ve objektif olması gibi avantajları bulunmaktadır. Klinik uygulamalar için farklı tasarımlara, yazılımlara ve veri çıktılarına sahip çeşitli ticari spektrofotometreler mevcuttur. CrystalEye (Olympus, ABD), Vita Easyshade Advance 4.0 (Vita Zahnfabrik, Almanya), Shade-X (XRite Grandville, ABD), SpectroShade Micro (MHT, İsviçre) gibi piyasada bulunan spektrofotometre örneklerindedir[20]. Vita Easyshade (Vita Zahnfabrik) bu spektrofotometreler arasında en az hata payı ile renk belirlemesi nedeniyle güvenilir bir aygıttır[21, 22]. Kanawati ve arkadaşları; yaptıkları in vivo çalışmada, Vita Easy Shade'in kullanımı ile renk analizinde %85'lik doğruluk oranı olduğunu ortaya koymuşlardır[23].

Kolorimetreler; insan gözünün yapısını taklit ederek, bir nesneden yansıyan ışığı görünür spektrumun kırmızı, yeşil ve mavi alanlarına filtreleyerek ortaya çıkan değerleri(CIE XYZ) ölçer ve tipik olarak bunları CIELAB değerlerine dönüştürür.[24] Genel olarak, kolorimetrelerin güvenilir olduğu, iyi bir tekrarlanabilirliğe sahip olduğu düşünülmektedir[25, 26]. Spektrofotometre cihazlarına göre daha uygun maliyetli olan bu cihazların bazı dezavantajları bulunmaktadır. Düz yüzeylerde eğimli yüzeylere oranla daha iyi sonuç vermektedirler. Cihazın konumu ve açısı, diş dokuların da meydana gelen anomaliler gibi sebepler ile kolorimetre ile yapılan renk ölçümleri değişken sonuçlar verebilir. Pusateri ve arkadaşları; farklı renk ölçüm cihazlarını güvenilirlik ve tekrarlanabilirlik olarak karşılaştırdıkları çalışmanın sonucunda spektrofotometrelerin (Shade Vision and Vita Easy Shade), kolorimetrelere göre daha güvenilir ve kesin sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir[27]. ShadeVision (X-Rite Grandville, ABD), ShadeEye (Shofu, Dental 38 GmbH, Almanya), Minolta CR-321 (Konica Minolta, Japonya) ve Cynovad Shade Scan (Cynovad, Kanada) piyasada bulunan belli başlı kolorimetrelere örnek olarak gösterilebilir.

Başka bir renk ölçüm yöntemi de dijital görüntüleme kullanmaktır. Dijital kameralar, ortamı ışığa duyarlı bir malzemeye kaydeder ve her piksel için kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) değerlerle temsil edilen görüntüler çıkarır[28]. Diş hekimliğinde renk eşleştirme ve teknisyen ile iletişim için dijital görüntüleme kullanımına olan ilgi artmaktadır. Tüm diş yüzeyini temassız olarak değerlendirmesi, görüntülerin

kaydedilebilir olması, yüzey özelliklerinden etkilenmemesi, hızlı ve kolay ulaşılabilir olması dijital kameraların avantajları olarak kabul edilebilir.

Diş hekimliğinde renk belirlenmesinde en sık kullanılan yöntemlerden biri ise, diş renginin, renk skalaları ile görsel olarak karşılaştırılması yöntemidir[29]. Bu yöntemde diş ve skala aynı ışık kaynağı altında karşılaştırılır ve göze en yakın gelen renk subjektif olarak seçilir. Işık kaynağı, tecrübe, yaş, insan gözünün yanılabilirliği ve fizyolojik etkenler (renk körlüğü) gibi değişkenler bu sistemin dezavantajlarıdır. Klinik olarak en sık kullanılan skalalar; Vitapan Classic (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya), Vita 3D Master (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) renk skalalarıdır.

2.3 Diş Renklenmeleri

Diş rengi, büyük ölçüde gelen ışığın diş yüzeyi tarafından nasıl emildiğine veya yansıtıldığına bağlıdır. Diş minesinin rengi, kalınlığı, alttan yansıyan dentinin renk tonu ve yaşlanma gibi fiziksel faktörler dişin görünen rengini etkileyebilir. Diş minesi genellikle mavimsi-beyaz, sarı ve gri-beyaz tonlar arasında değişen görünümündedir. Mine saydamlaştıkça altta kalan dentin dokusunu yansıtacağından daha sarı gözükürken, kalın opak mine yapısına sahip dişler daha gri-beyaz görünürler. Mine dokusu servikalden insizale doğru kalınlaşmaktadır. Bu nedenle servikal bölge daha sarı tonlarında iken insizal bölge daha mavi-beyaz renkte görünür. Fiziksel yaşlanmaya bağlı olarak minenin aşınması, sklerotik dentin oluşumu ve pulpal kalsifikasyonlar sonucu dişin rengi değişebilir. Bu nedenle, dişin dış veya iç yapısındaki herhangi bir hasar, diş görünümünde bir değişikliğe neden olabilir. Renklenmeye neden olan etkeni bilmek tedavinin seyri açısından önemlidir. Genel olarak diş lekeleri, iç ve dış renklenmeler olarak ikiye ayrılır.

2.3.1 İçsel renklenmeler

İçsel diş rengi, mine ve dentinin ışık saçılımı ve absorpsiyon özellikleri ile ilişkilidir. Bu tür bir renk değişikliği, diş gelişimi sırasında veya sürme sonrasında dentin dokularının yapısal bileşiminde veya kalınlığında bir değişiklik meydana geldiğinde ortaya çıkar. Diş sürmesinden önce ve sonra oluşan renklenmeler olarak ikiye ayrılır.

a) Diş sürmesinden önce oluşan renklenmeler;

Fenilketonuri

Amelogenesis imperfekta

Dentinogenesis imperfekta

Endemik Florozis

Eritroblastozis fetalis

Porfiriya

Orak hücreli anemi

Talasemi

Tetrasiklin renklenmeleri

b) Diş sürmesinden sonra oluşan renklenmeler ise;

Yaşlanma

Dental metaller

Yiyecek, içecek, sigara gibi alışkanlıklar

İdiopatik pulpal renklenmeler

Alaşım içermeyen dental maddeler

Travmatik yaralanmalar gibi sebebler ile oluşmaktadır.

2.3.2 Dışsal renklenmeler

Dışsal renklenmeler; farklı bileşiklerin mine yüzeyine adsorpsiyonu ile ilişkilidir. Bu renklenmeler, dişe doğrudan yapışan kromojenik maddelerden kaynaklanır (direkt) veya başka bir diş yüzeyi elemanı ile dış bileşiklerin kimyasal etkileşimi (indirekt) sonucu oluşabilir.

Çay ve kahve gibi diyetle alınan, direkt renklenmeye sebep olan kromojenler pelikula tutunur ve kromojenlerin rengine bağlı olarak diş rengi değişime uğrar. Sigara ya da tütün çiğnemenin, ilaçların, baharatların, sebzeler ve kırmızı şarabın direkt renklenme oluşturduğu bilinmektedir.

İndirekt diş renklenmeleri metal tuzları ve katyonik antiseptiklerle ilişkilidir. Bu ajanlar renksizdir veya diğer bileşiklerle kimyasal etkileşimin sonucu olarak diş

yüzeyinde oluşan renklemelerden farklıdır. Klorheksidin, hexetidine, cetylpyridinium, klorid ve diğer ağız çalkalama solüsyonları gibi katyonik antiseptikler uzun süre kullanıldıklarında bu şekilde renklemeye sebep olur.

2.4 Diş Beyazlatma Tedavisi

Gülümseme estetiğine ilişkin artan ilgi, klinisyenleri ve bilim adamlarını, yalnızca kozmetik kazanç için uygulanan invaziv uygulamalara alternatif olarak diş beyazlatma gibi minimal invaziv tedavileri geliştirmeye ve uygulamaya yönlendirmiştir. Bu amaçla çeşitli beyazlatma ajanları ve yöntemleri geliştirilmiş olup, diş beyazlatma uygulamasının kimyasal süreci de yakından takip edilmiştir.

2.4.1 Diş beyazlatma tedavisinin kimyası

Renk oluşturan maddeler, 'kromofor' olarak adlandırılan çeşitli tek ve çift bağlar içeren uzun zincirli organik bileşiklerdir. Beyazlatma işlemi kromoforların kimyasal yapısının bozunması olarak tanımlanmaktadır. Kromoforlar, diş renginin bozulmasının nedenidir ve çift bağlı büyük organik bileşikler olarak ya da metalik içeren bileşikler olarak bulunabilirler. Beyazlatma ajanı tarafından salınan oksijen radikalleri, güçlü çift bağları kıran, kromojenik bileşiğin dengesini bozan ve sonuç olarak diş renklemesini azaltan bir oksitleyici süreç aracılığıyla organik kromojenlerle daha etkili bir şekilde reaksiyona girer[30].

Son zamanlarda beyazlatma ajanı olarak genellikle hidrojen peroksit ve karbamid peroksit içeren bileşikler kullanılmaktadır. Karbamid peroksit üre ve hidrojen peroksitten oluşan, su ile reaksiyona giren ve aktif bileşenlerine ayrılan kararlı bir yapısal komplekstir[31]. %10'luk karbamid peroksit solüsyonu diş yüzeyine uygulandığında %6.5 üre ve %3.5 hidrojen peroksite parçalanır ve her ikisi de dakikalar içinde dişin iç kısımlarına ulaşır [32]. Yapısal stabilitesi, hidrojen peroksite kıyasla daha stabil olduğu için salınım yapma ve beyazlatma süresi daha uzundur.

Hidrojen peroksit kokusuz, renksiz, berrak bir sıvıdır. Moleküler formül H_2O_2 'dir ve moleküler ağırlığı 34.0128'dir. Hidrojen peroksit suda tamamen çözünür ve konsantrasyonuna göre pH'ı değişen asidik bir çözelti verir. Yüzde 1'lik bir çözeltinin pH'ı 5.0-6.0'dır [33]. Hidrojen peroksit, düşük moleküler ağırlığı nedeniyle mine ve dentinin organik matrisi boyunca yayılır[34].

Hidrojen peroksidin beyazlatma reaksiyonunu açıklayan kimyasal teoriye göre, aktif hidrojen peroksit su (H_2O) ve oksijen'e (O_2) parçalanır ve kısa bir sürede perhydroxyl

serbest radikalleri oluşur. Serbest radikallerin oksidatif gücü büyük makromoleküler lekeleri küçük lekeli moleküllere parçalayabilir[35]. Diş beyazlatma işlemleriyle oluşan daha basit moleküller daha çok ışık yansıtabilir, bu da dişin görünümünü daha açık gösterir[4].

Beyazlatma ajanları, tek başına herhangi bir aktivasyon aşaması olmadan uygulanabilen veya ışık, kimyasal karıştırma veya her ikisinin kombinasyonu ile aktivasyon gerektiren ürünler olabilir[36]. Diş beyazlatma ürünleri, aktif madde olarak hidrojen peroksit, taşıyıcı olarak gliserin, koyulaştırıcı madde olarak karbopol ve son olarak birtakım tatlandırıcı maddeler içerebilir[37]. Karbomit peroksitli ürünler karbopol içerirler. Karbopol dokuya adaptasyonu, bağlanmayı artıran ve yavaş oksijen salınımına sebep olan bir maddedir[38].

Beyazlatma işlemine devam edildikçe sadece hidrofilik renksiz yapıların kaldığı bir noktaya ulaşılır. Bu nokta materyalin saturasyon noktasıdır. Beyazlatma işlemine devam edilirse karbon içeren materyaller ve proteinlerin karbon bağları yıkılır ve minerde madde kaybı hızlanır. Bu yüzden hekim tedavinin sonlanma noktasını öngörmeli ve tedaviyi gerektiğinde sonlandırmalıdır. Gereğinden fazla beyazlatma tedavisi uygulanmış dişlerde madde kaybı sonucu oluşan matlaşma ve artmış porozite, beyazlatmayla kazandığımız sonucunu olumsuz etkileyerek, tedaviyi başladığımız noktaya çevirebilir[39].

2.4.2 Diş beyazlatma tedavisi endikasyonları

Beyazlatma, diş rengini iyileştirmek için rezin kompozit restorasyonlar, porselen kaplamalar veya kuronlar yerine uygulanabilen minimal invaziv bir yöntemdir. Hastalar, daha fazla invaziv tedaviye gerek kalmayacak şekilde beyazlatmanın sonuçlarından memnun olabilir [40]. Beyazlatma tedavisinin birincil endikasyonu, hastanın diş renginden, tüm dişlerden veya restorasyonlara komşu dişlerden memnun olmamasıdır. Bunun dışında;

Gelişimsel ya da sonradan oluşan lekeler,

Mine ve dentindeki lekeler,

Sarı-kahverengi lekeler,

Yaşlanmaya bağlı diş renklenmesi,

Beyaz ya da kahverengi florozis,

Hafif ve orta dereceli tetrasiklin renklenmeleri; beyazlatma tedavisi için endikedir.

2.4.3 Beyazlatma tedavisi kontrendikasyonları

Beyazlatma ajanına alerjisi veya hassasiyeti olan kişilerde,

Hamilelerde ve emziren kadınlarda,

Geniş pulpa odasına sahip genç dişlerde,

Koopere edilemeyen hastalarda,

Kötü ağız hijyenine sahip hastalar,

Yetersiz mine miktarı kalan geniş restorasyonlu dişlerde,

İnternal rezorpsiyona sahip dişlerde,

Kök yüzeyi açığa çıkmış dişlerde,

Gümüş, amalgam renklenmesine sahip dişlerde beyazlatma tedavisi kontrendikedir.

Aşırı duyarlı dişleri olan hastalar genellikle beyazlatma için uygun adaylar değildir, ancak duyarlılığın yönetimi dişlerinin başarılı bir şekilde beyazlatılmasına izin verebilir. Beyazlatma olağan koşullar altında bir miktar hassasiyet yaratma eğiliminde olduğu için, önceden diş hassasiyeti olan hastalar, geçici de olsa hassasiyet artışı olacağı konusunda uyarılmalıdır[41]. Erozyon, abrazyon, dişeti çekilmesi bulunan hastalarda beyazlatma tedavisi hassasiyeti arttıracığı için öncelikle bu dişlerin tedavisi tamamlanmalıdır. Temporomandibular eklem şikayeti olan hastalar, ev tipi beyazlatma için iyi adaylar olmayabilir veya plakları yalnızca gündüz, uyanık oldukları saatlerde takmaları gerekebilir. Dişlerin sadece bukkal yüzeylerini kaplayan özel bir plak tasarımı faydalı olabilir [42]. Ayrıca bruksizme sahip hastalar ev tipi beyazlatma işlemi için kullanılan plağı aşındırabilir, bu da ajanın ağız içi yumuşak dokulara zarar vermesine neden olabilir.

2.4.4 Diş beyazlatma tedavisi planlaması

Tedavinin seyrini ve süresini ve ayrıca olası sonucu daha iyi tahmin etmek için renk değişikliğinin nedenlerinin temel olarak anlaşılması gereklidir. Ev tipi veya ofis tipi beyazlatma tedavisinin uygulanması ağız içi muayene sonucu hastanın tercihine, mali durumuna ve tedavi protokolüne uyma yeteneği ve isteğine bağlıdır. Beyazlatma işlemi öncesi hastanın ağız içi durumu değerlendirilirken göz önüne alınması gereken bazı kriterler vardır[43]. Bu kriterler şunlardır;

- Ağız içi yumuşak ve sert doku muayenesi (kansere, periodontal problemler, çekilme vb.)
- Radyografiler (periapikal patoloji, rezorpsiyon ve tek koyu renkli dişleri değerlendirmek için)
- Diş renk değişikliğinin nedeninin ve yerinin teşhisi
- Estetik restorasyonların tanımlanması
- Açıkta kalan köklerin, görünür beyaz noktaların, çatlakların, diş veya diş eti kusurlarının değerlendirilmesi;
- Genel estetik/yüz analizi; diğer cihazlar; ve yaşam tarzı sorunları
- Dental hassasiyet geçmişi ve muayenesi
- Okluzal ve TME muayenesi

Herhangi bir beyazlatma işlemine başlamadan önce dişlerin radyografisinin çekimi önerilir. Uygun bir muayeneden sonra renk değişikliğinin nedeni teşhis edilir ve tedavi planı geliştirilir.

2.5 Güncel Beyazlatma Teknikleri

Genel olarak, beyazlatma ilk önce endodontik olarak tedavi edilmiş dişler veya canlı dişler için tedavi olarak kategorize edilebilir. Ayrıca, endodontik tedavi görmüş dişler muayenehaneye içi, muayenehaneye dışında veya her ikisi birlikte muayenehaneye içinde ve muayenehaneye dışında beyazlatılabilir.

Güncel olarak canlı dişler için uygulanan üç tip beyazlatma tedavisi mevcuttur. Bunlar ofis içi beyazlatma, evde beyazlatma ve reçetesiz satılan ürünlerdir. Muayenehanede yapılan beyazlatma uygulaması en eski ve en çok tercih edilen yöntemdir ve ısı, ışık ile kombine edilmesi gerekebilir. Evde yapılan beyazlatma, evde uygulanan daha düşük konsantrasyonda peroksitin diş muayenehanesinde üretilen bir plak içine uygulanmasını içerir. Üçüncü tip beyazlatma, diş hekiminin herhangi bir muayenesi, yönlendirmesi veya talimatı olmaksızın tamamen tüketici tarafından yönetilen tezgahüstü (OTC) ürünleri içerir.

2.5.1 Vital beyazlatma teknikleri

2.5.1.1 Ofis tipi vital beyazlatma tekniği

Ofis tipi beyazlatma yalnızca bir diş hekiminin doğrudan gözetimi ve yönlendirmesi altında yapılan bir uygulamadır. Genellikle ofis içi ürünlerde kullanılan yüksek hidrojen peroksit konsantrasyonu (%30-38) yüksek serbest oksijen radikallerini serbest bırakmak için daha az zaman gerektirir, bu nedenle beyazlatma prosedürünü takiben anında diş yüzeyindeki sonuçlar görülür. Vital dişlerin muayenehanede beyazlatılmasında genellikle doğrudan dişlerin üzerine yerleştirilen hidrojen peroksit solüsyonu kullanılır ve peroksit salınımını artırmak için ışık ve/veya ısı uygulamasını içerebilir.

Literatüre göre, çoklu beyazlatma döngülerinden sonra diş rengini 5-8 ton daha açık hale getirmek, 9 ila 24 aya kadar kalıcı sonuçlar elde etmek mümkündür [44, 45]. Hidrojen peroksit konsantrasyonunun çok yüksek ve malzemenin kostik olmasından dolayı, yaralanmayı önlemek için yumuşak dokular çok iyi korunmalıdır. Yumuşak dokuların izolasyonu bir diş eti bariyeri ürünü ile yapılır. Ayrıca, yüksek konsantrasyonlarda oksidan ajanlara karşı gözlük hem hasta hem de diş hekimi tarafından kullanılmalıdır. Bazı durumlarda, tedavi, ek güvenlik önlemlerini içerebilen ısı veya ışık kullanan bir aktivasyon aşaması gerektirebilir. Sonuçlar, 30 veya 60 dakikalık bir uygulamadan sonra ortaya çıkabilir, ancak optimum bir beyazlatma etkisi elde etmek için birkaç uygulama gerektirmektedir. Bununla birlikte, muayenehane içi beyazlatma sistemlerinin yüksek maliyet, klinikte bekleme süresi, bu prosedürleri ev tipi beyazlatma sistemleriyle birleştirme ihtiyacı ve dişte aşırı hassasiyet gibi istenmeyen etkilerin ortaya çıkması gibi dezavantajları da vardır[46, 47].

Genellikle ofis içi tedavi tamamlandıktan sonra evde beyazlatma tedavileri önerilmektedir. Ofis tipi beyazlatma tedavisi uygulanırken dikkat edilmesi gereken kurallar vardır. Hasta, tedavi seçimini yapmadan önce tüm beyazlatma seçenekleri hakkında tam olarak bilgilendirilmelidir. Tedavinin birkaç seans tekrarlanabileceği ve ev tipi beyazlatma sistemleri ile desteklenebileceği konusunda bilgi verilmelidir. Muayenehane içi beyazlatmada, beyazlatma etkisinin bir kısmı, izolasyon tekniğinden dolayı dişlerin dehidrasyonundan kaynaklanan geçici bir durumdur.

Rubberdam izolasyonu kullanılarak yapılan beyazlatmanın etkileri, dişlerin stabil bir renk tonuna rehidre olmasını sağlamak için 1 ila 2 hafta sonra değerlendirilmelidir.

Ortalama üç seans olmak üzere bir ila altı ofis içi beyazlatma seansı önerilmektedir. Işıkla polimerize edilmiş rezin malzeme, hedef dişleri çevreleyen diş eti dokularına enjekte edilir ve ardından kolayca çıkarılabilen esnek bir koruyucu bariyer oluşturmak üzere ışıkla sertleştirilir. Dudakları ve dili korumak için pamuklu rulolar ve yanak retraktörleri gerekebilir. Beyazlatma işlemi sırasında anestezi uygulamasından kaçınılmalıdır. Herhangi bir hassasiyet durumunda hasta bu rahatsızlığını fark etmeli ve hekime iletmelidir. Böylece tedavinin sonlandırılması gerekip gerekmediğine karar verilebilir. Hasta diş eti dokularında bir karıncalanma bildirirse, peroksidi nötralize etmek ve ciddi doku yanıklarını önlemek için prosedür derhal durdurulmalı, bariyer kaldırılmalı ve dokular su ile durulanmalıdır. Hastaya herhangi bir diş hassasiyeti olup olmadığı sorulmalıdır. Rahatsızlığın gelişmesi, randevu sayısındaki en önemli sınırlamadır. Sonraki tedavi için randevular, hassasiyeti azaltmak için 1 hafta arayla planlanır[48].

Işık kaynaklarının beyazlatma maddesinin daha hızlı salınmasını teşvik ederek hidrojen peroksidin etkisini arttırmak için güçlü bir enerji kaynağı sağladıkları iddia edilmektedir. Bazı beyazlatma ajanları iki adet şişeden veya şırıngadan oluşur. Biri hidrojen peroksit, diğeri ise pH düzenleyici içerir. Diş beyazlatma işleminde iki bileşen karıştırılır ve homojen şekilde karıştırılan jel diş yüzeyine uygulanır[49]. Bu tedavilerde beyazlatma ajanının reaksiyonunu hızlandırmak için ışık kaynakları kullanılır. Bu kaynaklar halojen ışık, plazma ark, ışık yayan diyotlar(LED), lazer gibi ışık kaynakları olabilir[50]. Bazı beyazlatma ürünleri, ışık emilimini arttıran spesifik bileşenlerle karıştırılır. Genellikle de karotenler kullanılır, çünkü karotenlerin kırmızı renkleri mavi ışık emilimini artırır. Işık kaynağı tarafından üretilen ısı, beyazlatma ajanında hidrojen peroksitin sıcaklığını yükselterek, serbest radikaller oluşturur ve bu radikaller oksijenin ayrışma hızını arttırarak beyazlatma mekanizmasına etki eder. Bu tekniğe 'power bleaching' adı verilir. Yapılan güncel çalışmalar, ışıkla aktive olan ajanların kullanımının dental beyazlatmanın etkinliğinde bir fark olmadığını göstermiştir[51][52]. Ayrıca literatürde ışık kaynağı kullanımı sonucu yüksek şiddette hassasiyet görülebileceğini gösteren çalışmalar da mevcuttur [53].

Lazer kullanımının güvenliği konusunda bazı endişeler dile getirilmiştir. Sert dokular üzerindeki etkiler, kullanılan lazer tipine ve maruz kalma süresine bağlıdır. Ulaşılan sıcaklık seviyesi de kullanılan lazer tipinin bir ürünüdür [54]. Uygun şekilde kullanılan

argon lazer, pulpada çok az sıcaklık artışı oluştururken, diyet lazer pulpa dokusu için zararlı olan yüksek sıcaklıklar üretebilir [50, 55]. ADA beyazlatma için CO2 lazer kullanımını önermemektedir [56]. Bugüne kadar yapılan lazer beyazlatma çalışmaları, diğer ofis içi tekniklerden daha iyi sonuçlar göstermemiştir [57].

Beyazlatma uygulamasının popülerleşmesiyle yeni ürünler ve teknolojiler geliştirilmeye devam etmektedir. Yakın zamanda tanıtılmış bir teknikte beyazlatma işlemi beyazlatma ajanı kullanılmadan mor dalga boylu (yaklaşık 405-410 nm) bir cihaz ile gerçekleştirilmektedir. Mor ışığın emisyon bandı, pigmentli moleküllerin absorpsiyon zirvesi ile çakışır, seçici olarak etkileşime girer ve onları daha küçük ve renksiz moleküllere ayırır. Bu tekniğinin beyazlatıcı ajan ile yapılan geleneksel teknikten farkı, kimyasal reaksiyon olmadığı için potansiyel hassasiyet riskinin de olmayacağı düşüncesidir [58]. Bununla birlikte bu tekniğin beyazlatmaya olan etkisi ve yan etkileri konusundaki çalışmalar yetersizdir.

2.5.1.2 Ev tipi vital beyazlatma tekniği

Bu uygulama bazı diş hekimleri tarafından diş beyazlatmada altın standart olarak kabul edilmektedir. Daha az yan etkiye neden olduğu için hastalar tarafından kendi kendine uygulama ve daha uygun maliyeti ile beyazlatma tedavilerinde alternatif sunmaktadır [59]. Evde beyazlatma, uygun bir diş ve tıbbi öykü, klinik muayene, tedavi edilecek dişlerin radyografileri ve plak yapımı için ölçüler gerektirir. Bu tedavide temelde %10 karbamid peroksit içeren beyazlatma ajanlarının ağız plakları içerisinde 6-8 saat arasında değişen sürelerde 2-6 hafta kullanılması esastır [8]. Bu beyazlatma tekniği için genellikle %10-15 karbamid peroksit tavsiye edilmektedir. Beyazlatma materyalleri şeffaf jel veya beyaz pat şeklinde olabilir. Karbopol içeren beyazlatma materyalleri viskoziteyi artırdıkları ve oksidasyon sürecini uzattıkları için tercih edilmektedir. Daha yakın zamanlarda, günlük kullanım için hazır olarak hidrojen peroksit içeren plak ürünleri piyasaya sürülmüştür. Bu ürünler bir plak içinde uygulanabilir ve konsantrasyonları %7,5 ila %9,5 hidrojen peroksit içerirler. Sadece 30 ila 60 dakika aktiftirler [60]. Karbamid peroksit 10 saate kadar aktiftir ve aktif maddenin yaklaşık %50'si ilk 2 saatte tüketilir[61]. Evde beyazlatma, sıklıkla tavsiye edilmesine rağmen, hastalar tedavinin sonuçlarını görmek için 2 ya da 3 hafta beklemek istememeleri ya da beyazlatma plaklarını kullanmak istememelerinden dolayı bu tekniğe adapte olamayıp tedavinin olumlu etkilerini göremeyebilirler[62].

2.5.1.3 Tezgah üstü (OTC) beyazlatma tedavileri (Hekim gözetimi olmadan uygulanan beyazlatma tedavileri)

Diş hekiminin tavsiyesi ve kontrolü olmadan hastanın eczane ve marketlerden satın alıp kullandığı materyaller vardır. Bunlar diş yapışan strip bantlar, ağız gargaraları, diş macunları ve dişlere cila şeklinde sürülen sistemlerden oluşmaktadır. Bu materyaller düşük oranlarda (%3-6) beyazlatıcı ajan içerirler genellikle günde 2 kez 2 hafta kullanılmaları tavsiye edilmektedir[63, 64]. Diş beyazlatma stripleri 14-21 gün süreyle, günde 30 dakika iki seans şeklinde uygulanır ve %6-6.5 hidrojen peroksit içermektedirler. Striplerin bazı hastalar için hedef dişlere uyum sağlaması özellikle dişlerin dizilişi düzgün değil ise zor olabilir.

Fırça ile uygulanan karbomit peroksit içerikli jeller günde 2 defa uygulanır. Diş beyazlatma ürünlerini satan firmalar tarafından tavsiye edilen beyazlatma plakları dişlerin bukkal kısmında belli oranda beyazlatıcı materyalin saklanmasına izin verecek şekilde tasarlanmışlardır[65].

Beyazlatıcı diş macunları son dönemde kullanılan popüler ürünlerdir. Monteiro'ya göre, diş lekeleri çıkarmanın etkinliği, beyazlatıcı diş macununun içindeki minerallerin fiziksel özelliklerine göre belirlenir[66]. Beyazlatıcı diş macunları diş lekeleri kimyasal olarak beyazlatır ve/veya aşındırarak çıkarır[63]. Florür gibi diş macunlarının standart bileşenlerinin yanı sıra, aktif beyazlatıcı maddeler arasında mineyi kimyasal olarak beyazlatan HP, CP veya sodyum sitrat ve lekeleri aşındırıcı bir şekilde çıkarmak için silika, kalsiyum karbonat veya alümina bulunur[67].

OTC sistemlerinin kullanımı kolay ve tamamen güvenlidir; ancak, profesyonel olarak reçete edilen ürünlere ve muayenehane tedavilerine kıyasla düşük bir beyazlatma potansiyeline sahiptirler. Bu nedenle OTC ürünlerin iyi sonuç alabilmesi için uzun süre kullanılması gerekmektedir. Kötü üretilmiş veya formüle edilmiş solüsyonların aşırı kullanımı diş yapısında erozyona sebep olabilir [68]. OTC sistemlerinin bir diğer dezavantajı da kişilerin diş renklenmeleri teşhis edilmeden kullanılmasıdır. Ayrım gözetmeksizin satın alınıp kullanılabilirdikleri için kullanımları uygunsuz olabilir [69].

Ayrıca, bir OTC ürününden kalan peroksitlerin kompozit rezin restorasyonların bağlanması üzerinde olumsuz etkileri olabilir [70]. Bu nedenle diş hekimleri, hastanın bir beyazlatma tedavisi kullanıp kullanmadığını ve bu tedavinin ne kadar yeni

olduğunu bilmelidir. Bu ürünler ofis tipi beyazlatma uygulamasının pekiştirilmesi amacıyla kullanıldığında daha kalıcı sonuçlar vermektedir.

2.5.2 Devital beyazlatma teknikleri

Endodontik olarak tedavi edilen dişler, özellikle travma veya endodontik tedavinin neden olduğu kan ürünlerinden veya yanlılıkla pulpa odasında bırakılan nekrotik dokudan kaynaklanan renklenmeye maruz kalabilir. Endodontik olarak tedavi edilen dişler internal, eksternal olarak veya her iki şekilde tedavi edilebilir.

2.5.2.1 İnternal devital beyazlatma tekniği

1800'lere dayanan bu beyazlatma yönteminde, iki teknikten biri kullanılarak pulpa odasına uygulanan %30 hidrojen peroksit kullanılmıştır. Biri, termokatalitik teknik olarak bilinen tam bir ofis içi tekniktir ve solüsyonun pulpa odasındaki etkisini arttırmak için 30 dakikalık bir süre boyunca birkaç kez uygulanan ısının kullanılmasını ve ardından solüsyonun durulanmasını içerir. ‘‘Walking-bleach’’ adı verilen diğer teknik ise, solüsyonun birkaç gün boyunca aktivasyonuna izin vermek için %30 hidrojen peroksit veya sodyum perboratın kavite içerisinde bırakılması ile gerçekleşmektedir. Hasta belirli aralıklar ile çağırılarak kontrol edilmiş, uygulama 1 ila 4 kez arası tekrarlanmıştır. İki tekniğinde eşit derecede etkili olduğu görülmüştür[71].

Bununla birlikte, yüksek hidrojen peroksit konsantrasyonunun yakıcı doğası ve rezorpsiyonun olası zararlı etkisi nedeniyle, yüksek konsantrasyonlarda hidrojen peroksit kullanan teknikler artık önerilmemektedir.

Walking bleach beyazlatma tekniğinin daha güvenilir uygulandığı bir diğer seçenek ise, distile su veya anestezi solüsyonun sodyum perborat ile karıştırılması veya %10 karbamid peroksit kullanımı ile olmaktadır. Günümüzde daha çok güvenirliliği ve artan pH'ı sebebi ile karbamid peroksit içeren ajanlar da kullanılmaktadır.

Endodontik tedavisi tamamlanmış veya eskiden endodontik tedavi görmüş asemptomatik, renklenmiş dişlerde en çok kullanılan prosedür internal devital beyazlatma uygulamasıdır. Beyazlatma tedavisi uygulanacak diş; asemptomatik olmalı klinik ve radyografik muayeneler ile kontrol edilmelidir. İnternal beyazlatma uygulamasında aşamalar şunlardır;

Dişin rengi belirlenir ve başlangıç fotoğrafları alınır. Tedavi uygulama aşamasında kanal giriş kavitesine benzer kavite açılarak, güta-perka seviyesi; mine-sement sınırının 2 mm altına kadar indirilir ve kanal ağzları genellikle rezin modifiye cam iyonomer ile kapatılır. Siman kalınlığının 2mm olması tercih edilir. Beyazlatma ajanı kavite yüzeyine kadar tüm dentin dokusuna temas edecek şekilde yerleştirilir. Üzerine pamuk konular, ağız içine sızdırmayacak şekilde kavite girişi geçici restorasyon ile kapatılır. Hasta 3 ila 5 gün arası randevu verilerek dişin rengi kontrol edilir. İstenilen renge ulaşıldığında (genellikle 1-3 seans arası) tedavi sonlandırılır ve kavite içerisine kalsiyum hidroksit yerleştirilerek 2 hafta bekletilir. Bu uygulama dişin rezorpsiyonunu önlemek için önerilmektedir.

Servikal rezorpsiyonu arttıran bazı risk faktörleri vardır. Bunlar, 25 yaş öncesi dişte vitalite kaybı oluşmuş ise genç bireylerde dentin geçirgenliğinin fazla olmasına bağlı olarak, mine-sement sınırında defekt varlığı, kanal ağzlarının tamamen kapatılmaması, periodontal dokularda yaralanma, başarısız endodontik tedavi, iltihap varlığı, yüksek konsantrasyonda hidrojen peroksit uygulanması, ısı uygulanması ve gereğinden fazla seans uygulanmasıdır.

2.5.2.2 Eksternal devital beyazlatma tekniği

Koyu renge sahip devital dişin ofis tipi ya da evde beyazlatma plağı kullanarak yan dişlere oranla daha fazla beyazlatma solüsyonuna maruz bırakılması tekniğine dayanır.

2.5.2.3 İnternal ve eksternal devital beyazlatma tekniğinin birlikte kullanımı

Uygulaması sınırlı olan diğer bir teknik ise içeriden ve dışarıdan beyazlatma tekniğidir. Evde kullanılan beyazlatma plağı tekniği ile birlikte Walking bleach beyazlatma tekniğinin birlikte uygulanmasını içerir. Güta-perkaların üstü kapatılarak kanal giriş kavitesi ağız içerisine açık bırakılır ve beyazlatma ajanının hem dışarıdan hem de içeriden dişe nüfus etmesi istenir. İç-dış beyazlatma adı verilen bu teknik oldukça etkilidir ve tedavi süresini %50'ye varan oranlarda azaltabilir[72, 73].

Bununla birlikte, sorumluluk sahibi ve solüsyonu intraoral olarak uygulayabilen hastalar için en uygun tekniktir. Bu teknik, hastanın endodontik giriş kavitesinin restorasyonu için kliniğe gelmemesi, bunun da çürüklere ve ihmal nedeniyle diş kaybına neden olabileceği endişesi nedeniyle günümüzde çok sık kullanılan bir teknik değildir.

2.6 Beyazlatmayı Etkileyen Faktörler

Beyazlatma işlemine başlanmadan önce birkaç faktörün dikkatlice değerlendirilmesi ve maksimum faydayı sağlamak için işlem sırasında kontrol edilmesi gerekir.

Yüzey temizliği; İçsel renklenmeyi dışsal renklenmeden ayırt etmek ve ajanın diş yüzeyi ile maksimum teması sağlamak için tüm yüzey birikintileri giderilmelidir. Bununla birlikte, profilaksi ile ilgili herhangi bir dişeti veya diş hassasiyetinin azalmasını sağlamak için diş profilaksisinden sonra beyazlatma birkaç gün ertelenmelidir. Nikotine bağlı oluşan renklenme dişin hem içsel hem dışsal renklenmesine neden olabilir. Bu amaçla önce dişlerin dışarıdan temizliği sağlanmalı bir süre sonra beyazlatma uygulaması yapılmalıdır.

Peroksit Konsantrasyonu; Peroksit konsantrasyonu ne kadar yüksek olursa, beyazlatma etkisi doğrusal olmasada, belirli bir noktaya kadar hızlı olur. Bir kere dişin maksimum renk değişim miktarına ulaşıldığında, ilave konsantrasyon sadece hassasiyete katkıda bulunur[74]. Bir başka değişle, konsantrasyon ne kadar yüksek olursa, hassasiyet şansı o kadar artar. Konsantrasyonlar %15 ila %50 arasında değişse de, ofis içi beyazlatma ajanları genellikle %35 hidrojen peroksit konsantrasyonlarında bulunmaktadır.

Sıcaklık; Beyazlatma solüsyonunun sıcaklığı ne kadar yüksek olursa, oksijen salınım hızı ve dolayısıyla kimyasal reaksiyon hızı da o kadar fazla olur. Ancak bu kimyasal reaksiyon hızı, diş rengi değişiminin hızını mutlaka değiştirmez. Diş rengi değişim oranı, beyazlatma için kullanılan materyalden çok dişe bağlıdır. Dişler farklı oranlarda renk değiştirir ve farklı bir beyazlığa doğru ilerler. Ek olarak, rahatsız edici bir seviyeye yükselen sıcaklıklar, diş hassasiyetine ve hatta geri dönüşü olmayan pulpa iltihabına neden olabilir [75]. Dişin aşırı ısınmasını önlemek için beyazlatma malzemeleri her zaman anestezi olmadan uygulanır.

pH; Piyasaya çıkan beyazlatma ürünlerinin çeşitliliği arttıkça, araştırmaların odak noktası çoğunlukla beyazlatıcı ajanların mine yüzeyi morfolojisi ve mekanik davranışı üzerindeki genel etkisi olmuştur ve peroksit pH'ın beyazlatma işlemi üzerindeki etkisi incelenmeye başlamıştır.

Hidrojen peroksitin raf ömrünü uzatmak için asidik pH elde edilmelidir, ancak hidrojen peroksitin oksidasyon etkisini göstermesi için gerekli pH değeri 9.5 ile 10.8 arasındadır. Beyazlatma maddesinin pH'ı, hem beyazlatmanın dişler üzerindeki

etkilerini hem de mevcut çürük durumunu etkileyebilir. Mine çürükleri, pH 5.5'in altına düştüğünde başlar; dentin çürüğü, pH 6.8'in altına düştüğünde başlar. ADA tarafından onaylanan çoğu karbamid peroksit malzemesinin pH'ı yaklaşık 7'dir [31].

Asitlerin diş minesi üzerindeki aşındırıcı etkileri geniş çapta incelenmiş olsa da, mineyi alkali maddelere maruz bırakmanın da eşit derecede yıkıcı olduğu kanıtlanmıştır. Alkali ürünler, mine yüzeylerini çevreleyen koruyucu ince zarın ana bileşeni olan organik maddeyi (protein) parçalar. Bu tür ürünler ayrıca mine mikro yapısında bulunan proteinleri ve her prizma içindeki mineral kristallerini birbirine bağlayan amelogenine etki eder [76].

Önemli ölçüde daha düşük pH'a sahip malzemeler, asidik yapıları nedeniyle diş yüzeyinde değişikliklere neden olabilir. Bununla birlikte, karbamid peroksit uygulandığında hızla hidrojen peroksit ve üreye parçalanır. Üre, ağız boşluğundaki pH'ı birkaç saat boyunca 8'in üzerine çıkarmaktan birincil derecede sorumludur. Bu nedenle, karbamid peroksit ile ağartma sırasında çürük aktivitesini geciktirme potansiyeli vardır.

Optimal bir beyazlatma pH arayışı, bilim adamlarını sodyum hidroksit veya hidroksiapatit ekleyerek nötr bir HP formüle etmeye yöneltmiştir. Bu formülasyonların asidik HP ile karşılaştırıldığında mine için önemli ölçüde daha az yıkıcı olduğu kanıtlanmıştır. Bu olumlu etkinin nedeni, HP ve mine arasındaki doğrudan teması azaltan ve böylece koruyucu bir tabaka oluşturan alkalın tuzun mine yüzeyine eşit şekilde yapışmasına bağlanmıştır [77].

Süre; Konsantrasyona ek olarak, beyazlatma derecesi, beyazlatıcı ajanın diş ile temas halinde olduğu süre ile doğrudan ilişkilidir. Temas ne kadar uzun olursa, o kadar fazla beyazlama meydana gelir (diş rengi değişiminin platosuna ulaşılanaya kadar); bununla birlikte, ağartma maddesi dişlerle ilk temasta ne kadar uzun süre kalırsa, diş hassasiyeti olasılığı o kadar artar[78].

2.7 Beyazlatma Tedavisinin Olası Yan Etkileri

Literatürde mine yüzeyine etkilerin incelendiği çalışmalarda uygulama miktarı ve şekline göre artan porozite, demineralizasyon, protein konsantrasyonunda azalma, organik matris yıkımı, kalsiyum kaybı ve Ca/P oranında değişim gibi etkiler bildirilmiştir [9-11].

2.7.1 Mine yüzey mikrosertliği

Diş beyazlatma ajanları, insan minesinin sertliği üzerinde bir dizi olumsuz etkiye neden olarak, onu deformasyona ve kırılmaya karşı daha duyarlı hale getirebilir[79]. Bu, minenin organik ve inorganik bileşenlerinin beyazlatıcı maddelere maruz kaldıklarında geçirdikleri oksidasyon süreci ile açıklanmaktadır. Bu oksidasyon süreci sonucu, gözeneklerin ve mikro çatlakların gelişmesiyle mine morfolojisinde değişiklikler meydana gelir ve sonuç olarak sertlikte bir azalmaya neden olur. pH değeri 3,2 olan %25'lik bir HP kullanılarak yapılan beyazlatmanın, pH değeri 6,7 olan %38'lik bir HP beyazlatma ürünü ile karşılaştırıldığında mine sertliğinde önemli ölçüde daha fazla düşüşe neden olduğu bildirilmiştir.[80]. Beyazlatma ajanlarının pH'ı, beyazlatma işlemi uygulanmış minenin sertliği üzerindeki etkisinin derecesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Asidik pH değerine sahip beyazlatma ajanları, nötr veya hafif alkali pH değerine sahip ürünlerle karşılaştırıldığında sertlikte daha fazla azalmaya neden olur[81].

Literatüre göre, beyazlatma sonrası meydana gelen mine sertliği değişiklikleri, kullanılan ışık aktivasyon kaynağının türünden bağımsızdır. Araujo ve diğerleri, kullanılan ışık türünden (LED, Halojen veya Argon Lazer) bağımsız olarak beyazlatma sonrası kaydedilen mine sertliği azalmasının %5,81 olduğunu belirlemiştir[82]. Beyazlatma sonrası mine mikrosertliğinde belirlenen değişimin, kullanılan beyazlatma ajanlarının konsantrasyonu ve pH'ı ile orantılı ve kullanılan aktivasyon kaynağının türünden bağımsız olduğu düşünülmektedir [59].

2.7.2 Mine yüzey pürüzlülüğü

Bir beyazlatma prosedürünün ardından karbamid peroksit veya hidrojen peroksitin parçalanmasıyla salınan bileşenler, minede gözenekler, oluklar ve çatlaklar oluşturarak mineyi pürüzlü hale getirebilir. Mine pürüzlülüğü, uygulanan beyazlatma jelinin konsantrasyonundan ve pH'ından etkilenir. 3.2 ve 10.8 arasında değişen çeşitli pH'lara sahip beyazlatma ürünlerini karşılaştıran bir dizi çalışma, beyazlatıcı ajan

konsantrasyonu arttıkça ve pH azaldıkça beyazlatılmış minede pürüzlülükte bir artış olduğunu ortaya koymuştur[77, 80, 83]. Beyazlatma ajanlarının içinde bulunan karbopol asidik ve iyonik bir yapıda olduğundan mine yüzeyinde pürüzlülüğün artışına neden olduğu görülmüştür [84].

Uygulanan beyazlatma ajanının konsantrasyonuna kıyasla uygulama süresinin de büyük bir etkisi olduğu bilinmektedir. Asidik olmayan beyazlatıcı ajanların düşük konsantrasyonlarda kısa bir süre için uygulanmasının beyazlatıcı ajanların zararlı yan etkilerini en aza indireceği düşünülmektedir [85, 86].

2.7.3 Mine yüzey morfolojisi

Beyazlatmanın dişin yapısı üzerindeki etkisi tartışılmaktadır. Son araştırmalar, düşük pH çözeltilerinin, yüzey minesinden algılanabilir bir kalsiyum kaybı ve yaklaşık 25 µm derinliğe kadar yüzey sertliğinde kayba neden olabileceğini göstermiştir [87, 88]. Bununla birlikte, bu kaybın önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Çünkü uygulama sonrasında yüzey hızla yeniden mineralleşir. Yapılan bir araştırmada, %10 karbamid peroksit ile 6 saatlik beyazlatmadan dişin kalsiyum içeriğinde ve yüzey sertliğinde, gazlı bir içeceğin 2-3 dakikalık bir süre içinde tüketilmesine göre daha az değişiklik yarattığı, klinik olarak ise yüzey parlaklığında ve topoğrafyasında belirgin bir değişiklik göstermediği belirlenmiştir[12].

2.7.4 Hassasiyet

Diş hassasiyeti beyazlatmanın en sık bildirilen yan etkisidir. Beyazlatma kaynaklı diş hassasiyeti literatürde tam olarak anlaşılamamıştır. Kısa süreli pulpa yanıtı hastadan hastaya ve hatta dişten dişe değişir. Peroksit dişten pulpaya 5 ila 15 dakikada nüfuz eder [89, 90]. Hidrojen peroksitin hücrelerle direkt teması pulpal enzim aktivitesini önemli düzeyde inhibe edebilir ve hipersensitiviteye yol açabilir[34]. Peroksit molekülü o kadar küçük boyuttadır ki, dentin tübüllerinden aşağı hareket etmek yerine dişin interstisyel boşluklarından kolayca geçer. Bu nedenle, beyazlatma tedavisi hassasiyete sebep olabilir. Ancak pulpa genellikle sağlıklı kalır ve bu hassasiyet geçicidir.

Beyazlatma sonrası diş hassasiyeti ile mine yüzeyindeki çatlak varlığı arasındaki ilişki, randomize olmayan kontrollü bir klinik çalışmada incelenmiştir. Çalışmaya, %15 HP kullanılarak ofis beyazlatma işlemine tabi tutulan 460 diş (dişlerin %49' unda mine çatlağı vardı.) dahil edilmiştir. Sonuçlar, çatlak çizgileri olan dişlerin %15'inde ve

çatlak çizgisi olmayan dişlerin %11'inde beyazlatma sonrası diş hassasiyeti olduğunu göstermiştir [91]. Soares ve ark. 5 dakika %35 HP ve 45 dakika %17,5 HP kullanılarak yapılan beyazlatmanın, 45 dakika süreyle uygulanan %35 HP' ye kıyasla minede önemli ölçüde daha az hasar ürettiğini bildirmiştir ve beyazlatma sonrası duyarlılığın hem beyazlatma süresine hem de konsantrasyona bağlı olduğu sonucuna varılmıştır [92]. Bu nedenle dentin hassasiyet giderici veya remineralize edici ajanların beyazlatıcı ürünlerin içine dahil edilmesi yoluyla beyazlatma sonrası duyarlılığın azaltılması amaçlanmıştır.

Dişlerde dentin hassasiyeti varlığı durumunda;

- Beyazlatmaya başlamadan önce 2 hafta boyunca potasyum nitrat içeren bir diş macunu önerilmesi
- Ev tipi beyazlatma tedavisi sırasında hassasiyet varlığında beyazlatma plağını kullanmaya birkaç gün ara verilmesi
- Üründe potasyum nitrat ve florür içeren %10'luk karbamid peroksit kullanarak, başlangıçta daha kısa gündüz periyotlarıyla beyazlatmaya başlanması
- Beyazlatma sırasında hassasiyet giderici diş macunu ile fırçalamaya devam edilmesi
- Asitli içecekler, kola ve meyve sularından kaçınılması tavsiye edilmektedir.

2.7.5 Yumuşak dokulara etkisi

Ofis içi beyazlatma maddeleri (%30-%35 hidrojen peroksit), epitelyal dokuda hasar oluşturup ve subepitelyal dokuda akut inflamasyona sebep olabilir, bunun sonucunda dokuyu beyaza çevirerek kolaylıkla doku yanıklarına neden olabilir. Doku yanıklarını önlemek için yumuşak dokuları rubberdam veya bariyerler ile korumak önemlidir. Hidrojen peroksitin yumuşak dokular üzerine zararlı etkileri ile ilgili veriler, etkilerin dozdan ve maruz kalma sürelerinden kaynaklandığını göstermektedir. Hidrojen peroksit dişeti ve oral yumuşak dokularda irritasyon ve ülserasyon oluşumuna sebep olabilir. Beyazlatma ajanlarının insan dişeti fibroblastları üzerine toksik etkiye sahip olduğu ve birçok hücrel fonksiyonu inhibe ettiği belirtilmiştir. Ancak ağız ortamında bulunan hidrojen peroksidi yıkan enzimlerin, oral dokuları ve komponent hücreleri bu potansiyel toksik etkilerden koruyacağı ileri sürülmektedir [93].

2.7.6 Adezyona etkisi

Mine ve dentine bağlanma hidrojen peroksidin etkisi nedeni ile beyazlatmayı takiben değişebilir. Beyazlatma işlemi uygulanmış minede rezin taglar sayıca daha azdır, daha az belirgin ve beyazlatma uygulanmamış mineye göre daha kısadır [94]. Peroksit bazlı materyallerin minenin bağlanma dayanıklılığına etkileri ile ilgili araştırmalarda bağlanmanın düştüğü saptanmıştır [95, 96]. Klinik olarak bağlanma değerlerindeki bu düşüş önemlidir. Hidrojen peroksitin bağlanma üzerindeki olumsuz etkilerinin artık oksijenden kaynaklandığı ve bu durumun rezinin polimerizasyonunu engellediği düşünülmektedir [97]. Beyazlatma tedavisi sonrasında azalmış bağlanma dayanıklılığı ile ilgili klinik problemlerden kaçınmak için beyazlatma tedavisi sonrası restorasyon yapımının 24 saat ile 2 hafta geciktirilmesi en çok önerilen yöntemdir [98].

2.8 Beyazlatıcı Ajanların Toksisitesi

ABD'deki Toksik Maddeler ve Hastalık Sicili Ajansı'na (ATSDR) göre hidrojen peroksit, yüksek konsantrasyonlarda (>%10) cilt, gözler ve mukoza zarlarında tahrişe neden olma potansiyeline sahip güçlü bir oksitleyici ajandır. Mukozal tahrişe neden olmayan maksimum hidrojen peroksit konsantrasyonu %5'tir ve zarar verici etkiler %8'de görülmüştür. Hidrojen peroksitin, %50 oranı aşındırıcı özellik gösterir. Beyazlatıcı ajanların toksisitesi, hidrojen peroksit konsantrasyonuna, beyazlatıcı ajanın bileşimine ve tedavi süresine bağlıdır [30]. Reaktif oksijen radikalleri sitotoksositeye neden olabilir, ancak çok yüksek konsantrasyonlarda uygulanmadıkça, bu radikallerin hücre zarlarını geçemediği ve hasara yol açmadığı bildirilmiştir [99]. Amerikan Diş Hekimleri Birliği'ne göre (ADA), diş hekimi tarafından dağıtılan ve reçetesiz evde kullanılan ürünler maksimum %10 CP (%3,5 HP) konsantrasyonuna sahip olabilmektedir [37]. Profesyonel diş hekimi uygulamalarında ise bu oran HP için %35-%40'lara çıkabilmektedir.

2.9 Beyazlatma Tedavisi ile Birlikte Kullanılan Remineralize Edici Ajanlar

Beyazlatma tedavilerinin olası yan etkilerinden biri de organik veya inorganik elementlerin oksidasyonu ile mine yapısının zayıflamasıdır. Bu beyazlatma maddelerinin etkileri mineral kaybı, demineralizasyon derecesi ve diş yüzeyi morfolojisindeki değişiklikler açısından incelendiğinde, tedavinin olumsuz sonuçlarını azaltmak için, beyazlatma ajanlarının içerisine birtakım remineralize edici ajanlar eklenmiştir. Ayrıca bu ajanların beyazlatma tedavisinden sonra diş yüzeyine

uygulanması sonucu birtakım yararlı etkiler elde edilmeye çalışılmıştır. Diş beyazlatma sonrası mine yüzeyinde oluşan olumsuz etkilerin tedavisinde florür, potasyum nitrat, amorf kalsiyum fosfat (ACP) ve hidroksiapatit gibi remineralize edici ajanlar kullanılabilir.

2.9.1 Flor

Florür bileşikleri, diş çürüklerini önlemek ve durdurmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Asitlenmiş fosfat florür (APF), sodyum florür jeli ve cilası ve gümüş diamin florür (SDF) gibi profesyonelce uygulanan florür malzemelerinin kullanımı, uygun maliyetli ve kolay uygulanabilir olması sebebi ile günümüzde sıkça tercih edilmektedir [100]. Beyazlatma ürünlerinin asidik özelliği, mine bileşiminde değişiklik yapma olasılığına ilişkin endişeleri artırdığından, piyasaya florürlü diş beyazlatma ürünleri sunulmuştur. Çalışmalar, bu flor ilave edilmiş diş beyazlatma ürünlerinin remineralizasyon potansiyelini bildirmiştir [101, 102].

Vital beyazlatma jeline florür eklenmesi, jel uygulaması sırasında demineralize minedeki kusurların mikroyapısal onarımına katkıda bulunabilir, çünkü F iyonları, mine minerallerinin çözünmesini azaltıp, iyon çökmesine yardımcı olarak, kristallerin büyümesine yardım edebilir [103]. Bu bağlamda florür, mineral dengesini destekleyen, demineralizasyonu azaltan ve remineralizasyonu aktive eden en önemli ajan olmaya devam etmektedir[104]. Bu durum, asidik çözeltilerde hidroksiapatite göre daha az çözünen florohidroksiapatit yapısının oluşumu ile açıklanabilir[105].

2.9.2 Potasyum nitrat

Potasyum nitrat, peroksit molekülüne çok benzer şekilde diştten pulpaya nüfuz eder ve sinir iletimi üzerinde anestezi edici veya sedatif bir etkiye sahiptir[106]. Potasyum nitrat birçok hassasiyet giderici diş macununda bulunur, ancak diş fırçalama yoluyla etkili olması genellikle 2 hafta sürer. Beyazlatmadan önce veya sonra 10 ila 30 dakika boyunca potasyum nitrat diş macununun uygulanması birçok hastada hassasiyeti azaltabilir veya ortadan kaldırabilir [107]. Çoğu zaman, hassasiyet tedavisi, tedavi süresinin veya sıklığının değiştirilmesi ve anti-enflamatuar ilaçlar, hassasiyet giderici diş macunları, hassasiyet giderici ajanlar ile gerçekleştirilir. Hassasiyet giderici etkinin artırılması için potasyum nitrat ve florür kombinasyonları birlikte kullanılabilir.

2.9.3 Kazein fosfopeptit-amorf kalsiyum fosfat (CCP-ACP)

Minenin mineral alımını ve remineralizasyon sürecini hızlandırmak, dentin aşırı duyarlılığını azaltmak ve hatta kserostominin zararlı etkilerine karşı koymak amacıyla, CCP-ACP, diş macunları, gargaralar, sakızlar ve son zamanlarda diş beyazlatma ürünlerinde kullanılmaya başlanmıştır. CPP-ACP, 2002 yılında süt proteini 'kazeinden' türetilen ve yüksek afinitesi nedeniyle %10'luk bir CPP-ACP macunu (GC Tooth Mousse™, GC Corporation, Melbourne, Avustralya) olarak piyasaya sürülmüştür. Kalsiyum ve fosfat iyonlarını amorf halde tutarak, sert dokuda bulunan hidroksiapatite kimyasal olarak bağlanır, kalsiyum ve fosfat iyonlarının doygunluğunu korur, böylece bakteriyel veya eroziv saldırıların neden olduğu demineralizasyon sürecini engeller [108].

Hassasiyeti en aza indirirken beyazlatma etkinliğini en üst düzeye çıkarmak amacıyla, diş beyazlatma ajanları ile CPP-ACP kullanımının birleşik etkisi, beyazlatmadan önce veya sonra diş minesine %10 GC Tooth Mousse™ uygulanarak test edilmiştir. Tooth Mousse kullanımının, beyazlatma etkinliği üzerinde herhangi bir etki olmaksızın beyazlatma sonrası hassasiyette önemli bir azalma sağladığı bildirilmiştir [109-111].

Önceki yıllarda yapılan bir klinik araştırmaya göre, her beyazlatma döngüsünden sonra 5 dakika CPP-ACP, nano hidroksiapatit veya novamin kullanımının minenin pürüzlülük değerlerini %50 oranında azalttığı tespit edilmiştir. SEM incelemesi sonrasında, bu biyoaktif maddelerin remineralizasyon sürecini ve onarım kapasitesini arttırarak beyazlatmanın neden olduğu yapısal hasarı ortadan kaldırdığı ve bu nedenle daha pürüzsüz ve daha düzgün bir yüzeye neden olduğu düşünülmektedir [112].

2.9.4 Nanohidroksiapatit

Diş minesini insan vücudunun en mineralize dokusudur. Bileşimi ağırlıkça %96 inorganik ve ağırlıkça %4 organik madde ve sudur. Dentin dokusunda, inorganik madde ağırlıkça %70'i temsil eder. Bu inorganik malzeme esas olarak, kimyasal formülü $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ olan altıgen hidroksiapatit (HA) ile ilgili bir kalsiyum fosfattan oluşur. Mine ve dentinde, Na, Cl ve Mg gibi diğer elementlerde eser miktarda bulunmaktadır. Minenin ana bileşeni olan HA, parlak beyaz bir görünüm verir ve mine yüzeyindeki küçük gözenekleri kapatarak ışığın dağınık yansımalarını ortadan kaldırır. HA, hem kanıtlanmış biyoyumluluğu hem de kemik ve dişlerin mineral kısmının ana bileşeni olması nedeniyle uzun süredir tıp alanında en çok çalışılan biyomalzemeler

arasında yer almaktadır. Ayrıca demineralize mine alanlarının remineralizasyonu için çok önemli olan bir kalsiyum ve fosfat kaynağıdır. HA, sığır dişlerinden veya kemiklerinden doğal olarak sentezlenebilen veya ekstrakte edilebilen bir kalsiyum fosfat bileşimidir[113]. Mine yapısı, 20-40 nm boyutunda olan %97 HA kristallerinden oluşur. Yapılan bir çalışmada, aşınmış insan minesine uygulanan 20 nm boyutlu yapay HA'nın güçlü afinitesi, biyouyumluluğu ve onarıcı kapasitesi bildirilmiştir[114].

Son zamanlarda birçok alanda nanoteknolojiye yönelik gelişen ilgi, boyutları 50 ila 1000 nm arasında değişen kristaller sunan nanohidroksiapatitin(n-HA) diş hekimliğinde kullanılmasının önünü açmıştır. n-HA, diş macunlarında bulunduğu, proteinlerle olduğu kadar plak ve bakteri parçalarıyla da güçlü bir bağlanma yeteneğine sahiptir. 2006 yılında, diş minesinin remineralizasyonu ve onarımı için floride alternatif olarak sentetik HA içeren ilk diş macunu Avrupa'da ortaya çıkmıştır.

Mineyi bir eroziv veya aşındırma saldırısından sonra onarma girişiminde bulunulacaksa, sulu çözeltilerde mine HA benzeri yapılar oluşturarak kendi kendine birleştiği kanıtlanmış nano boyutlu HA partikülleri kullanarak bunu yapmak mantıklı olacaktır[115, 116]. 1980'lerden beri n-HA diş macunları kullanılarak çok sayıda klinik çalışma yapılmıştır. %5 n-HA diş macunu kullanılarak yapılan üç yıllık bir klinik çalışma, 181 okul çocuğunda çürük insidansında %56'ya varan bir azalma olduğunu ortaya koymuştur[117]. n-HA'nın bildirilen ek bir avantajı, oral florayı daha uygun bir duruma getirme yeteneğidir. 5 dakikalık n-HA pat uygulamasından önce ve sonra bakteri oranlarını belirlemek için alınan tükürük numunesi, n-HA'nın diş ve plak yüzeylerine yapıştığını ve Streptococcus mutans ve Porphyromonas gingivalis gibi çürük insidansını azaltmanın yanı sıra zararlı bakterileri seçici olarak adsorbe ettiğini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca n-HA, diş yüzeyinde mine pürüzlülüğünü azaltarak, plak tutunmasının önüne geçip periodontal hastalığın oluşumunu önlemeye yardımcı olur[118, 119].

Beyazlatma tedavisi sonrası biyoaktif özellikleri ve mineralizasyon sürecini tetikleme kapasitesi nedeniyle, n-HA, dentin aşırı duyarlılığına karşı koymak için kullanılabilir. n-HA kolayca dentin tübüllerine nüfuz edebilir ve bir mineralize edici ajan olarak reaksiyona girerek tübülü tıkayabilir ve içindeki sıvının dolaşımını durdurabilir.

Ayrıca diş yapısı ile kimyasal reaksiyona girerek, mekanik veya kimyasal etkenlere karşı direnci ile etkili ve uzun süreli terapötik etki sağlar[120]. Vano ve arkadaşları , altmış bireyde %2 n-HA içeren veya içermeyen %6 HP'nin beyazlatma etkisini karşılaştırmıştır. Beyazlatma sonrası ve 9 ay sonra değerlendirme yapılmış ve sonuç olarak eklenen %2 n-HA'nın duyarlılığı önemli ölçüde azaltırken, renk değişiminin iki grup arasında farklı olmadığı belirlenmiştir [121].

Son zamanlarda, polimerleri aside maruz kalmaya karşı koruyucu bir kaplama olarak kullanan birçok ürün geliştirilmiştir. Polimer kaplamalar, biyouyumlu olabildikleri ve korozif faktörlere karşı etkili maddeler oldukları bilindiği için yüzeyleri erozyona karşı korumak için etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Bugüne kadar, polimer kaplı HA yüzeylerin asit erozyonu ile mücadelede çok başarılı olduğu gösterilmiştir [122, 123]. Bu amaçla kullanılan biyopolimerlerden biri de kitosandır.

2.9.5 Kitosan

Kitosan birçok tıbbi ve dental uygulamalarda kullanılmaktadır. Kitosanın beyazlatma ürünü formülasyonlarını geliştirmek için uygun bir katkı maddesi olabilmesinin birçok nedeni vardır. Kitosan, mine yüzeyinden mineral salınımını engeller ve mine demineralizasyonunu önler [124]. Lee ve ark., kitosanın yapay bir tükürük tabakasına adsorpsiyonunun, mine yüzeyi ve tükürüğü çapraz bağlayarak hidroksiapatit kristallerini koruduğunu göstermiştir. Kitosan etki mekanizması, hidroksiapatitin asidik çözünmesini önlemek, böylece diş ve ağız boşluğu dokularının bütünlüğünü ve yapısını korumaktır [125].

Bir kitin türevidir olan kitosan, yüksek miktarda amino (NH₂) ve hidroksil (OH) fonksiyonel grupları içerir ve boyaları, metal iyonlarını ve organik asitleri adsorbe etme özelliğine sahiptir[126-128]. Kitosan, toksik olmaması, hidrofilik olması, biyouyumlu olması, biyolojik olarak parçalanabilmesi ve antibakteriyel olması gibi birçok yararlı özelliğe sahiptir ve bu da onu birçok biyomedikal uygulamada çok yönlü bir malzeme haline getirmektedir. Kitosan, serbest radikalleri uzaklaştırırken geçiş metali iyonlarını adsorbe edebilir; bu nedenle, ağartma tedavisinde kullanılan HP'i dengeleyici görevi görür [129]. Polikasyonik biyopolimer olan kitosan, hem sert hem de yumuşak yüzeylere yapışma özellikleri ve olası diş uygulamaları nedeniyle popüler hale gelmeye başlamıştır.

2.10 Beyazlatma Tedavisi Sonrası Diş Yüzeyinde Meydana Gelen Fiziksel ve Morfolojik Değişimlerin İncelenmesi İçin Kullanılan Yöntemler

2.10.1 Mikrosertlik Analizi

Bir malzemenin çizilmeye, kesilmeye, aşınmaya ve karşı gösterdiği dirence sertlik denir. Bilimsel anlamda ise, bir malzemenin plastik deformasyona karşı gösterdiği direnç sertlik olarak ifade edilir. Diş minesinin yüzeyinde mikrosertlik ölçümü bizlere indirekt olarak mineral kaybı ya da kazancı hakkında bilgi verebilir. Malzemenin sertliği, uygulanan yüke bağlı olarak, ya örnek yüzeyinde oluşan izin yüzey alanına, ya da batıcı ucun batma derinliğine göre belirlenir. Genelde sertlik; uygulanan yükün numunede oluşturduğu kalıcı izin yüzey alanına bölünmesiyle bulunur. Günümüzde en çok Brinell, Rockwell, Vickers ve Rockwell sertlik ölçme yöntemleri kullanılmaktadır

Belirli bir sürede, belirli bir yükleme ile bir Vickers ya da Knoop elması örnek üzerine yerleştirilir. Örnekte elmanın oluşturduğu çukurcuğun derinliği mikroskopta μm olarak değerlendirilir. Kuvvetin yüklenmesi sonrasında, yüzeyde oluşan çukurcuğun derinlik değerleri artmışsa bu durum mineral kaybı olduğunu gösterir. Ancak çukurcuğun derinlik değerleri azalmışsa bu durum mineral kazanımını gösterir. Vickers sertlik skalası adı verilen kare bazlı piramit bir uç veya Knoop sertlik skalası adı verilen uzamış eşkenar dörtgen şekilli bir uç kullanılarak yapılmaktadır. Brinell ve Rockwell sertlik testleri; genelde metal-alaşım gibi büyük sertlik ölçümlerinde kullanılır. Düşük kuvvetlerle sertliği ölçülen, daha ince ve kırılğan materyallerin testlerinde ise Vickers ve Knoop yöntemleri kullanılır[130].

Ölçüm yapılacak yüzeylerin pürüzsüz ve parlak olması istendiği için diş yüzeyi üzerinde birtakım standardizasyon uygulamaları yapılır. Vickers sertlik ölçme yönteminde tepe açısı 136° olan elmas kare piramit uç kullanılır. Deney sonuçlarının güvenilir olması için bu uygulamanın numunenin genellikle üç farklı noktasına uygulanması gerekir. Uygulamada numune kenarlarına yakın bölgeden ölçüm yapılmamalı ve izler arasında belirli bir mesafe olmalıdır[131].

2.10.2 Yüzey pürüzlülüğü analizi

Yüzey pürüzlülüğü, bir maddenin yüzeyinde oluşan düzensizlikler olarak tanımlanmaktadır[16]. Diş yüzeylerinde ideal bir estetik görünüm için parlak ve mükemmel pürüzsüzlükte bir yüzey elde edilmesi gereklidir. Pürüzlü yüzeyler daha yüksek yüzey enerjisine sahip oldukları için, yüzey pürüzlülüğü arttıkça plak tutunması ve renklenmeler artmakta ve bu nedenle diş dokularının estetik özellikleri azalmaktadır. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi için kullanılan metodlar ikiye ayrılır.

Kantitatif metodlar; konvansiyonel profilometre, lazer uçlu profilometre

Kalitatif metodlar; tarayıcı elektron mikroskobu (SEM), atomik kuvvet mikroskobu.

Konvansiyonel profilometreler; yüzey pürüzlülüğünü sayısal değerlere dönüştüren cihazlardır. Bir materyal üzerindeki ufak yüzey düzensizlikleri, ölçülen örnek üzerinde sürüklenen bir uç vasıtasıyla cihaza kaydedilmektedir. Ölçüm ucunun materyalin yüzeyine dik olarak konumlandırılması bu sistemin önemli bir kriteridir[132]. Profilometre ile yüzey ölçümü yapılacağı zaman bazı kavramların bilinmesine ihtiyaç vardır.

Ortalama pürüzlülük (Ra): Ölçüm yapılan alan içinde kalan profil yükseklik değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. Yapılan çoğu dental araştırmada yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmede sadece Ra değeri kullanılmaktadır[133, 134].

Ortalama Maksimum Peak Yüksekliği (Rz): Ölçüm yapılan alan içinde belirli bir mesafede birbirini takip eden 5 maksimum derinlik ve yüksekliğin ortalama değeridir.

Ortalama Maksimum Yüzey Derinliği (Rpm): Yüzeydeki en derin noktaların ortalamasını ifade etmektedir. Rpm yüzey şekli hakkında güvenilir bir bilgi kaynağı iken Ra ve Rz değerleri tek başına yüzey şekli hakkında bilgi vermezler.

Rpm\Rz oranı ise profil şekli hakkında önemli bilgiler veren bir oran olup; 0,5'ten küçükse yuvarlak kenarlı bir yüzeyi, 0,5'ten büyükse keskin kenarlı bir yüzeyi işaret eder[135].

Lazer uçlu profilometrelerde ise, konvansiyonel profilometreden farklı olarak, yüzeyin pürüzlülüğünü, yüzeye temas etmeden çalışan ve yüzeyin şeklini tamamen taklit eden bir uçla yapmak mümkündür[136].

Atomik Kuvvet mikroskobu (AFM); Yüzey topografisini inceleyerek nanometre boyutlarına kadar detaylı bir pürüzlülük bilgisi elde etmek için kullanılır. SEM

teknikinde gereken yüzey kaplama işlemi gerekmez fakat tarama süresi uzundur. Andırkatları belirlemekteki başarısızlığı AFM kullanımının dezavantajlarından biridir.[137].

Taramalı elektron mikroskobu (SEM); çok ufak bir alana odaklanan yüksek enerjili elektronların, yüzeyden yansıtılarak ikincil elektronlara dönüşmesi ve sensörler tarafından algılanıp yükseltilerek, datayı işleyecek özel bir bilgisayar sistemine gönderilmesi prensibiyle çalışır[138]. SEM ile yapılan yüzey ölçümleri, klasik metodlara kıyasla daha detaylı sonuçlar vermekle beraber, profilometre ile yapılan analizleri destekleyerek daha güvenilir sonuçların elde edilmesinde de kullanılır[139]. SEM ile yapılan ölçümlerde örnek yüzeyinin bir ön işleme tabi tutulması gerekmektedir. Hızlı ve hassas ölçümler yapabilen bu cihaz, yüzeyin topografik olarak görüntülenmesinin yanı sıra, element analizi yapabilmesi nedeniyle de geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Biyolojik dokuların SEM'de incelenebilmesi için kurutularak içeriğindeki suyun uzaklaştırılması ve yüzeyin görüntülenebilmesi için elektronu yansıtacak şekilde kaplanması gerekir [140]. Taramalı elektron mikroskobu optik kolon, örnek haznesi ve görüntüleme sistemi olarak üç bölümden oluşur. Optik kolon kısmında, oluşturulan elektron demeti örnek haznesinde yer alan materyal yüzeyine çarparak bir elektromanyetik alan oluşturur. Materyal yüzeyine çarpan elektron demetinin ışımalarını görüntüleme sistemi yardımıyla bilgisayar ekranına aktarılır[141].

Son zamanlarda geliştirilen bir başka teknikte, enerji dağılımlı X-ışını (EDX veya EDS) analizi eki ile elektron mikroskopisi taranmaktadır. Verilen bir dış örneğindeki mineral miktarlarını kantitatif olarak tahmin etmek için kullanılan mikroanalitik bir tekniktir[142]. EDS analizi ile taranan alanda istenilen elementlerin atomik ağırlık yüzdelere, elementlerin birbirleriyle oranlarına bakılabilir.

2.10.3 Elementlerin analizinde kullanılan SEM-EDS Tekniği

EDS tekniği, örneklerin elemental analizi ya da kimyasal karakterizasyonu için kullanılan analitik bir tekniktir. Bu teknik örnekle X ışını uyarımı arasındaki etkileşimin incelenmesi esasına dayanır. Bu spektroskopinin temel prensibi, X ışını yardımıyla her bir elementin kendine has atomik yapısının karakteristik özelliklerinin diğer elementlerden ayrılmasıdır[143]. EDS analizinin çalışma şekli, elektron demetinin bir atomun iç kabuğuna çarpması, kabuktan bir elektronu koparıırken pozitif

yüklü bir elektron deliği bırakmasıdır. Elektron yer değiştirdiğinde, boşluğu doldurmak için bir dış kabuktan başka bir elektron çeker. Elektron, atomun dış yüksek enerjili kabuğundan düşük enerjili iç kabuğuna hareket ederken, bu enerji farkı bir X-ışını şeklinde salınabilir. Bu X-ışınının enerjisi, belirli element ve geçişe özgüdür. Araştırmacılar, EDS' i kullanarak bir numunenin kimyasal bileşimi hakkında, hangi elementlerin mevcut olduğu, bunların dağılımı ve konsantrasyonu hakkında hızlı bir şekilde bilgi sahibi olabilirler[144].



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Kullanılan Materyaller

3.1.1 Biowhiten İn-office %40 n-HP ofis tipi beyazlatma ajanı (BioWhiten, Biodent Ltd., İstanbul, Türkiye)

İkili şırınga sisteminden oluşur. Su, gliserin, alkol, sodyum bikarbonat, sodyum hidroksit, %6 HP ve n-HA ve ilave aktivasyon formülü ile nötr pH düzeyine gelen hidrojen peroksitten yüksek düzeyde beyazlatıcı iyonların ve radikallerin açığa çıkmasına sebep olur. Başlangıçta nötr pH seviyesine sahip olan ajan, aktivasyondan sonra alkali hale gelir. İki jel uygulanmaya başlandığında tüpün uç kısmında birbiri ile birleşerek diş üzerine uygulanır. Jel uygulandığında beyaz renktedir. Stabil ve nötr bir pH düzeyi muhafaza edilerek, ozmolaritede artışı önlemeyi ve diş hassasiyeti riskini azaltmayı, n-HA takviyesi ile beyazlatma sonrası remineralizasyonu amaçlar. Çubuk şeklinde, <50 nm (tipik olarak 20 ila 40 nm arasında) n-HA kristalleri içerir. Biowhiten İn-office %40 n-HP beyazlatma ajanı Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1: Biowhiten İn-office %40 n-HP beyazlatma ajanı
(BioWhiten, Biodent Ltd., İstanbul, Türkiye).

3.1.2 Opalescence Boost %40 PF ofis tipi beyazlatma ajanı (Ultradent, South Jordan; ABD)

Ofis tipi olarak kullanılan güçlü bir beyazlatma ajanıdır. Bir tüpte kimyasal aktivatör ile birlikte %1,1 sodyum florür ve %3 potasyum nitrat içerir. Diğer tüpte hidrojen peroksit bulur. Nihai peroksit konsantrasyonu %40’dır. Opalescence Boost maksimum etkinlik ve güvenlik için nötr pH değerine sahiptir. Aktivatör ve HP içeren tüpler birbiri ile tamamen karışma dek toplam 50 (25x2) kez ileri geri yönde aktive edilir. Jel diş üzerine uygulandığında kırmızı renktedir. Ofis uygulamalarında genellikle 2X20 dk olmak üzere bir seansta toplam 40 dk uygulanması tavsiye edilir. Işık kaynağı olmadan

kullanılabilir. Opalescence Boost %40 PF ofis tipi beyazlatma ajanı Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2: Opalescence Boost %40 PF ofis tipi beyazlatma ajanı (UltraDent, South Jordan; ABD).

3.1.3 Kitosan ilave edilmiş edilmiş deneysel n-HA üretimi

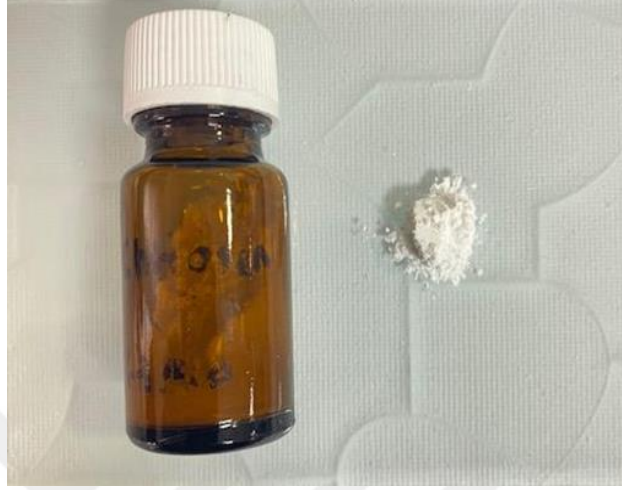
Çalışmamızda kullanılmak üzere Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü’nde n-HA sentezi yapıldı. Mikro boyutta HA (Sigma Aldrich Co., Madrid, İspanya) kullanılarak yüksek sıcaklıkta oksidasyon yöntemi ile nano boyutta HA partikülleri elde edildi. n-HA üretiminde; katkı maddesi olarak; kitosan (Sigma Aldrich Co., Madrid, İspanya) kullanıldı. Çalışmamızda kullanılan HA ve kitosan kimyasal ürünleri Şekil 3.3’ de gösterilmektedir.



Şekil 3.3: Çalışmada kullanılan HA ve kitosan kimyasal ürünleri.

Ağırlıkça %88 Titanyum tozu, %2 katkı maddesi ve geri kalanı distile su ile tamamlanarak 15 dakika sonik ve 1 saat manyetik karıştırıcıda çözelti homojen olana kadar iyice karıştırıldı. Daha sonra 80 °C etüvde 24 saat kurutulmaya bırakıldı.

Etüvden çıkartılan çözeltiler 10 °C/dk. hızla 800 °C’de 30 dk. yüksek sıcaklıklı kül fırınında yakma işlemine tabi tutuldu. Sentezlenen nanohidroksiapatit tozlarının karakterizasyonu XRD ve SEM cihazları ile yapıldı. Kitosan ilave edilmiş n-HA tozu Şekil 3.4’de gösterilmektedir.



Şekil 3.4: Kitosan ilave edilmiş n-HA.

3.1.4 Fosfat Tamponlu Salin (PBS) solüsyonu

Bu tez çalışmasında kullanılmak üzere Bezmialem Vakıf Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Analitik Biyokimya Laboratuvarı’nda fosfat tamponlu salin (PBS) solüsyonu üretildi. PBS, insan vücudu sıvılarının iyon konsantrasyonunu, ozmolaritesini ve pH’ini taklit etmesi nedeniyle değerli olan tampon bir çözeltilerdir. Diğer bir deyişle, vücutta bulunan benzer bir elektrolit konsantrasyonu nedeni ile sabit bir fizyolojik pH’ı korumaktadır. Bu nedenle biyolojik, tıbbi veya biyokimyasal araştırmalarda hücre hasarına, toksisiteye veya istenmeyen çökelmeye neden olma olasılığı daha azdır.

1 litre distile su içine 137mM NaCl, 2.7mM KCl, 10mM Na₂HPO₄, 1.8mM KH₂PO₄ tuzları eklenerek homojen bir karışım elde edinceye kadar karıştırıldı. pH değerini ayarlamak için HCl kullanıldı. Elde edilen solüsyonun final pH değeri 7.3 olarak belirlendi. Hazırladığımız PBS solüsyonu Şekil 3.5’de gösterilmektedir.



Şekil 3.5: Fosfat tamponlu salin (PBS) solüsyonu.

3.2 Numunelerin Toplanması ve Hazırlanması

Bu tez çalışmasında kullanılmak üzere Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi ve Periodontoloji Anabilim Dalı'na başvuran hastalarımızdan çekim endikasyonu olan, herhangi bir çürük, çatlak, hipoplastik defekt içermeyen periodontal nedenler ile çekilmiş 52 adet üst ön keser diş elde edildi. Dişlerde herhangi bir restorasyon ve renkleşme olmaması şartları arandı. Diş yüzeylerindeki kalıntılar periodontal küret, detertraj fırçası ve ince grenli polisaj patı kullanılarak temizlendi. Numuneler, bir ultrasonik temizleyici (Ultrasonic Cleaner SK3310HP, Kudos, Çin) kullanılarak 15 saniye süreyle deiyonize su ile temizlendi. Çekilen dişler mine-sement sınırının 2 mm altından Mecatome T180 (Presi, Eybens, Fransa) cihazı yardımı su soğutması altında elmas disk (Metkon, Bursa, Türkiye) kullanılarak krun ve kök birbirinden ayrıldı (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Mecatome T180 (Presi, Eybens, Fransa) kesme cihazı.

Diş kuronları bukkal yüzeyi üstte kalacak şekilde akrilik rezin kalıplara gömüldü. Diş yüzeyleri sırasıyla 800,1000,1200 grenlik silikon karbid zımparalarla 50 rpm hızı ile 10'ar saniye, polisaj cihazı (Minitch 233, Presi, Fransa) kullanılarak su soğutması altında düz bir yüzey haline getirildi ve dişler distile suda saklandı (Şekil 3.7 ve 3.8).



Şekil 3.7: Örneklerin polisaj cihazı ile standardizasyonu.



Şekil 3.8: Örneklerin polisaj işleminden sonra önden ve yandan görünümü.

3.3 Grupların Oluşturulması

52 adet üst ön keser diş rastgele olarak 4 gruba ayrıldı. (n=13)

Grup **B**: Biowhiten İn-office %40 n-HP uygulaması.

Grup **O**: Opalescence Boost PF %40 HP uygulaması.

Grup **Bn**: Biowhiten İn-office %40 n-HP uygulaması sonrası deneysel n-HA jeli uygulaması.

Grup **On**: Opalescence Boost PF %40 HP uygulaması sonrası deneysel n-HA jeli uygulaması.

Her gruptan 10 dişin başlangıç renk, mine yüzey pürüzlülüğü, mikrosertlik ölçümleri yapıldı. Her gruptan hiçbir işlem uygulanmamış 1'er diş ve işlem uygulanmış 2'er diş örneği SEM/EDS analizi için ayrıldı. Örneklerin diğer ölçümleri beyazlatmadan hemen sonra ve beyazlatma işlemi ardından 1 hafta sonra olacak şekilde tekrarlandı. Bu süreçte dişler distile su içeren ışık geğirmeyen kaplarda oda ısısında bekletildi.

3.4 Beyazlatma İşleminin Uygulanması

Gruplara ayrılmış dişler başlangıç ölçümü sonrası distile su ile durulandı. Biowhiten İn-office n-HP beyazlatma jeli tüpün uç kısmında karışarak aktive hale getirildi ve diş yüzeyini tamamen kaplayacak ve 0,5-1 mm kalınlığında olacak şeklinde uygulandı. Jel diş yüzeyinde üretici firma talimatları doğrultusunda, 10 dakikalık seanslar halinde 4 kez toplam 40 dakika boyunca bekletildi. Ardından diş yüzeyinde jelin fazlası pamuk rulo yardımı ile silinerek, yüzeyler distile su ile artık kalmayacak şekilde durulandı. Biowhiten İn-office %40 n-HP beyazlatma ajanının diş yüzeyine uygulanması şekil 3.9'da gösterilmektedir.



Şekil 3.9: Biowhiten İn-office %40 n-HP beyazlatma ajanının diş yüzeyine uygulanması.

Opalescence Boost PF %40 beyazlatma jeli aktive edilmek için 50 kez (25x2) ileri geri hareketler ile karıştırıldı. Aktive edilmiş tüm jel bir tüpte toplandı ve ardından dişin bukkal yüzeylerinin tamamını kaplayacak, 0,5-1mm kalınlığında olacak şekilde diş yüzeylerine uygulandı. Jel 20 dakikalık 2 seans şeklinde toplam 40 dakika boyunca diş yüzeyinde bekletildi. İşlem tamamlandığında diş yüzeyindeki jelin fazlası pamuk rulo yardımı ile silindi ve yüzeyler distile su ile iyice durulandı. Opalescence Boost %40 PF ofis tipi beyazlatma ajanının diş yüzeyine uygulanması Şekil 3.10'da gösterilmektedir.



Şekil 3.10: Opalescence Boost %40 PF ofis tipi beyazlatma ajanının diş yüzeyine uygulanması.

3.5 Deneysel n-HA Jelinin Diş Yüzeylerine Uygulanması

Bu tez çalışmasında kitosan ilave edilmiş n-HA tozu, diş yüzeyine uygulamak için taşıyıcı olarak görev yapacak fosfat tamponlu salin solüsyonu ile 1ml/1g oranında karıştırılarak jel kıvamına getirildi. (Şekil 3.11)



Şekil 3.11: Deneysel n-HA jeli.

Üretilen deneysel n-HA jeli Grup Bn ve Grup On örneklerine beyazlatma uygulanmasının ardından dişin bukkal yüzeyini kapatacak şekilde bir bond fırçası yardımı ile diş yüzeyine uygulandı ve bond fırçası ile yuvarlak hareketler yapılarak diş yüzeyine adaptasyonu sağlandı. Deneysel n-HA jeli diş yüzeyinde 5 dakika boyunca bekletildi, ardından dişler distile su ile durulandı (Şekil 3.12).



Şekil 3.12: Deneysel n-HA jelin diş yüzeyine uygulanması.

3.6 Renk analizi



Şekil 3.13: Spektrofotometre ile renk ölçümü.

Her gruptan 10 örneğin başlangıç renk ölçümleri bir spektrofotometre (Vita EasyShade Advance 4.0, Vita Zahnfabric, Almanya) yardımı ile beyaz bir zemin üzerinde dişin orta 1/3 lüsüne denk gelecek şekilde üç kez ölçüldü ve ortalaması alınarak, ölçümler sonucu ortaya çıkan L^* a^* b^* değerleri kaydedildi (Şekil 3.13). Örneklerin renk analizi; başlangıçta, beyazlatma işlemi sonrası ve beyazlatmadan 1 hafta sonra olacak şekilde tekrarlandı. Ölçümler günün aynı saatlerinde ve aynı ışık altında yapıldı. Başlangıç ve beyazlatmadan hemen sonrası (L_0 - L_1), başlangıç ve beyazlatmadan 1 hafta sonrası (L_0 - L_2) ölçülen $L^*a^*b^*$ değerleri CIEL^{*} a^*b^* sisteminde, iki cisim arasında algılanan renk farklılığının derecesini gösteren ΔE değeri cinsinden hesaplandı. Her ölçümden önce dişler distile su ile durulandı.

Spektrofotometrede kaydedilen renk değişikliği miktarı ile klinik ortam arasındaki ilişkiyi belirlemek için veriler Ulusal Standartlar Bürosu (NBS) sistemine dönüştürüldü[145, 146]. Bu sisteme göre, ΔE değerleri aşağıdaki formüle yerleştirilerek NBS değerleri elde edildi. Elde edilen değerler karşılık geldiği değer

aralığına göre yorumlandı. Renk farklılıklarını ifade eden NBS sistemi Tablo 3.1’de gösterilmektedir.

Tablo 3.1: Renk farklılıklarını ifade eden NBS sistemi.

ΔE	NBS kriterleri
0–0.5	Oldukça hafif değişiklik
0.5–1.5	Hafif: hafif değişiklik
1.5–3	Fark edilebilir: Gözlenebilir değişiklik
3–6	Takdir edilebilir: Görünür değişiklik
6–12	Çok: Dikkate değer ölçüde belirgin değişiklik
>12	Çok fazla: Diğer renge geçiş

$$\text{NBS değeri} = \Delta E \times 0.92$$

3.7 Yüzey Pürüzlülüğü Analizi

Bu test yöntemi; Bezmialem Vakıf Üniversitesi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan Mahr M300C (Carl-Mahr, Almanya) profilometre cihazı kullanılarak gerçekleştirildi.

Her gruptan 10 adet örneğin başlangıç yüzey pürüzlülük değerleri konvansiyonel profilometre cihazı yardımı ile ölçüldü. (Şekil 3.14)



Şekil 3.14: Konvansiyonel profilometre cihazı.

Öncelikle dış örnekleri düz bir yüzeye sabitlendikten sonra cihaz kalibre edildi ve her örneğin 3 farklı bölgesinden Ra cinsinden pürüzlülük değerleri ölçüldü. Bu 3 ölçümün aritmetik ortalaması alınarak her örnek için bir yüzey pürüzlülüğü değeri hesaplandı. Bu ölçümler gruplara uygulanan beyazlatma işleminden hemen sonra ve beyazlatmadan 1 hafta sonrası tekrarlandı. Her ölçümden önce örnekler distile su ile durulandı.

3.8 Mikrosertlik Analizi

Her gruptan 10 örnek distile su ile durulanıp kurutulduktan sonra mikrosertlik ölçümleri Bezmialem Vakıf Üniversitesi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan

mikrosertlik test cihazı (HMV-2, Shimadzu, Japonya) kullanılarak gerçekleştirildi. (Şekil 3.15)

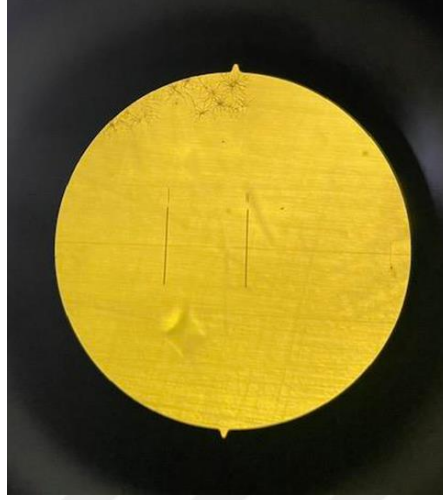


Şekil 3.15: Mikrosertlik test cihazı.

2,942 (HV0.3) Newton yük 15 saniye boyunca çizici uç aracılığıyla örneğe uygulandı. Uygulanan yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen iz mikroskobun x40 büyütmesi ile görüntüledi. Kare bir piramit ve tepe açısı dalıcı ucun tepe açısının aynısı (136°) olan Vickers cinsinden ölçüldü. İzin ölçülmesi için cihaza ilave edilmiş metalurji mikroskobu kullanıldı. Oluşan izin köşegenlerinden ekranda bulunan yatay çizgilerin hizalanması ile ölçüm yapıldı ve cihaz tarafından aşağıdaki formül kullanılarak hesaplandı.

$VHN = 2.942 (P/d^2)$ P=Yük, kgf d = Çentiğin iki köşegeninin ortalama uzunluğu, mm
Bu işlem her bir örnek için, örneklerin üst yüzeyindeki 3 farklı noktada tekrarlandı.

Aritmetik ortalama alınıp her örnek için bir mikrosertlik değeri tespit edildi. Vickers mikrosertlik ölçüm görüntüsü Şekil 3.16'de gösterilmektedir.

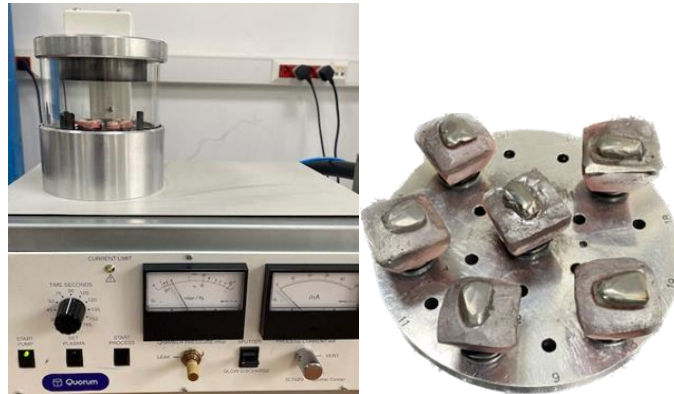


Şekil 3.16: Vicker's mikrosertlik ölçüm görüntüsü.

3.9 SEM/ EDS analizi ve Elemental Haritalama

Bu tez çalışmasında SEM/EDS ve elemental haritalama analizi Yıldız Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarı'nda yapıldı. Görüntüleme yapılacak örnekler, karbon bantlar aracılığıyla numune tutucuya monte edildi ve vakumlandı.

Örnek yüzeyleri iletkenliği arttırmak amacıyla ile püskürtme cihazı (Quorum Technologies Ltd, East Sussex, İngiltere) kullanılarak altın-paladyum karışımı ile kaplandı.(Şekil 3.17)



Şekil 3.17: Altın-paladyum kaplama cihazı ve kaplama işlemi tamamlanmış örnekler.

Örnekler SEM/EDS cihazında (Evo ls10, Zeiss, Almanya) 10 kV voltajla, x1000 ve x5000 büyütmede incelendi. SEM-EDS ölçümü için her gruptan üçer örnek kullanıldı. Görüntüleme için dış yüzeylerinin merkeze yakın alanları tercih edildi. Her örnekten elde edilen kalsiyum ağırlığı, fosfor ağırlığı ağırlıkça yüzde cinsinden kaydedildi. Her gruptan üçer örnek toplamda 12 örnek SEM/EDS analizi ile incelendi. Dış yüzeyindeki n-HA varlığını incelemek için point analizi yapıldı. Her örnekten elde edilen kalsiyum ağırlığı, fosfor ağırlığı ve kalsiyum-fosfor oranı yüzde cinsinden kaydedildi. SEM/EDS görüntüleme cihazı (Evo ls10, Zeiss, Almanya) Şekil 3.18'de görülmektedir.



Şekil 3.18: SEM/EDS görüntüleme cihazı.

3.10 İstatiksel Analiz

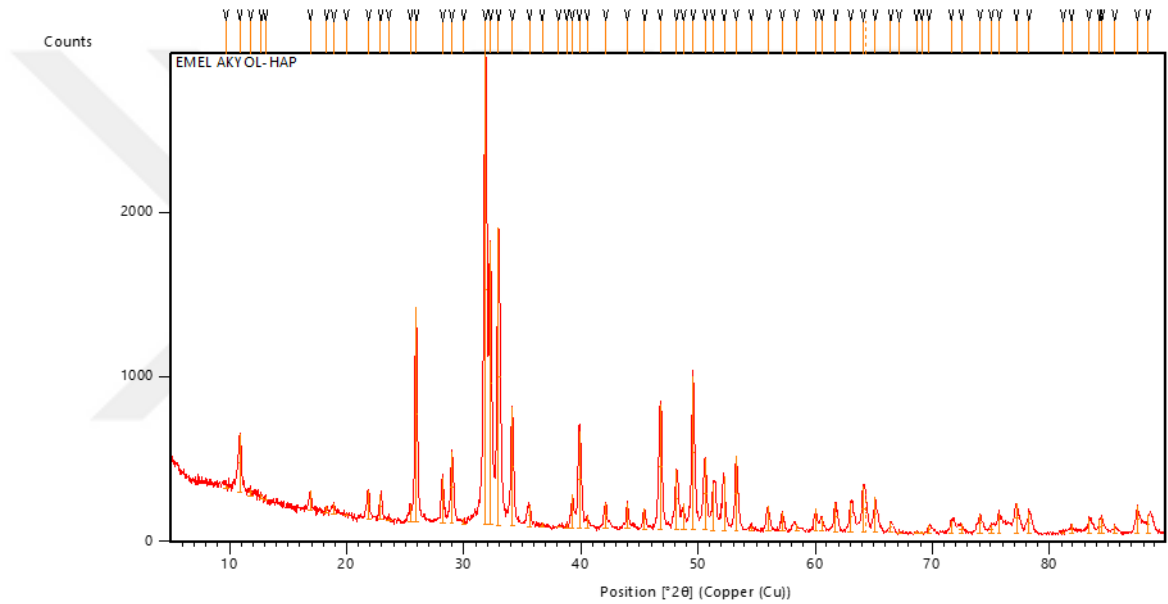
Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS (Statistical Package for Social Sciences) Version 23.0 programı kullanıldı. G*Power programı kullanılarak yapılan Power analizi sonucunda mikrosertlik, yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimi ölçümleri için effect size (etki boyutu) $d=0.50$ olarak ele alındığında; literatüre göre %95 güçte ve %5 tip 1 hata oranında minimum $n=4$ olarak belirlendi.

Beyazlatma öncesi ve sonrası ölçümlerde tanımlayıcı istatistikler için sürekli değişkenlerin ortalama \pm standart sapma (SD) değerleri verildi. Mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü sonuçları için istatistiksel olarak tekrarlı ölçümlerde varyans analizi, ikili karşılaştırmalarda ise Bonferroni testi kullanıldı. Örneklerin renk değişimi (ΔE) açısından incelenmesi için Welch ANOVA testi kullanıldı. Anlamlılık $p<0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında; beyazlatma tedavisi sonrası uygulanan deneysel n- HA jelin dış yüzey özelliklerine etkisi incelendi. Bu inceleme sonucunda, dış yüzeyinde meydana gelen renk değişimi, mikrosertlik ve pürüzlülük değerleri, dış yüzeyinde SEM ile görüntülenmesi sonrası elementel haritalama değerlerine ait bulgular elde edildi.

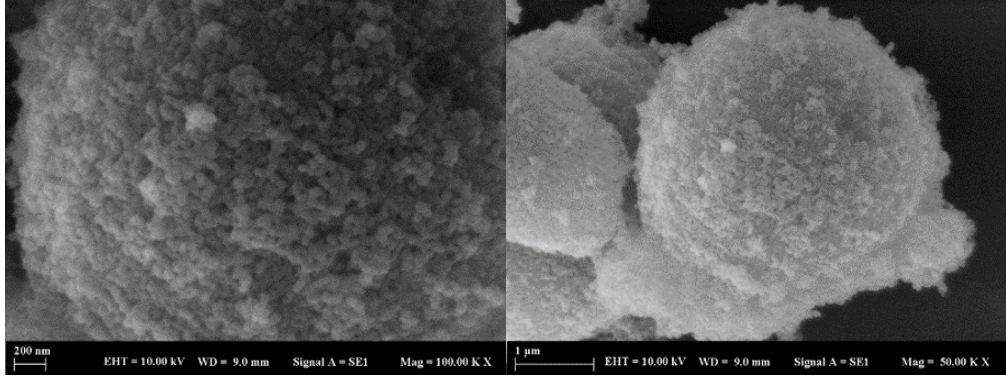
4.1 Üretilen n-HA Numunesinin Karakterizasyonu



Şekil 4.1: n-HA numunesine ait XRD karakterizasyonu

Deney sonucu elde edilen numunenin XRD karakterizasyon deneyinde n-HA olduğu doğrulandı. Şekil 4.1’de n-HA numunesine ait karakteristik difraksiyon pikleri görülmektedir. Şekildeki kristal yapının Toz Kırınım Standartları Ortak Komitesi

(JCPDS) tarafından HA için belirlenen (JCPDS no. 09-0432) dosya numarası ile tanımlanan karakteristik indis değerleri ile birebir uygun olduğu görüldü.



Şekil 4.2: Kitosan ilave edilmiş n-HA kristalleri SEM görüntüsü

Kitosan varlığında HA nanopartiküllerin taramalı elektron mikroskobu (Evo l10, Zeiss, Almanya) ile görüntüleri alındı ve Şekil 4.2’de gösterildi. HA partiküllerinin nano boyutta olduğu gözlemlendi. Kitosan ilave edilerek n-HA üretilen partiküllerin boyutunun 50 nm’den küçük olduğu şekillerde açık olarak görülmektedir.

4.2 Renk Analizi Sonuçları

Beyazlatma öncesi, beyazlatmadan hemen sonra ve beyazlatmadan 1 hafta sonra yapılan ölçümler sonucu ortaya çıkan L^* a^* b^* değerleri kaydedildi. Başlangıç ve beyazlatmadan hemen sonrası (L0-L1), başlangıç ve beyazlatmadan 1 hafta sonrası (L0-L3) ölçülen $L^*a^*b^*$ değerleri CIEL*a*b* sisteminde, iki cisim arasında algılanan renk farklılığının derecesini gösteren ΔE değeri cinsinden hesaplandı.

Hesaplama $\Delta E = ((\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2)^{1/2}$ formülü kullanıldı. Elde edilen sonuçlara göre beyazlatmadan önce ve beyazlatmadan hemen sonra ölçülen L' a' b'

değerleri de analiz edildi. Her grubun beyazlatma öncesi, beyazlatmadan hemen sonra ve 1 hafta sonraki ΔE değerleri Tablo 4. 1. de gösterildi.

Tablo 4.1: Grupların beyazlatma öncesi ve sonrası istatistiksel olarak ortalama renk değişim(ΔE) ve \pm standart sapma değerleri.

Renk Değişimi(ΔE)	$\Delta E1$ (L0-L1)	$\Delta E2$ (L0-L2)
Grup B	3,215 \pm 0,983	2,874 \pm 0,734
Grup O	3,302 \pm 0,910	2,699 \pm 0,774
Grup Bn	3,216 \pm 0,406	2,865 \pm 0,358
Grup On	3,200 \pm 0,401	2,795 \pm 0,425
p^2	0,992*	0,928*

p^2 : Gruplar arası p^* değeri

Başlangıç ve beyazlatmadan hemen sonra yapılan ölçümler sonucu ortaya çıkan $\Delta E1$ değeri 3.2; başlangıç ve beyazlatmadan bir hafta sonra yapılan ölçümler sonucu ortaya çıkan $\Delta E2$ değeri 2.7 dir. Bir spektrofotometrede kaydedilen renk değişikliği miktarı ile klinik ortam arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılan NBS sistemine göre elde edilen değerler $\Delta E1$ değeri için 2,94 ve $\Delta E2$ değeri için 2,48 olarak tespit edildi. NBS kriterlerine göre bu değerler klinik olarak gözle görülebilir bir renk değişikliği olduğunu gösterdi[145]. (Tablo 3.1)

Tedavi gruplarının renk değişimi kıyaslandığında, gruplar arasında istatistiksel olarak fark gözlenmedi ($p>0.05$). Grupların beyazlatmadan hemen sonra ve beyazlatmadan 1 hafta sonra ölçülen renk değişimleri arasında fark bulunmamaktadır($p>0.05$).

4.3 Yüzey Pürüzlülüğü Analizi Sonuçları

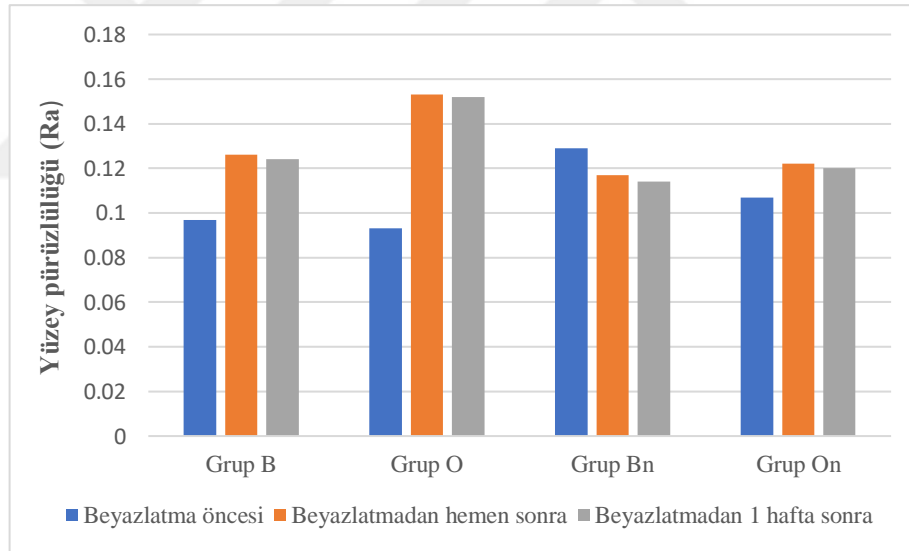
Diş yüzeylerinin pürüzlülük değerleri beyazlatma öncesi, beyazlatma işleminin uygulanmasından hemen sonra ve beyazlatma işleminin uygulanmasından 1 hafta sonra olacak şekilde Ra cinsinden değerlendirildi. Grupların ortalama yüzey

pürüzlülüğü değerleri ve gruplar arasındaki istatistiksel farklılıklar Tablo 4.2 ve Şekil 4.3’de gösterilmektedir.

Tablo 4.2 : Grupların beyazlatma öncesi ve sonrası istatistiksel olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü ve \pm standart sapma değerleri(Ra).

Yüzey pürüzlülüğü(Ra)	Beyazlatmadan önce	Beyazlatmadan hemen sonra	Beyazlatmadan 1 hafta sonra	p ¹
Grup B	0,097 \pm 0,021	0,126 \pm 0,019 ^A	0,124 \pm 0,019 ^A	0,075*
Grup O	0,093 \pm 0,016 ^a	0,153 \pm 0,018 ^{bb}	0,152 \pm 0,019 ^{bb}	<0,001*
Grup Bn	0,129 \pm 0,073	0,117 \pm 0,011 ^A	0,114 \pm 0,011 ^A	0,123*
Grup On	0,107 \pm 0,015	0,122 \pm 0,016 ^A	0,120 \pm 0,015 ^A	0,376*
p ²	0,202*	<0,001*	<0,001*	

p¹ : Zamanlar arası p* değeri p² : Gruplar arası p* değeri
 Aynı satırdaki aynı küçük harfler benzer zamanları göstermektedir.
 Aynı sütundaki aynı büyük harfler benzer grupları göstermektedir.



Şekil 4.3: Beyazlatma öncesi ve sonrası ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri ve grupların karşılaştırılması (Ra) .

Beyazlatma sonrası test grupları kıyaslandığında, sadece Grup O’da Ra değerinde artış gözlemlendi. ($p < 0.05$) Grup B, Grup Bn, Grup On arasında beyazlatmadan hemen sonra yapılan ölçümlerde Ra değerlerinde anlamlı bir fark gözlenmedi. ($p > 0.05$) Grup On, Grup O’ya göre daha istatistiksel olarak daha düşük Ra değeri gösterdi ($p < 0.05$).

Beyazlatma işleminin uygulanmasından hemen sonra ve 1 hafta sonra yapılan ölçümlerde bütün gruplarda Ra değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi. ($p>0.05$)

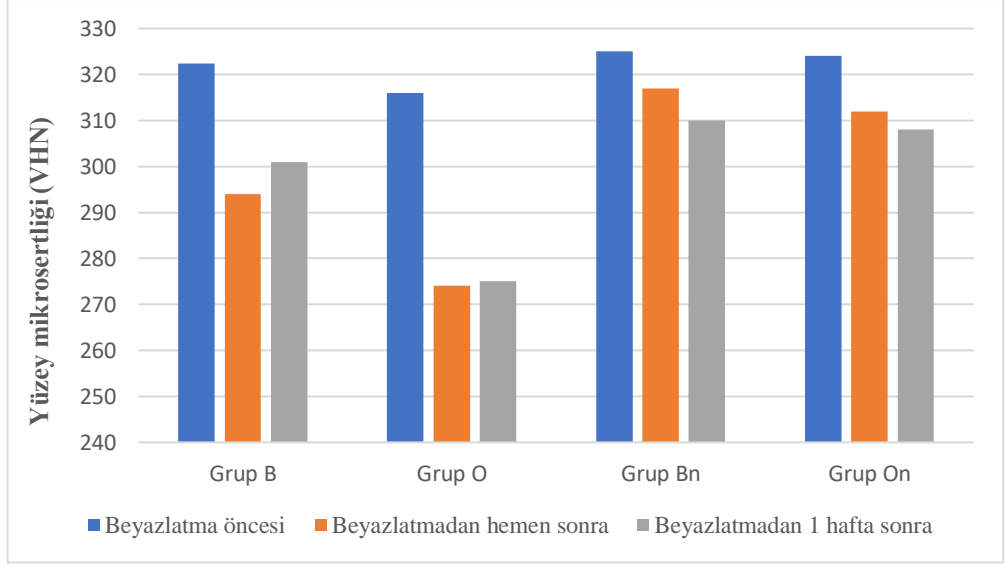
4.4 Mikrosertlik Analizi Sonuçları

Grupların mikrosertlik analizleri, beyazlatma öncesi, beyazlatma işleminin uygulanmasından hemen sonra ve beyazlatma işleminin uygulanmasından 1 hafta sonra olacak şekilde değerlendirildi. Grupların mikrosertlik değerleri ve istatistiksel olarak farklılıkları Tablo 4.3 ve Şekil 4.4’de gösterilmektedir.

Tablo 4.3: Grupların beyazlatma öncesi ve sonrası mikrosertlik değerlerinin istatistiksel olarak ortalama ve \pm standart sapma değerleri.

Mikrosertlik	Beyazlatmadan önce	Beyazlatmadan hemen sonra	Beyazlatmadan 1 hafta sonra	p ¹
Grup B	322,40 \pm 10,85 ^a	294,20 \pm 9,83 ^{bA}	301,30 \pm 13,65 ^{bA}	<0,001*
Grup O	316,07 \pm 6,72 ^a	274,07 \pm 11,41 ^{bB}	275,60 \pm 13,14 ^{bB}	<0,001*
Grup Bn	325,53 \pm 7,77 ^a	316,80 \pm 8,40 ^{bC}	310,20 \pm 8,14 ^{bC}	<0,001*
Grup On	324,23 \pm 12,49 ^a	312,27 \pm 13,05 ^{bC}	308,37 \pm 13,04 ^{bC}	<0,001*
p ²	0,155*	<0,001*	<0,001*	

p¹ : Zamanlar arası p* değeri p² : Gruplar arası p* değeri
Aynı satırdaki aynı küçük harfler benzer zamanları göstermektedir.
Aynı sütundaki aynı büyük harfler benzer grupları göstermektedir.

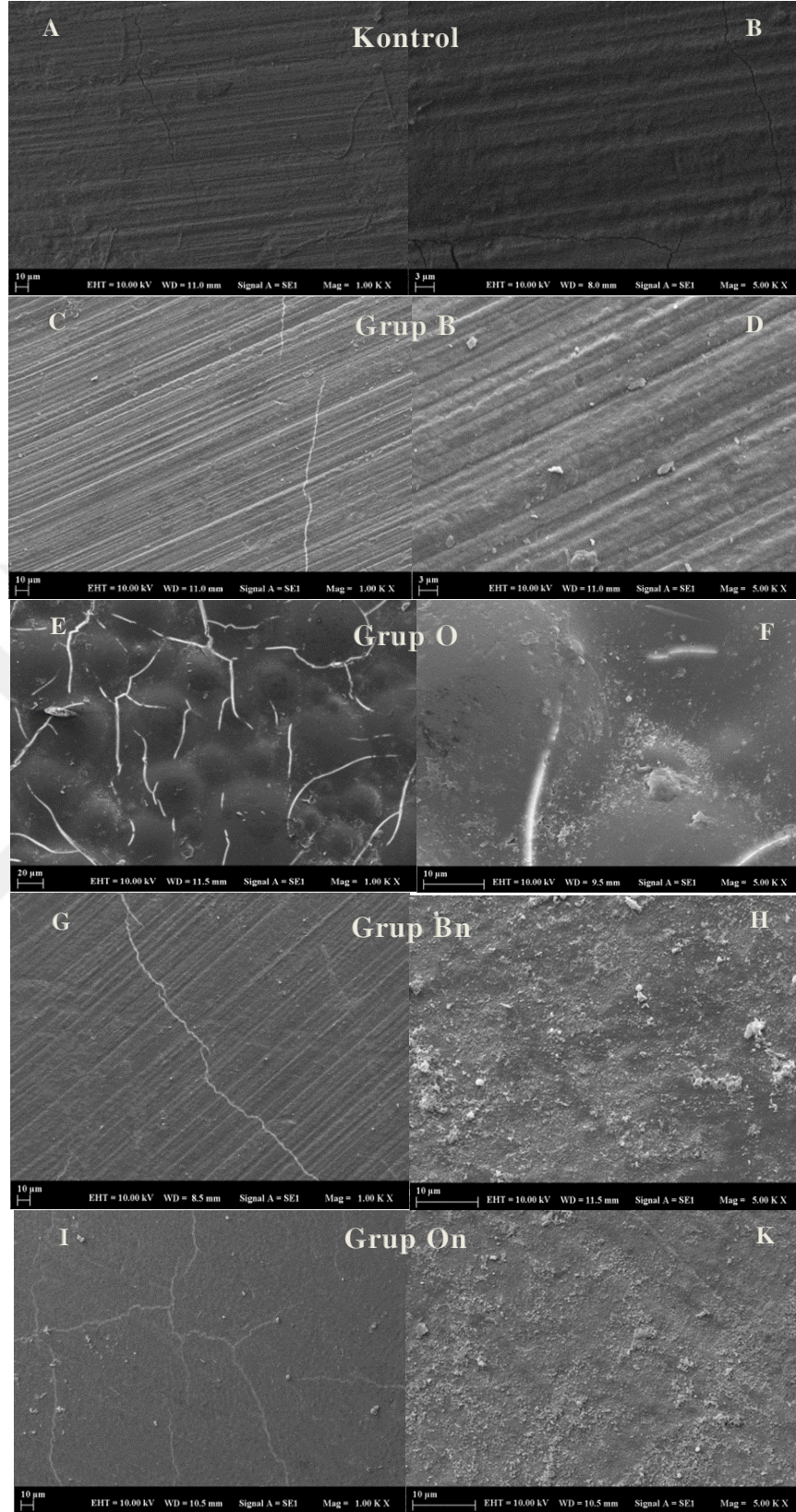


Şekil 4.4: Beyazlatma öncesi ve sonrası mikrosertlik değerleri ve grupların karşılaştırması.

Gruplar arasında beyazlatma öncesi dişlerin mikrosertlik değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi ($p>0.05$). Beyazlatma işleminden hemen sonra tüm gruplarda diş yüzeylerinde mikrosertlik değerinde azalma görüldü ($p<0.05$). Grup O, beyazlatma işlemi sonrası en düşük mikrosertlik değeri gösterdi. ($p<0.05$) Grup Bn, Grup B'ye göre istatistiksel olarak daha yüksek mikrosertlik değeri gösterdi ($p<0.05$). Grup On, Grup O'ya göre istatistiksel olarak daha yüksek mikrosertlik değeri gösterdi ($p<0.05$). Beyazlatmadan hemen sonra ve beyazlatmadan 1 hafta sonra yapılan ölçümlerde mikrosertlik değeri açısından anlamlı bir fark görülmedi. ($p>0.05$)

4.5 Sem/EDS Analizi ve Elemental Haritalama Sonuçları

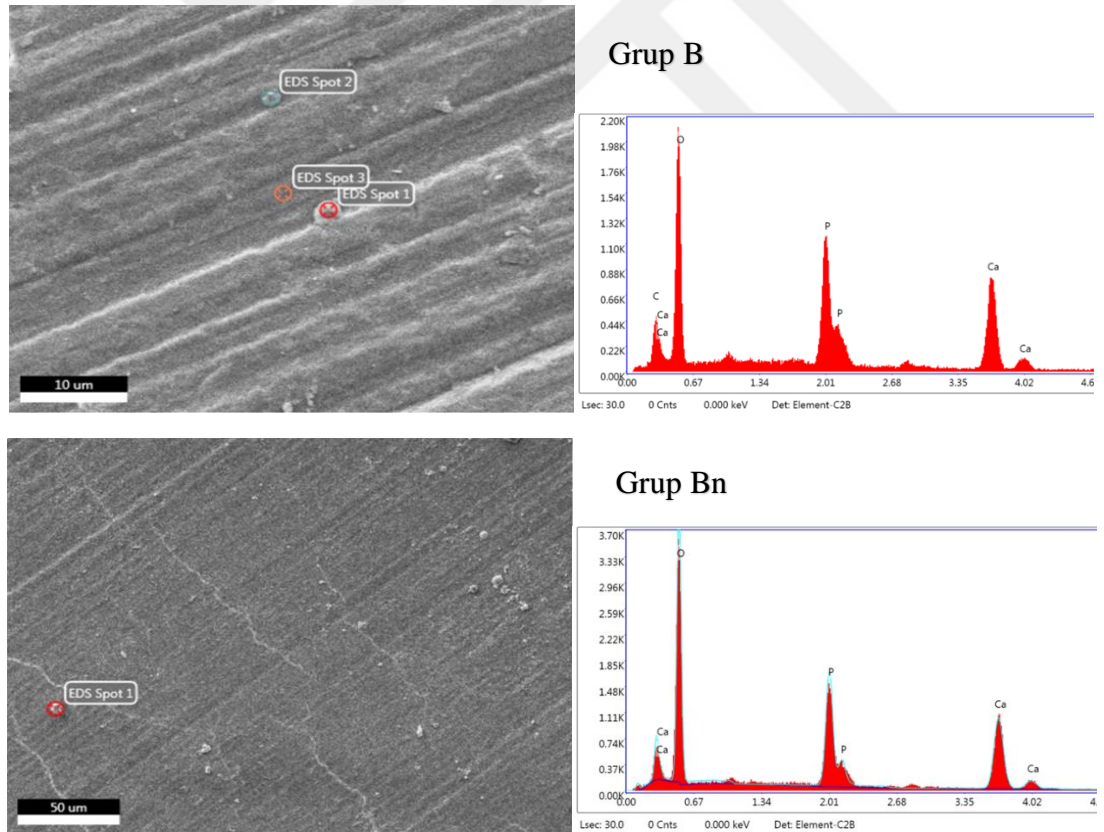
Beyazlatma işlemi uygulanmamış mine yüzeyi (kontrol) ve tedavi gruplarına ait örnekler SEM-EDS cihazında (Evo ls10, Zeiss, Almanya) 10 kV voltajla, 1000x ve 5000x büyütmede incelendi. Elde edilen görüntüler Şekil 4.5'te gösterilmektedir.



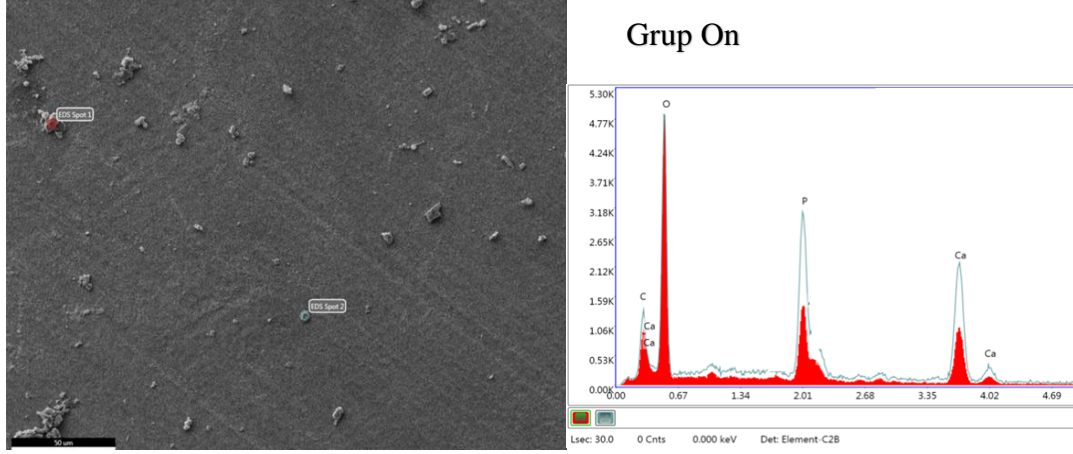
Şekil 4.5: Normal mine yüzeyi(kontrol A,B), Grup B (C,D), Grup O (E,F), Grup Bn (G,H), Grup On (I,K)'ye ait örneklerin 1000x(sol) ve 5000x(sağ) büyütmede izlenen SEM görüntüleri.

Tüm diş yüzeylerinde polisaj işlemi ile oluşan paralel aşındırma çizgileri görölmektedir. Grup O, Grup B' ye göre daha düzensiz bir yüzey ve yüzey boyunca çatlak benzeri oluşumlar gösterdi (şekil 4.5 E, F). Grup B ve işlem uygulanmamış mine yüzeyi kıyaslandığında x5000 büyütmede ise grup B'de diş yüzeyinde birtakım partiküllerin kümelendiği gözlemlendi (şekil 4.5 D) Beyazlatma ajanı sonrası deneysel n-HA jeli uygulanan grup Bn ve Grup On diş yüzeylerinin Grup O'ya göre daha pürüzsüz olduğu ve kalın bir tabaka ile örtüldüğü görüldü (şekil 4.5 H, şekil 4.5 K). Grup B, Grup Bn, Grup On yüzeylerinde daha yüksek büyütme (x5000), tek ve kümelenmiş partiküllerin mine yüzeyine yapıştığı görölmektedir (şekil 4.5 D, şekil 4.5, H, şekil 4.5 K). Bu parçacıklarının dağılımı homojen değildir.

Bu gruplarda diş yüzeyinde biriktiği görölen partiküllere point analizi yapıldı. Bu analiz sonucu görönlünen partiküllerin SEM görüntüleri ve EDS elemental içeriği (%) aşağıda verilmektedir. (şekil 4.6)



şekil 4.6: Diş yüzeyinde görölen partiküllerin SEM/EDS point analizi görüntüleri ve element analizi (%) grafiği.



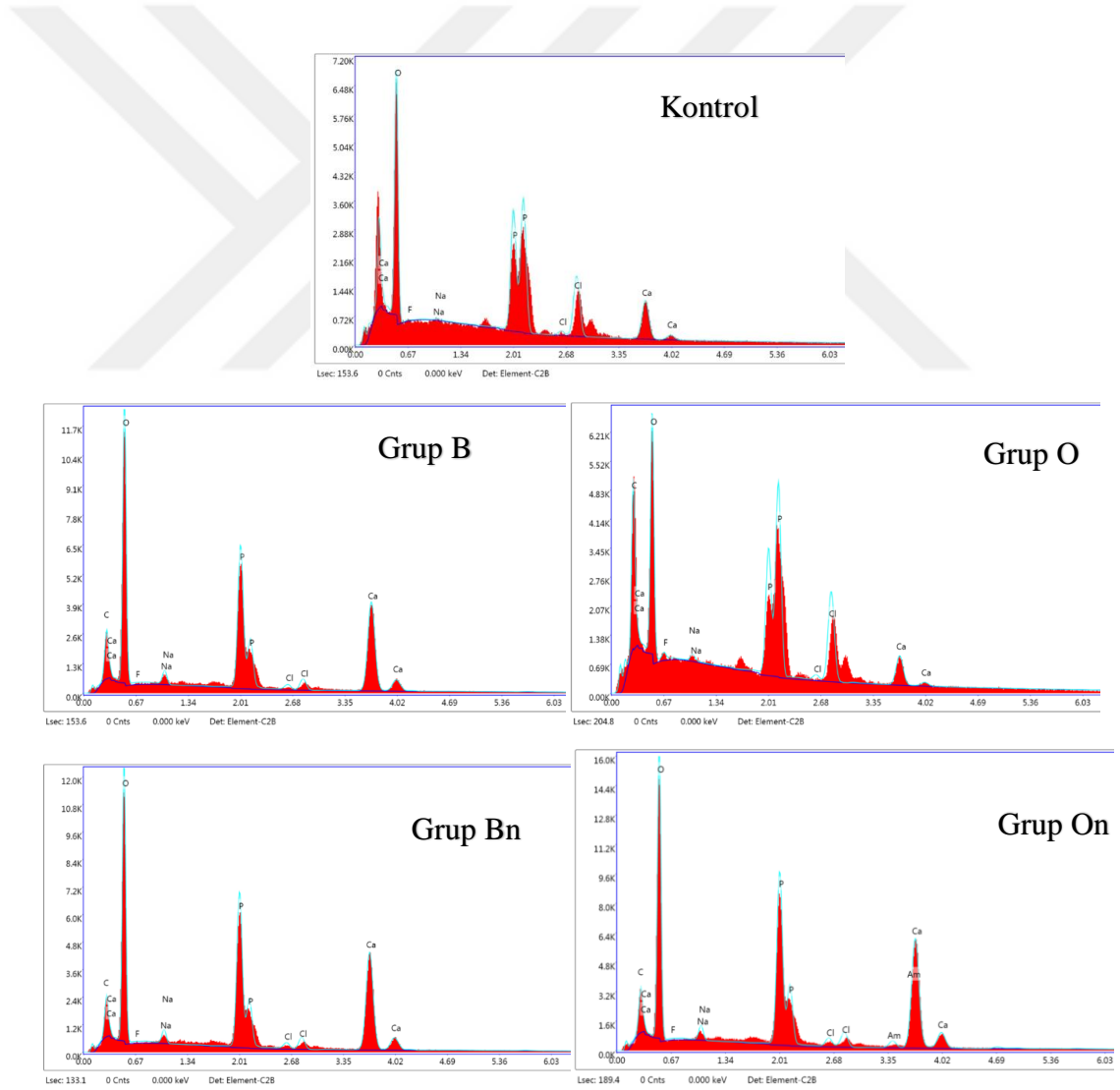
Şekil 4.6(Devam): Diş yüzeyinde görülen partiküllerin SEM/EDS point analizi görüntüleri ve element analizi (%) grafiği.

EDS point analizinde incelenen partiküllerde Ca, P, O kimyasal elementlerine rastlandı. Bu elementlerin HA yapısına ait $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ formülündeki elementler ile uygun olduğu görüldü. Ayrıca bu partiküllerin büyüklüğü <50 nm idi. Bu sebeple görülen partiküllerin n-HA yapısına ait olabileceği düşünüldü.

Tüm gruplar için diş minesinin O, F, Na, P, Cl ve Ca elementlerinin ağırlıkça % miktarları ve Ca/P oranı açısından kimyasal bileşimi EDS kullanılarak analiz edildi. Bütün gruplara diş yüzeylerinin SEM/EDS analizi sonucu gözlemlenen kimyasal elementlerin konsantrasyon değerlerinin ağırlıkça (%) oranları ve Ca/P oranı Tablo 4.4 ve Şekil 4.7’de görülmektedir. En düşük Ca/P oranı Grup O diş yüzeyinde gözlemlendi. Grup B diş yüzeyinde Grup O’ya kıyasla daha yüksek Ca ve P miktarı görüldü. Deneysel n-HA jeli uygulanan Grup Bn ve Grup On’de Ca ve P miktarının arttığı görüldü.

Tablo 4.4: Diş yüzeylerinin SEM/EDS analizi sonucu gözlemlenen O, F, Na, P, Cl ve Ca kimyasal elementlerin konsantrasyon değerlerinin ağırlıkça (%) oranları ve Ca/P oranı.

	Kontrol	Grup B	Grup O	Grup Bn	Grup On
O	41.78	34.13	33.86	33.04	29,51
F	0.12	0	0.89	0	0
Na	0.18	1.34	0.84	1.20	1.22
P	27.28	19.93	23.91	20.53	20.39
Cl	1.44	0.96	1.45	1.06	1.46
Ca	29.20	41.58	18.91	43.18	41.48
Ca/P	1.07	2.08	0.8	2.10	2,03



Şekil 4.7: Diş yüzeylerinde bulunan O, F, Na, P, Cl ve Ca elementlerinin (%) grafiksel analizi.

5. TARTIŞMA

Estetik kaygının bireyler için her geçen gün daha önemli hale gelmesi ile birlikte diş hekimliğinde estetik uygulamalara duyulan ilgi de artmıştır. Diş beyazlatma tedavisi, diş hekimliğinde uygulanan estetik ve medikal uygulamaların başında yer almaktadır. Beyazlatma tedavileri tatmin edici estetik sonuçlar meydana getirmesine rağmen, beyazlatma işleminin tedavisi süresince ve sonrasında diş sert dokusunda meydana getirdiği değişimler ve bu değişimlerin olumsuz sonuçlarını tedavi edebilmek amacı ile çeşitli uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tez çalışmasında, nanohidroksiapatit içeren ve içermeyen iki farklı beyazlatma ajanı uygulaması sonrası, deneysel nanohidroksiapatit jel kullanımının diş sert dokusu üzerindeki mikrosertlik, pürüzlülük ve renk değişimi üzerine etkileri ve morfolojik değişimleri in vitro olarak incelendi. Sonuç olarak nanohidroksiapatit içermeyen beyazlatma ajanı diş mine yüzeyinin mikrosertliğini belirgin oranda azaltıp, pürüzlülüğü arttırdığı gözlemlendi. Beyazlatma tedavileri sonrasında deneysel nanohidroksiapatit jelin kullanımı renk değişimini etkilemeden mikrosertliği arttırdığı ve pürüzlülüğü ise azalttığı görüldü. Bu sonuçlar doğrultusunda sıfır hipotez reddedilmiştir.

Vital diş beyazlatma tedavileri, düşük maliyeti ve kolay uygulanabilir olmasından dolayı son yıllarda popülerite kazanmıştır. Diş beyazlatma tedavisi, diş hekimi tarafından, ofis ortamında yapılabildiği gibi, hekim kontrolü altında hasta tarafından ev ortamında da uygulanmaktadır[8]. Ofis tipi uygulamalarda hızlı ve etkili bir beyazlatma sağlamak için hidrojen peroksit ya da karbamit peroksit yüksek konsantrasyonda kullanılmaktadır[147]. Birçok farklı beyazlatma prosedürü bulunmakla beraber hepsi ortak bir kimyasal reaksiyonu baz alır ve bu reaksiyon HP'in, peroksitlerin bozunma sonucu kararsız serbest radikallere dönüşüp, büyük pigment moleküllerini oksidasyon-redüksiyon reaksiyonları ile parçalamasıdır[148]. Bu amaçla çalışmamızda kullanılmak üzere n-HA içeren ve içermeyen iki farklı %40 HP içeren ofis tipi beyazlatma jeli kullanıldı. Çalışmamızda kullanılmak üzere; klinik ortamda beyazlatma işleminin daha sık uygulandığı ve yüzey alanının geniş olması sebebi ile daha rahat çalışma ortamı sağlayacak olan insan üst ön keser dişleri kullanıldı. Ayrıca farklı diş grupları; mine yapısı, kalınlığı ve kristal düzeni açısından da önemli farklılıklar gösterebileceği ihtimaline karşılık tüm gruplar üst kesici dişlerden oluşturuldu.

Dişlerin deney öncesi saklanma koşulları çalışmanın güvenilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Dişlerin saklandığı solüsyonlar nedeniyle mineralize doku yüzeylerinde kimyasal değişiklikler gerçekleşebilmekte ve bu da diş yüzey mikrosertliğinin ve mineral yapının analizinde ölçüm güvenilirliğini etkilemektedir[149]. Günümüzde dişlerin çekiminin ardından içerisinde bekletilmesi amacı ile distile su, serum fizyolojik, sodyum hipoklorit, antimikrobiyal solüsyonlar gibi farklı solüsyonlar kullanılmaktadır. ISO (1994); deney dişlerinin saklandığı ortamda, içinde bulunduğu solüsyondaki herhangi bir malzemenin dişin yapısına girerek değişikliklere neden olabileceğini ve bu nedenle yapılacak dişlerin distile suda saklanmasının daha güvenilir olduğunu bildirmiştir. Bu amaçla çalışmamızda kullanılacak dişler, deney aşamasına kadar ve çalışma boyunca distile suda kapalı bir ortamda bekletildi distile su periyodik olarak değiştirildi[150].

Ölçüm yapılacak dişlerde mekanik özellikleri etkilememesi amacı ile çürüksüz dişler tercih edildi. Yapılan bir çalışmada süt dişlerinde çürüklü ve çürüksüz alanların mikrosertliği değerlendirilmiş ve mikrosertliğin çürük alanlarda, sağlıklı alanlara oranla daha az olduğunu belirtilmiştir[149]. Bu nedenle yapılan bu çalışmada örneklerin standardizasyonunu sağlamak amacıyla çürüksüz, çatlak, kırık hattı içermeyen periodontal sebepler ile çekilmiş üst ön keser dişler kullanıldı.

Diş yüzeylerinin standartizasyonu için yüzeyler; sırasıyla 800,1000,1200 grenlik silikon karbid zımparalarla 50 rpm hızı ile 10'ar saniye, polisaj cihazı kullanılarak su soğutması altında düz, parlak bir yüzey haline getirildi. Numuneler, bir ultrasonik temizleyici, kullanılarak 15 saniye süreyle deiyonize su ile temizlendi[151]. Mine yüzeylerinde dentin dokusunun ortaya çıkmamasına dikkat edildi. Ölçümler sırasında doğru sonuç alabilmek için dişlerin düz bir zeminde durmasını sağlamak amacı ile dişler soğuk akrilik bloklar içine gömüldü.

Diş yüzeylerine beyazlatma jeli uygulaması üreticilerin talimatlarına göre uygulanmış olup, iki beyazlatma ajanı için de üretici talimatlarına uyularak beyazlatma uygulaması sırasında herhangi bir ışık kaynağı kullanılmadı. Ayrıca yapılan güncel çalışmalar, ışıkla aktive olan ajanların kullanımının dental beyazlatmanın etkinliğinde bir fark yaratmadığını, daha iyi bir estetik sonuç elde etmek için ışık kaynağı kullanımının zorunlu olmadığını bildirmişlerdir [51] [52].

Bir dişin görünür rengi estetik açıdan en önemli kriterlerden biridir. Diş hekimliğinde diş ve materyallerden renk tespiti spektrofotometre, kolorimetre, dijital kameralar ve renk skalaları ile yapılmaktadır. Paul ve ark. yaptığı, görsel yöntemler ve spektrofotometrelerin renk seçimindeki başarısını değerlendirdikleri çalışmalarında , spektrofotometrelerin doğru sonuçlar veren, pratik ölçüm yapan cihazlar olduğunu bildirmişlerdir[152]. Bu tez çalışmasında; güvenilir sonuçlar vermesi, uygulamasının kolay ve tekrarlanabilir oluşu, yaygın kullanılan cihazlardan biri olması nedeniyle Vita Easysshade 4.0 Advance ile renk analizleri yapıldı. Yapılan ölçümlerde standardizasyonun sağlanması için kronun üçte-bir orta kısmın merkezinden üç ölçüm yapıldı, ortalaması alındı ve iki ölçüm arasındaki ΔE değerleri hesaplandı. Ölçümler beyazlatmadan hemen önce, beyazlatmadan hemen sonra ve dehidratasyona bağlı olarak ortaya çıkabilecek olumsuz sonuçları önlemek amacı ile beyazlatmadan bir hafta sonra olmak üzere tekrarlandı. Başlangıç ve beyazlatmadan hemen sonra yapılan ölçümler sonucu ortaya çıkan ΔE_1 değeri 3.2; başlangıç ve beyazlatmadan bir hafta sonra yapılan ölçümler sonucu ortaya çıkan ΔE_2 değeri 2.7'dir. Bir spektrofotometrede kaydedilen renk değişikliği miktarı ile klinik ortam arasındaki ilişkiyi belirlemek için NBS sistemi kullanılmaktadır[145]. Bu sisteme göre çalışmamız sonucu bütün gruplarda klinik olarak gözle görülebilir bir renk değişikliği tespit edildi. Beyazlatmadan 1 hafta sonra ölçülen ΔE değeri, beyazlatmadan hemen sonra ölçülen ΔE değerine göre daha düşük değer gösterdi fakat istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi. ΔE değerindeki gözlenen bu düşüş; beyazlatmadan hemen sonra diş yüzeyinde dehidratasyona bağlı olarak daha opak bir görüntü oluşmasına bağlanabilir. Sonuç olarak bu tez çalışmasında kullanılan her iki beyazlatma ajanının da diş yüzeylerinde belirgin bir renk değişimine neden olduğu, beyazlatma sonrası uygulanan deneysel nanohidroksiapatit jel kullanımının da beyazlatma tedavisinin renk değişimi üzerine olan etkisini değiştirmediği gözlemlendi.

Yapılan in vitro ve in vivo çalışmalar, ev tipi veya ofis tipi beyazlatma sırasında veya sonrasında değişen konsantrasyonlarda hidroksiapatit kullanımının diş yüzeylerindeki değişimlerini değerlendirmiştir. Bu tez çalışmasının sonuçlarına benzer olarak, önceki yıllarda yapılan çalışmalarda da beyazlatma ajanı, hidroksiapatit konsantrasyonu ve uygulama tekniği ne olursa olsun, hidroksiapatitin beyazlatma etkisine müdahale etmediğini göstermiştir[121,153-155]. Nanohidroksiapatit konsantrasyonunun beyazlatma jelinin diş yüzeylerindeki beyazlatma yeteneğini değiştirmemesini, Jiang

ve arkadaşları, beyazlatma etkisinin esas olarak hidrojen peroksit nedeni ile gerçekleşmesine bağlamışlardır[154]. Mine nispeten yarı saydam bir yüzey olduğundan, genel diş renginin belirlenmesinde dentin rol oynar. Joiner ve arkadaşları, nanohidroksiapatit dentin tabakasına penetre olamadığından, beyazlatma ajanının etkinliğini değiştirmediğini öne sürmüşlerdir[17].

Bu tez çalışmasında %40 HP içeren iki farklı beyazlatma jeli kullanıldı. Bu beyazlatma jellerinin birisi n-HAP içermekte ve alkali yapıda bulunmakta iken diğeri n-HAP içermemekte ve nötr yapıya sahip olmaktadır. Sonuç olarak yapılan renk ölçümleri sonunda bu iki beyazlatma ajanının diş yüzeylerindeki beyazlatma etkisi arasında fark tespit edilmedi. Benzer beyazlatma etkisinin nedeni her iki beyazlatma ajanının aynı konsantrasyonlarda HP içermesi olabilir.

Bir malzemenin çizilmeye, kesilmeye, aşınmaya ve karşı gösterdiği dirence sertlik denir. Diş minesi yüzeyinde mikrosertlik ölçümü bizlere indirekt olarak mineral kaybı ya da kazancı hakkında bilgi verebilir. Günümüzde birçok mikrosertlik ölçme yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerden hangisinin kullanılacağı genellikle araştırmacının kararına bağlıdır. Gutiérrez-Salazar ve arkadaşları dişlerin sertliğinin ölçülmesi ile ilgili yaptıkları bir çalışmada, Vickers mikrosertlik ölçüm alanının kare şeklinde olmasından ötürü daha dengeli bir basınç oluşturduğunu ve bu yüzden de mine, dentin gibi sertlikleri farklı olan dokularda veya düz olmayan yüzeylerde bile Knoop mikrosertlik ölçümünden daha kullanışlı olduğunu iddia etmişlerdir [156]. Bu nedenle, çalışmamızda Vickers mikrosertlik ölçüm yöntemi tercih edildi.

Mine ve dentin için ortalama sertlik değeri 250 ila 360 VHN aralığındadır[157]. Bu değerler; dişlerin histolojik özellikleri, kimyasal bileşim, numune hazırlama ve saklanması ve girinti uzunluğundaki (IL) yük ve okuma hatası gibi faktörlerden etkilenebilir [156]. Çalışmamızda kullanılmak üzere seçilen 52 adet üst ön keser dişin başlangıç mikrosertlik ölçüm değerleri literatüre uygun şekilde; 281-352 VHN arasında değerler gösterdi. Ayrıca başlangıç mikrosertlik değeri ölçümlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi.

Beyazlatma işleminin uygulamasının mine yüzeyinde birtakım değişiklikler yaptiğı bilinmektedir. Literatürde özellikle mine morfolojisi ve mikrosertlik değerindeki değişimler hakkında birçok çalışma yapıldiğı görülmektedir. Çalışmamızda gruplara ayrılan örneklerin mine yüzeyinin başlangıç, beyazlatmadan hemen sonra ve 1 hafta

sonra olmak üzere mikrosertlik değerleri incelendi. Literatürde yapılan çalışmalarda, yüksek HP konsantrasyonuna sahip beyazlatıcı jellerin, örneğin %38, %35 ve %25, minenin mikrosertlik değerlerinde önemli düşüşlere neden olduğu görölmüştür[158]. Bu çalışmaların aksine Kwonet ark. %25 HP ile ağartma sonrası mikrosertlik değerlerinde önemli bir fark olmadığını bildirmiştir[159]. Bu tez çalışmasında %40 HP içeren beyazlatma ajanları ile yapılan beyazlatma işlemi hemen sonrasında incelenen tüm gruplarda mikrosertlik değerlerinde azalma tespit edildi. Ayrıca beyazlatmadan 1 hafta sonra ve beyazlatmadan hemen sonra yapılan ölçümlerde mikrosertlik değerleri arasında herhangi bir fark belirlenmedi. Parreiras ve ark. yaptığı bir in vitro çalışmada, beyazlatma ajanı uygulanmış dişlerde mikrosertlik değerinin belirgin bir düşüş gösterdiğini fakat 1 hafta sonra tekrarlanan ölçümlerde elde edilen mikrosertlik değerinin başlangıç mikrosertlik değerine benzer olduğunu tespit etmişlerdir. Bu tez çalışmasından farklı olarak elde edilen bu sonuç, dişlerin distile su yerine yapay tükürük solüsyonunda bekletilmesi nedeni ile remineralizasyona uğramış olabileceğidir [47].

Önceki yıllarda yapılan çalışmalarda, beyazlatma jellerinin içine çeşitli remineralize edici ajanların eklenmesinin olumlu etkileri bildirilmiştir[160, 161]. Jiang T ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada n-HA tozu karıştırılmış %30 HP ve sadece HP uygulanmış diş yüzeylerinde mikrosertlik değerlendirmesi sonucunda; n-HA eklenmiş grupta daha yüksek mikrosertlik değerleri tespit edildiği görölmüştür [154]. Kutuk ZB ve ark. tarafından yapılan bir başka çalışmada ise beyazlatıcı macuna n-HA süspansiyonun homojen bir şekilde karıştırılıp diş yüzeyine uygulanmasının, sadece beyazlatıcı macun uygulamasına göre mikrosertlik değerini arttırdığı görölmüştür[160]. Önceki alışma sonuçlarına benzer şekilde bu tez çalışmasında da n-HA içeren vital beyazlatma ajanının, içermeyen vital beyazlatma ajanına göre diş yüzeylerinde daha yüksek mikrosertlik değerine neden olduğu görüldü. Vital beyazlatma ajanı sonrası deneysel n-HA jel kullanımının etkisi değerlendirildiğinde ise, deneysel n-HA jel kullanımının diş yüzeylerinde mikrosertlik değerini arttırdığı tespit edildi. Benzer olarak Freiria ACB ve ark. %10 karbamid peroksit ile beyazlatma işleminin sonra yapay beyaz nokta lezyonlarının n-HA kaynaklı remineralizasyonunun etkisini incelemek için yaptıkları çalışmada, n-HA'nın yüzey mikrosertliğini arttırarak remineralizasyona olumlu etki sağladığı, estetik sonucu değiştirmediğini bildirmiştir[162]. Remineralizasyon etkisinin sebebi, beyazlatma

ajanının lezyonun merkezine nüfuz edip, belirli seviyelerde demineralizasyon yaratarak, n-HA'nın aktifleşmesine neden olan asidik ortamı yaratması ve böylece n-HA'nın mine üzerinde kalsiyum birikimini kolaylaştırması olarak açıklanabilir[163, 164].

Bu tez çalışmasında beyazlatma jellerinin uygulanması sonrası diş yüzeylerinde en düşük mikrosertlik değeri n-HA içermeyen Opalescence Boost %40 PF uygulanan grupta gözlemlendi. Moradi Z. ve arkadaşlarının Opalescence Boost %40 PF ve birkaç beyazlatma jelini kıyasladıkları çalışmada, beyazlatma işlemi sonrası en düşük mikrosertlik değerinin Opalescence Boost %40 PF grubunda olduğunu bildirmişlerdir[165]. Opalescence Boost %40 PF'nin nötr pH değeri göz önüne alındığında, beyazlatma sonrası mikrosertlik değerinde gözlenen azalmanın, beyazlatma ajanının asitliği dışındaki başka diğer faktörler nedeni ile olduğunu düşündürmektedir. Bu grupta beyazlatma sonrası minenin yüzey mikrosertliğinin azalması, beyazlatma jelindeki düşük fosfor ve kalsiyum iyonları konsantrasyonu ve yüksek sodyum ve klorür konsantrasyonu nedeniyle mine yüzeyindeki demineralizasyonla ilişkili olabileceği ve sonuç olarak daha az HA doygunluğuna yol açılabileceğini bildirmişlerdir[158]. Yine benzer şekilde yapılan bir başka çalışmada üç farklı beyazlatma ajanı diş yüzeylerine uygulanmış ve sonuç olarak beyazlatma sonrası en düşük mikrosertlik değeri yüksek konsantrasyonlu Opalescence Boost PF 40% HP grubunda bulunmuştur[166]. Benzer şekilde bu tez çalışmasında da SEM/EDS elemental haritalama analizi sonrası mine yüzeylerinde en düşük Ca/P değeri Opalescence Boost %40 PF uygulanan grupta görüldü. SEM/EDS analizinde elde edilen bu sonuç, Opalescence Boost %40 PF uygulanan grupta mine yüzeylerinde elde edilen en düşük mikrosertlik değerini açıklamaktadır.

Bir yüzeyin pürüzlülüğü; o yüzeyin estetik görüntüsünde ve renklenmesinde, plak akümülyasyonunda sekonder çürük ve gingival irritasyon oluşumunda önemli bir etkiye sahiptir. Yüzey pürüzlülüğü kalitatif ve kantitatif metodlar ile ölçülebilmektedir. Çalışmamızda kantitatif bir metod olan konvansiyonel profilometre yardımı ile Ra cinsinden pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Ra değeri; ölçüm yapılan alan içinde kalan profil yükseklik değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. Yapılan çoğu dental araştırmada yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmede sadece Ra değeri kullanılmaktadır[133, 134]. Uygulamanın kolay, tekrar edilebilir ve güvenilir olması sebebi ile bu yöntem seçilmiştir. Literatürde klinik olarak kabul edilebilir pürüzlülük değeri (Ra), plak

retansiyonu ve akümülyasyonu için kritik değer olan 0.2 µm olarak belirlenmiştir[167]. Çalışmamızda elde edilen sonuçlarda tüm gruplar için pürüzlülük değerinin 0.2 µm'nin altında olduğu ve plak akümülyasyonu açısından klinik olarak kabul edilebilir olduğu tespit edildi.

Önceki yıllarda yapılan çalışmalarda, beyazlatma ajanlarının diş minesinin mineral içeriği ve morfolojisinde değişiklikler oluşturabileceğini göstermiştir[154, 168]. Beyazlatma ajanlarınca indüklenen mineral kaybı, başlangıç çürük lezyonlarına benzer şekilde mine yüzey altında oluşur. Mineral içeriğindeki bu kayıp mine prizmaları arasında aralık artışı, yüzey pürüzlülüğü ve Streptococcus mutans adezyonunda artış şeklinde görülür. Zalkind ve ark(1996). beyazlatma etkisi ve mine yüzey değişiklikleri arasında yakın ilişki olduğunu bildirmişlerdir[169].

Bu tez çalışmasında pürüzlülük değerleri beyazlatma öncesi, beyazlatmadan hemen sonra ve 1 hafta sonra olacak şekilde tekrarlandı. Beyazlatma öncesi ve sonrası pürüzlülük değerlerine bakıldığında sadece Opalescence Boost %40 PF vital beyazlatma ajanı uygulaması sonrası pürüzlülük değerlerinin arttığı, diğer gruplarda anlamlı bir fark olmadığı belirlendi. Bu sonuca benzer olarak Lugo-Varillaset ark. tarafından yapılan çalışmada da %40 HP ile yapılan beyazlatma sonrası yüzey pürüzlülük değerlerinde önemli bir artış belirlendiği bildirilmiştir [170]. Nishio M. ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada çekilmiş insan dişleri, üreticinin talimatlarına göre Opalescence Boost %40 PF ile beyazlatılmış, ardından gece boyunca n-HA içeren solüsyonuna daldırılmış ve sonuç olarak SEM ile elde edilen görüntülerde mine yüzeyinin n-HA solüsyonuna daldırılan örneklerin, diğer örneklere göre daha pürüzsüz olduğu görülmüştür[171]. Bu tez çalışmasında da benzer şekilde, n-HA içeren Biowhiten İn-office %40 n-HA beyazlatma jeli SEM analizi sonucu daha pürüzsüz bir yüzey gösterdi ve her iki beyazlatma ajanı uygulaması sonrasında deneysel n-HA jeli uygulamasının daha pürüzsüz yüzeylere neden olduğu görüldü.

Farklı içeriklere sahip olan peroksit içeren vital beyazlatma ajanlarının pH'ı hemen hemen nötre yakın olmasına rağmen minede farklı etki oluşturdukları gösterilmiştir[172]. Düşük pH'a sahip ajanların mineye etki etmede daha agresif olabileceği düşünülmektedir. Beyazlatma ajanının pH seviyesinin mine yüzeyinde oluşan pürüzlülükten kaçınmak için önemli bir özellik olduğu bildirilmiştir[31]. Daha önce yapılan çalışmalarda asidik pH'a sahip beyazlatıcı ajanların mikrosertlikte azalmaya ve yüzey pürüzlülüğünde artışa neden olduğu, ancak nötral pH'ın diş

yüzeyinde olumsuz bir etkiye neden olmadığı gösterilmiştir[173, 174]. Bu tez çalışmasında kullanılan %40 HP içeren iki vital beyazlatma ajanı da başlangıçta nötr pH düzeyine sahiptir. Bununla birlikte, Biowhiten İn-office %40 n-HA içeren vital beyazlatma ajanı aktivasyondan sonra Opalescence Boost %40 PF vital beyazlatma ajanına göre daha alkali bir pH'a sahip olmaktadır. n-HA içeren Biowhiten İn-office %40 vital beyazlatma ajanı uygulamasının, Opalescence Boost %40 PF vital beyazlatma ajanına göre oluşturduğu daha düşük pürüzlülük değerlerinin nedeni, diş yüzeyine uygulandıktan sonra değişen pH'ın yanında n-HA içeriğinin diş yüzeyinde iyon çökmesine yol açarak yüzeyden madde kaybını engelleyip yüzeyin pürüzlülük değerinde azalmaya neden olması ile açıklanabilir.

Beyazlatma işlemi sonrası mine yüzeyinde olumlu etkiler elde etmek amacıyla çeşitli remineralize edici ajanlar denenmiştir. Coceska E. ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, ofis tipi ve lazer ile beyazlatma tedavisi sonrası minede madde kaybı ve morfolojik değişiklikler meydana geldiğini, tedavi edici olarak kullanılan flor, ACP, n-HA içeren macunların kullanılmasına bağlı olarak bu etkilerin geri döndürülebilir olduğunu belirtmişlerdir[175]. Costa ve Mazur, %0,11 NaF veya amorf kalsiyum fosfat (ACP) içeren farklı karbamid peroksit beyazlatma jellerini ve ayrıca diş beyazlatmadan sonra 5 dakika boyunca %1,23 asitleştirilmiş fosfat florür (APF) jeli uygulamanın etkisini test etmişlerdir. Beyazlatma ajanının içindeki florür veya ACP'nin beyazlatma sonrası mikrosertlik değerlerindeki düşüşü engellemediğini ancak tedavinin son aşamasında flor uygulamasının mikrosertlik değerlerinde önemli bir artış sağladığını bildirmişlerdir[176]. Scribante A. ve arkadaşlarının yaptığı bir diğer çalışmada ise beyazlatma tedavisi uygulamasının ardından HA ve sodyum florür bazlı bir profilaksi patı ile remineralize edici bir tedavinin, beyazlatma tedavisinden sonra mine mikrosertlik değerlerini artırmada etkili olduğu gösterilmiştir[177]. Başka bir çalışmada ise kalsiyum veya florür gibi remineralize edici maddeler içeren ticari beyazlatma ajanları ile geleneksel beyazlatma jellerinin diş yüzeylerinde benzer beyazlatma etkisi gösterdiği, kalsiyumun beyazlatma ajanına dahil edilmesinin mikrosertlik değerindeki olumsuz etkileri en aza indirdiği tespit edilmiştir[178]. Bu tez çalışmasında remineralizasyon amacı ile; kitosan ilave edilmiş deneysel n-HA jeli kullanıldı. Sonuç olarak %40 HP içeren beyazlatma ajanı sonrası kitosan ilave edilmiş deneysel n-HA jeli uygulamasının mine yüzeyinde pürüzlülük değerini azalttığı belirlendi.

Kitosan ile ilgili yapılan bir araştırmada, beyazlatma jellerine %2 kitosan ilavesinin, diş beyazlatma sonrasında daha az yüzey pürüzlülüğü ile sonuçlandığı bildirilmiştir[179]. Bu sonuç kitosanın diş yapısı ile etkileşimi ile açıklanmaktadır. Pozitif yükü nedeniyle kitosan, mine yüzeyi gibi negatif iyonlu yüzeylere elektrostatik olarak bağlanmaktadır[180]. Kitosan, beyazlatma jellerinde veya jel uygulamasından sonra diş yüzeyinde bulunan asidik pH ortamlarında stabildir. Bu şekilde, minenin korunduğu, iyon kaybının önüne geçildiği düşünölmektedir. Ayrıca kitosanın iyonlara bağlanma yeteneği nedeni ile n-HA jel formölasyonunda bulunan kalsiyum ve fosfor gibi minerallerin mineye dahil edilmesini sağlayan bir taşıyıcı rol oynadığı ve bu şekilde yüzey pürüzlülüğünü azalttığı düşünölmüştür[181].

Beyazlatma tedavilerinin olası yan etkilerinden biri de organik veya inorganik elementlerin oksidasyonu ile mine yapısının zayıflamasıdır[182]. Bu amaçla beyazlatma ajanlarının etkilerini mineral kaybı, demineralizasyon derecesi ve diş yüzeyi morfolojisindeki değişiklikler açısından değerlendirilen birçok çalışma yapılmıştır, ancak bugüne kadar ortaya çıkan sonuçlar oldukça çelişkilidir[95, 183-185]. Orilisi G. ve arkadaşlarının n-HA içeren %6,12,18 lik HP beyazlatma ajanlarının mine morfoljisinde yaptığı değişimleri inceledikleri çalışmalarında mine morfolojik ve kimyasal analizi açısından beyazlatma uygulanmamış kontrol grubu ile n-HA içeren beyazlatma ajanlarının uygulandığı diş yüzeylerinde belirgin bir farklılık görölmemiştir[186]. Bistey ve ark., n-HA içermeyen %10-30 HP bazlı beyazlatma ajanlarının mine yüzeyinde ciddi morfolojik değişikliklere neden olabileceğini belirtmektedir[187].

Bu tez çalışmasında, bu amaçla her gruptan ikişer örnekten beyazlatma öncesi ve sonrası SEM/EDS görüntüleri alındı ve diş yüzeyinde bulunan elementlerin ağırlıkça % analizi yapıldı. SEM/EDS , diş minesinin mineral bileşenini incelemek için oldukça hassas bir tekniktir[188]. Diş yüzeyinde ortaya çıkan değişikliklerin incelenmesi amacı ile Ca, P oranı dikkate alınmaktadır. Çalışmamızda n-HA içeren Biowhiten İn-office %40 n-HP uygulanan grupta, Opalescence Boost %40 PF uygulanan gruba göre daha yüksek Ca/P değerleri göröldü. Tüm gruplar arasında en düşük Ca/P oranı Opalescence Boost %40 PF uygulanan grupta göröldü. Mineral içeriğindeki bu kayıp bu gruplarda mine yüzeyinde tespit edilen pürüzlölük artışı ve mikrosertlik değerlerinde gözlenen düşüşü açıklamaktadır. Bununla birlikte Opalescence Boost %40

PF uygulaması ardından deneysel n-HA jeli uygulanmasının diş yüzeylerinde Ca/P oranını önemli derecede arttırdığı da tespit edildi.

Literatürde de HP'nin yüksek konsantrasyonlarının Ca/P oranını değiştirebildiği ve iki elementin seviyesindeki düşüşlerin geri dönüşsüz bir değişikliğe yol açarak remineralizasyon sürecinin oluşmasını engelleyebileceği bilinmektedir[189]. Beyazlatma tedavilerinde etkili bir sonuç elde edilebilmesi için kullanılan beyazlatma ajanının yan etkilerinin engellenebilmesi oldukça önemlidir. Beyazlatma ajanlarının oluşturabileceği kimyasal ve mikroyapısal değişikliklerin dişlerin yüzey özelliklerini, mineralizasyon derecesini ve belki de çürük benzeri lezyon gelişimini etkileyebileceği unutulmamalıdır. Mevcut bilimsel literatür, dişlerin mineral yapısına benzeme, biyoaktivite ve biyouyumluluk gibi önemli avantajları sayesinde n-HA'nın değişen mine morfolojisinin onarımında çok önemli bir rol oynadığını iyi bir şekilde göstermektedir[190, 191]. n-HA, demineralize yüzeylerle güçlü bir afinite gösterir ve demineralizasyon tarafından oluşturulan gözeneklere bağlanabilir[114]. Demineralizasyon sırasında, n-HA partikülleri, minede stabil bir prizmatik yapı oluşturmak için kristal yapısını koruyarak bir araya toplanabilir[192]. Benzer şekilde bu tez çalışmasında incelenen SEM görüntülerinde, deneysel n-HA jeli kullanılan gruplarda diş yüzeylerinde tek ve kümelenmiş partiküllerin mine yüzeyine yapıştığı görülmektedir. Bu partiküllerden elde edilen EDS point analizi sonrası içerisinde Ca,P,O elementleri içeren boyutu <50nm olan bu kristalitlerin; SEM, XRD sonuçları, çalışmamızda sentezlenen HA'nın, kimyasal ve yapısal olarak doğal mineye benzeyen, n-HA yapısına ait olduğu düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu *in vitro* tez çalışmasında; farklı vital beyazlatma ajanlarının uygulanması sonrasında kitosan ilave edilmiş deneysel n-HA jel kullanımının mine yüzeyinde oluşturduğu fiziksel ve morfolojik değişimler incelendi.

Bu tez çalışmasının sınırları dahilinde;

- 1) Bütün tedavi gruplarında diş yüzeylerinde klinik olarak gözle görülür renk değişimi gözlemlendi.
- 2) Beyazlatma ajanı uygulaması sonrası tüm gruplarda mine yüzeylerinde mikrosertlik değerinin azaldığı görüldü.
- 3) Beyazlatma ajanı uygulaması sonrası sadece n-HA içermeyen Opalescence Boost %40 PF beyazlatma ajanının uygulandığı grupta yüzey pürüzlülüğünde artış görüldü.
- 4) Opalescence Boost %40 PF beyazlatma ajanı uygulaması sonrası mine yüzeyinde Ca/P kaybı meydana geldi.
- 5) n-HA içeren Biowhiten İn-office %40 n-HP beyazlatma ajanının, içermeyen Opalescence Boost %40 PF beyazlatma ajanına göre diş yüzeylerinde daha yüksek mikrosertlik değeri, daha yüksek Ca/P oranı ve daha az yüzey pürüzlülüğü oluşturduğu görüldü.
- 6) Kitosan ilave edilmiş deneysel n-HA jeli uygulaması sonucu diş yüzeylerinde n-HA partiküllerinin homojen olmayan bir şekilde biriktiği gözlemlendi.
- 7) Beyazlatma ajanları sonrası kitosan ilave edilmiş deneysel n-HA jel uygulaması; beyazlatma etkinliğini değiştirmeden, diş yüzeyinde Ca/P oranını arttırdı ve mikrosertlik, yüzey pürüzlülüğü değerlerinde olumlu etkiler meydana getirdi.
- 8) Beyazlatma işleminden hemen sonra ve 1 hafta sonra yapılan ölçümler arasında renk değişimi, mikrosertlik değeri ve yüzey pürüzlülüğü değerleri açısından bir fark görülmedi.

Bilgilerimiz dahilinde bu çalışma beyazlatma uygulaması sonrası kitosan ilave edilmiş deneysel n-HA materyalinin kullanıldığı ilk çalışmadır. Çalışmamızın limitasyonlarından biri; deney aşamasında ağız ortamını taklit etmek amacı ile yapay tükürük kullanımı ve pH döngüsü, fırçalamanın etkisine maruz bırakılmanın elde edilen sonuçlara daha doğru katkılar sunabileceğidir. Elde ettiğimiz deneysel n-HA jeli beyazlatma ajanlarının içine ilave edilerek etkisi gözlenebilir. Çalışmamızda mine yüzeyinde oluşan etkiler ve değişimler incelenmiş olup, dentin hassasiyeti ve adeziv sistemlerin bağlanma dayanımları üzerine etkiler incelenebilir. Gelecekte yapılacak yeni çalışmalar, kitosan ilave edilmiş n-HA materyalinin remineralizasyon, dentin hassasiyeti, adezyon konularında katkısının kapsamlı bir şekilde incelenmesi açısından umut vaat etmektedir.

KAYNAKLAR

1. Barghi, N., *Making a clinical decision for vital tooth bleaching: at-home or in-office?* Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995), 1998. **19**(8): p. 831-8; quiz 840.
2. Joiner, A., N. Jones, and S. Raven, *Investigation of factors influencing stain formation utilizing an in situ model.* Advances in Dental Research, 1995. **9**(4): p. 471-476.
3. Ten Bosch, J. and J. Coops, *Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness.* Journal of dental research, 1995. **74**(1): p. 374-380.
4. Goldstein, R.E. and D.A. Garber, *Complete dental bleaching.* 1995: Quintessence Publishing (IL).
5. Watts, A. and M. Addy, *Tooth discolouration and staining: a review of the literature.* British dental journal, 2001. **190**(6).
6. Dadoun, M.P. and D.W. Bartlett, *Safety issues when using carbamide peroxide to bleach vital teeth--a review of the literature.* The European journal of prosthodontics and restorative dentistry, 2003. **11**(1): p. 9-13.
7. Dabanoglu, A., et al., *Whitening effect and morphological evaluation of hydroxyapatite materials.* American journal of dentistry, 2009. **22**(1): p. 23.
8. Haywood, V.B., *History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique.* Quintessence international, 1992. **23**(7).
9. Haywood, V.B., et al., *Nightguard vital bleaching: effects on enamel surface texture and diffusion.* Quintessence international, 1990. **21**(10).
10. Azrak, B., et al., *Influence of bleaching agents on surface roughness of sound or eroded dental enamel specimens.* Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 2010. **22**(6): p. 391-399.
11. Xu, B., Q. Li, and Y. Wang, *Effects of pH values of hydrogen peroxide bleaching agents on enamel surface properties.* Operative dentistry, 2011. **36**(5): p. 554-562.
12. McCracken, M.S. and V.B. Haywood, *Demineralization effects of 10 percent carbamide peroxide.* Journal of Dentistry, 1996. **24**(6): p. 395-398.
13. Kawamoto, K. and Y. Tsujimoto, *Effects of the hydroxyl radical and hydrogen peroxide on tooth bleaching.* Journal of endodontics, 2004. **30**(1): p. 45-50.
14. Rotstein, I., C. Mor, and J.R. Arwaz, *Changes in surface levels of mercury, silver, tin, and copper of dental amalgam treated with carbamide peroxide and hydrogen peroxide in vitro.* Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 1997. **83**(4): p. 506-509.
15. McLaren, K., *Colour space, colour scales and colour difference.* Colour physics for industry. Huddersfield: H. Charlesworth & Co Ltd, 1987. **1987**: p. 97-115.

16. Paravina, R.D. and J.M. Powers, *Esthetic color training in dentistry*. Vol. 1. 2004: Mosby.
17. Joiner, A., *Tooth colour: a review of the literature*. Journal of dentistry, 2004. **32**: p. 3-12.
18. Guler, A.U., S. Kurt, and T. Kulunk, *Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials*. The Journal of prosthetic dentistry, 2005. **93**(5): p. 453-458.
19. Trakyalı, G., *Diş rengi belirlenmesinde kullanılan yöntemler*. 2013.
20. Önal, B., D. Recen, and L. Türkün, *Restoratif diş hekimliğinde renk seçimi*. Türkiye Klinikleri J Dental Sci, 2015. **1**(3): p. 21-7.
21. Dozić, A., et al., *Performance of five commercially available tooth color-measuring devices*. Journal of Prosthodontics, 2007. **16**(2): p. 93-100.
22. Yuan, K., et al., *In vitro and in vivo evaluations of three computer-aided shade matching instruments*. Operative dentistry, 2012. **37**(3): p. 219-227.
23. Kanawati, A. and M.W. Richards, *Repeatability of a dental shade-matching instrument when compared to traditional visual methods of shade evaluation*. General dentistry, 2009. **57**(4): p. 323-327.
24. Joiner, A. and W. Luo, *Tooth colour and whiteness: A review*. Journal of dentistry, 2017. **67**: p. S3-S10.
25. Chen, H., et al., *A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching*. Quintessence International, 2012. **43**(8).
26. Collins, L.Z., et al., *Clinical evaluation of a novel whitening gel, containing 6% hydrogen peroxide and a standard fluoride toothpaste*. Journal of dentistry, 2004. **32**: p. 13-17.
27. Kim-Pusateri, S., et al., *Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices*. The Journal of prosthetic dentistry, 2009. **101**(3): p. 193-199.
28. Hunt, D., *RWG: Measuring Colour*. 1998, Kingstonupon-Thames: Fountain Press.
29. Van der Burgt, T., et al., *A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color*. The Journal of prosthetic dentistry, 1990. **63**(2): p. 155-162.
30. Carey, C.M., *Tooth whitening: what we now know*. Journal of Evidence Based Dental Practice, 2014. **14**: p. 70-76.
31. Price, R.B., M. Sedarous, and G.S. Hiltz, *The pH of tooth-whitening products*. JOURNAL-CANADIAN DENTAL ASSOCIATION, 2000. **66**(8): p. 421-426.
32. Mccaslin, A.J., et al., *Assessing dentin color changes from nightguard vital bleaching*. The Journal of the American Dental Association, 1999. **130**(10): p. 1485-1490.
33. Walsh, L.J., *Safety issues relating to the use of hydrogen peroxide in dentistry*. Australian dental journal, 2000. **45**(4): p. 257-269.
34. Bowles, W.H. and L.R. Thompson, *Vital bleaching: the effects of heat and hydrogen peroxide on pulpal enzymes*. Journal of Endodontics, 1986. **12**(3): p. 108-112.
35. Fasanaro, T.S., *Bleaching teeth: history, chemicals, and methods used for common tooth discolorations*. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 1992. **4**(3): p. 71-78.

36. Baroudi, K. and N.A. Hassan, *The effect of light-activation sources on tooth bleaching*. Nigerian medical journal: journal of the Nigeria Medical Association, 2014. **55**(5): p. 363.
37. Association, A.D., *ADA statement on the safety and effectiveness of tooth whitening products*. 2005.
38. Caughman, W.F., K.B. Frazier, and V.B. Haywood, *Carbamide peroxide whitening of nonvital single discolored teeth*. Quintessence international, 1999. **30**(3).
39. Alaçam, T., *Endodonti ANKARA, Şafak Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti*, 2000.
40. Leonard Jr, R., *Efficacy, longevity, side effects, and patient perceptions of nightguard vital bleaching*. Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995), 1998. **19**(8): p. 766-70, 772, 774, passim.
41. Pashley, D., *Consensus-based recommendations for the diagnosis and management of dentin hypersensitivity*. Comp Contin Educ Dent, 2008. **29**(8): p. 1S-35S.
42. Robinson, F.G. and V.B. Haywood, *Bleaching and temporomandibular disorder using a half tray design: a clinical report*. Journal of Prosthetic Dentistry, 2000. **83**(5): p. 501-503.
43. Haywood, V.B., *Pre-bleaching exam vital for optimum whitening*. Compend Contin Educ Dent, 2012. **33**(1): p. 72-3.
44. Cartagena, A.F., et al., *In-office bleaching effects on the pulp flow and tooth sensitivity—case series*. Brazilian oral research, 2015. **29**: p. 1-6.
45. Tay, L.Y., et al., *Long-term efficacy of in-office and at-home bleaching: a 2-year double-blind randomized clinical trial*. American journal of dentistry, 2012. **25**(4): p. 199.
46. de Almeida, L.C., et al., *Occurrence of sensitivity during at-home and in-office tooth bleaching therapies with or without use of light sources*. Acta Odontologica Latinoamericana, 2012. **25**(1): p. 3-8.
47. Parreiras, S., et al., *Effects of light activated in-office bleaching on permeability, microhardness, and mineral content of enamel*. Operative dentistry, 2014. **39**(5): p. E225-E230.
48. Kossatz, S., et al., *Effect of light activation on tooth sensitivity after in-office bleaching*. Operative dentistry, 2011. **36**(3): p. 251-257.
49. Ito, Y., M. Otsuki, and J. Tagami, *Effect of pH conditioners on tooth bleaching*. Clinical and Experimental Dental Research, 2019. **5**(3): p. 212-218.
50. Buchalla, W. and T. Attin, *External bleaching therapy with activation by heat, light or laser—a systematic review*. Dental materials, 2007. **23**(5): p. 586-596.
51. Kugel, G., et al., *Clinical evaluation of chemical and light-activated tooth whitening systems*. Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995), 2006. **27**(1): p. 54-62.
52. SoutoMaior, J., et al., *Effectiveness of light sources on in-office dental bleaching: a systematic review and meta-analyses*. Operative dentistry, 2019. **44**(3): p. E105-E117.
53. Ontiveros, J.C. and R.D. Paravina, *Color change of vital teeth exposed to bleaching performed with and without supplementary light*. Journal of dentistry, 2009. **37**(11): p. 840-847.

54. YU, D., et al., *Comparison of three lasers on dental pulp chamber temperature change*. Journal of clinical laser medicine & surgery, 1993. **11**(3): p. 119-122.
55. Anić, I., et al., *In vitro pulp chamber temperature rises associated with the argon laser polymerization of composite resin*. Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery, 1996. **19**(4): p. 438-444.
56. AFFAIRS, A.C.O.S., *Laser-assisted bleaching: An update*. The Journal of the American Dental Association, 1998. **129**(10): p. 1484-1487.
57. Lima, D.A.N.L., et al., *In vitro evaluation of the effectiveness of bleaching agents activated by different light sources*. Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry, 2009. **18**(3): p. 249-254.
58. Zanin, F., *Recent advances in dental bleaching with laser and LEDs*. Photomed Laser Surg, 2016. **34**(4): p. 135-6.
59. Alqahtani, M.Q., *Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review*. The Saudi dental journal, 2014. **26**(2): p. 33-46.
60. Mokhlis, G.R., et al., *A clinical evaluation of carbamide peroxide and hydrogen peroxide whitening agents during daytime use*. The Journal of the American Dental Association, 2000. **131**(9): p. 1269-1277.
61. Matis, B.A., *Tray whitening: What the evidence shows*. Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995), 2003. **24**(4A): p. 354-362.
62. Gallagher, A., et al., *Clinical study to compare two in-office (chairside) whitening systems*. The Journal of clinical dentistry, 2002. **13**(6): p. 219-224.
63. Joiner, A., *The bleaching of teeth: a review of the literature*. Journal of dentistry, 2006. **34**(7): p. 412-419.
64. Greenwall, L., *Bleaching techniques in restorative dentistry: An illustrated guide*. 2001: CRC Press.
65. Javaheri, D. and J. Janis, *The efficacy of reservoirs in bleaching trays*. Oper Dent, 2000. **25**(3): p. 149-51.
66. de Melo Monteiro, G.Q., et al., *Chromatic and surface alterations in enamel subjected to brushing with desensitizing whitening toothpaste*. European Journal of General Dentistry, 2016. **5**(03): p. 115-121.
67. Joiner, A., *Whitening toothpastes: a review of the literature*. Journal of dentistry, 2010. **38**: p. e17-e24.
68. Cubbon, T. and D. Ore, *Hard tissue and home tooth whiteners*. CDS review, 1991. **84**(5): p. 32-35.
69. Li, Y., *Biological properties of peroxide-containing tooth whiteners*. Food and chemical toxicology, 1996. **34**(9): p. 887-904.
70. Sung, E., et al., *Effect of carbamide peroxide bleaching on the shear bond strength of composite to dental bonding agent enhanced enamel*. The Journal of prosthetic dentistry, 1999. **82**(5): p. 595-599.
71. Freccia, W.F., et al., *An In Vitro Comparison of Non-Vital Bleaching Techniques in the Discolored Tooth*. 1981, ARMY INST OF DENTAL RESEARCH WASHINGTON DC.
72. Carrillo, A., M.V.A. Trevino, and V.B. Haywood, *Simultaneous bleaching of vital teeth and an open-chamber nonvital tooth with 10% carbamide peroxide*. Quintessence international, 1998. **29**(10).

73. Settembrini, L., et al., *A technique for bleaching nonvital teeth: inside/outside bleaching*. Journal of the American Dental Association (1939), 1997. **128**(9): p. 1283-1284.
74. Bernardon, J.K., et al., *Clinical performance of vital bleaching techniques*. Operative dentistry, 2010. **35**(1): p. 3-10.
75. Baik, J.W., F.A. Rueggeberg, and F.R. Liewehr, *Effect of light-enhanced bleaching on in vitro surface and intrapulpal temperature rise*. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 2001. **13**(6): p. 370.
76. Taube, F., et al., *Morphological and chemical characterization of tooth enamel exposed to alkaline agents*. Journal of dentistry, 2010. **38**(1): p. 72-81.
77. Sun, L., et al., *Surface alteration of human tooth enamel subjected to acidic and neutral 30% hydrogen peroxide*. Journal of dentistry, 2011. **39**(10): p. 686-692.
78. Swift Jr, E.J., *AT-HOME BLEACHING: PULPAL EFFECTS AND TOOTH SENSITIVITY ISSUES, PART II*. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 2006. **18**(5): p. 301-304.
79. Mondelli, R.F.L., et al., *Do different bleaching protocols affect the enamel microhardness?* European Journal of Dentistry, 2015. **9**(01): p. 025-030.
80. Eva, K., et al., *Surface changes of enamel and dentin after two different bleaching procedures*. Acta Clinica Croatica, 2013. **52**(4.): p. 413-428.
81. Furlan, I.S., et al., *Effect of high-or low-concentration bleaching agents containing calcium and/or fluoride on enamel microhardness*. Gen Dent, 2017. **65**(3): p. 66-70.
82. Araújo, F.d.O., L.N. Baratieri, and E. Araújo, *In situ study of in-office bleaching procedures using light sources on human enamel microhardness*. Operative Dentistry, 2010. **35**(2): p. 139-146.
83. Trentino, A.C., et al., *Evaluation of pH levels and surface roughness after bleaching and abrasion tests of eight commercial products*. Photomedicine and laser surgery, 2015. **33**(7): p. 372-377.
84. Silva, B.G., et al., *Evaluation of home bleaching gel modified by different thickeners on the physical properties of enamel: An in situ study*. European Journal of Dentistry, 2018. **12**(04): p. 523-527.
85. Grobler, S.R., A. Majeed, and M.H. Moola, *Effect of various tooth-whitening products on enamel microhardness: scientific*. South African Dental Journal, 2009. **64**(10): p. 474-479.
86. Majeed, A., et al., *Effect of four different opalescence tooth whitening products on enamel microhardness: scientific*. South African Dental Journal, 2008. **63**(5): p. 282-286.
87. Hunsaker, K., G. Christensen, and R. Christensen. *Tooth bleaching chemicals-influence on teeth and restorations*. in *Journal of Dental Research*. 1990. AMER ASSOC DENTAL RESEARCH 1619 DUKE ST, ALEXANDRIA, VA 22314.
88. Tong, L., et al., *The effects of etching, micro-abrasion, and bleaching on surface enamel*. Journal of dental research, 1993. **72**(1): p. 67-71.
89. Cooper, J.S., T.J. Bokmeyer, and W.H. Bowles, *Penetration of the pulp chamber by carbamide peroxide bleaching agents*. Journal of Endodontics, 1992. **18**(7): p. 315-317.

90. Thitinanthapan, W., P. Satamanont, and N. Vongsavan, *In vitro penetration of the pulp chamber by three brands of carbamide peroxide*. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 1999. **11**(5): p. 259-264.
91. Özcan, M., S. Abdin, and C. Sipahi, *Bleaching induced tooth sensitivity: do the existing enamel craze lines increase sensitivity? A clinical study*. Odontology, 2014. **102**(2): p. 197-202.
92. Soares, D.G., et al., *Concentrations of and application protocols for hydrogen peroxide bleaching gels: effects on pulp cell viability and whitening efficacy*. Journal of dentistry, 2014. **42**(2): p. 185-198.
93. Tipton, D.A., S.D. Braxton, and M.K. Dabbous, *Role of saliva and salivary components as modulators of bleaching agent toxicity to human gingival fibroblasts in vitro*. Journal of periodontology, 1995. **66**(9): p. 766-774.
94. Nathoo, S., M. Chmielewski, and R. Kirkup, *Effects of Colgate Platinum Professional Toothwhitening System on microhardness of enamel, dentin, and composite resins*. Compendium (Newtown, Pa.). Supplement, 1994(17): p. S627-S630.
95. Shannon, H., et al., *Characterization of enamel exposed to 10% carbamide peroxide bleaching agents*. Quintessence international, 1993. **24**(1).
96. Titley, K., C. Torneck, and N. Ruse, *The effect of carbamide-peroxide gel on the shear bond strength of a microfil resin to bovine enamel*. Journal of dental research, 1992. **71**(1): p. 20-24.
97. Titley, K., et al., *Scanning electron microscopy observations on the penetration and structure of resin tags in bleached and unbleached bovine enamel*. Journal of endodontics, 1991. **17**(2): p. 72-75.
98. Garcia-Godoy, F., et al., *Composite resin bond strength after enamel bleaching*. Operative dentistry, 1993. **18**: p. 144-144.
99. Tredwin, C., et al., *Hydrogen peroxide tooth-whitening (bleaching) products: review of adverse effects and safety issues*. British dental journal, 2006. **200**(7): p. 371-376.
100. Munteanu, A., et al., *Review of professionally applied fluorides for preventing dental caries in children and adolescents*. Applied Sciences, 2022. **12**(3): p. 1054.
101. Pessanha, S., et al., *Evaluation of the effect of fluorinated tooth bleaching products using polarized Raman microscopy and particle induced gamma-ray emission*. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2020. **236**: p. 118378.
102. Bollineni, S., et al., *Role of fluoridated carbamide peroxide whitening gel in the remineralization of demineralized enamel: An in vitro study*. Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry, 2014. **4**(2): p. 117.
103. Cavalli, V., et al., *Effects of experimental bleaching agents on the mineral content of sound and demineralized enamels*. Journal of Applied Oral Science, 2018. **26**.
104. Cury, J.A. and L.M.A. Tenuta, *Enamel remineralization: controlling the caries disease or treating early caries lesions?* Brazilian oral research, 2009. **23**: p. 23-30.
105. Shellis, R. and R. Wilson, *Apparent solubility distributions of hydroxyapatite and enamel apatite*. Journal of colloid and interface science, 2004. **278**(2): p. 325-332.

106. Hodosh, M., *A superior desensitizer—potassium nitrate*. The Journal of the American Dental Association, 1974. **88**(4): p. 831-832.
107. Browning, W., et al., *Prebrushing with a Potassium Nitrate dentifrice to reduce tooth sensitivity during bleaching evaluated in a practice-based setting*. Compendium, 2010. **31**(3): p. 220-5.
108. Somasundaram, P., N. Vimala, and L.G. Mandke, *Protective potential of casein phosphopeptide amorphous calcium phosphate containing paste on enamel surfaces*. Journal of conservative dentistry: JCD, 2013. **16**(2): p. 152.
109. Borges, B.C.D., et al., *Preliminary Clinical Reports of a Novel Night-Guard Tooth Bleaching Technique Modified by Casein Phosphopeptide-Amorphous Calcium Phosphate (CPP-ACP)*. European Journal of Esthetic Dentistry, 2011. **6**(4).
110. De Vasconcelos, A., et al., *Tooth whitening with hydrogen/carbamide peroxides in association with a CPP-ACP paste at different proportions*. Australian Dental Journal, 2012. **57**(2): p. 213-219.
111. Po, L.H. and N. Wilson, *Effects of different desensitizing agents on bleaching treatments*. European Journal of General Dentistry, 2014. **3**(02): p. 93-99.
112. da Rosa Nogueira, T., et al., *An in situ Evaluation of Bioactives on the Morphology of Bleached Enamel*. The Journal of Contemporary Dental Practice, 2016. **17**(3): p. 192-197.
113. Barakat, N.A., et al., *Extraction of pure natural hydroxyapatite from the bovine bones bio waste by three different methods*. Journal of materials processing technology, 2009. **209**(7): p. 3408-3415.
114. Li, L., et al., *Repair of enamel by using hydroxyapatite nanoparticles as the building blocks*. Journal of Materials Chemistry, 2008. **18**(34): p. 4079-4084.
115. Robinson, C., et al., *Dental enamel—a biological ceramic: regular substructures in enamel hydroxyapatite crystals revealed by atomic force microscopy*. Journal of Materials Chemistry, 2004. **14**(14): p. 2242-2248.
116. Tao, J., et al., *Roles of amorphous calcium phosphate and biological additives in the assembly of hydroxyapatite nanoparticles*. The Journal of Physical Chemistry B, 2007. **111**(47): p. 13410-13418.
117. KANI, T., et al., *Effect to apatite-containing dentifrices on dental caries in school children*. Journal of Dental Health, 1989. **39**(1): p. 104-109.
118. Arakawa, T., et al. *Adsorption Effect of Hydroxyapatite to Oral Streptococci*. in *JOURNAL OF DENTAL RESEARCH*. 2002. INT AMER ASSOC DENTAL RESEARCHI ADR/AADR 1619 DUKE ST, ALEXANDRIA, VA 22314
119. Arakawa, T., et al., *Unique functions of hydroxyapatite with mutans streptococci adherence*. Quintessence Int, 2010. **41**(01): p. e11-e19.
120. Baglar, S., et al., *Dentinal tubule occluding capability of nano-hydroxyapatite; The in-vitro evaluation*. Microscopy research and technique, 2018. **81**(8): p. 843-854.
121. Vano, M., et al., *Tooth bleaching with hydrogen peroxide and nano-hydroxyapatite: a 9-month follow-up randomized clinical trial*. International Journal of Dental Hygiene, 2015. **13**(4): p. 301-307.
122. Beyer, M., et al., *Pectin, alginate and gum arabic polymers reduce citric acid erosion effects on human enamel*. Dental Materials, 2010. **26**(9): p. 831-839.
123. Gracia, L.H., et al., *Studies on a novel combination polymer system: in vitro erosion prevention and promotion of fluoride uptake in human enamel*. journal of dentistry, 2010. **38**: p. S4-S11.

124. Arnaud, T.M.S., B. de Barros Neto, and F.B. Diniz, *Chitosan effect on dental enamel de-remineralization: an in vitro evaluation*. Journal of dentistry, 2010. **38**(11): p. 848-852.
125. Lee, H.-S., et al., *Chitosan adsorption on hydroxyapatite and its role in preventing acid erosion*. Journal of colloid and interface science, 2012. **385**(1): p. 235-243.
126. Chatterjee, S., et al., *Adsorption of a cationic dye, methylene blue, on to chitosan hydrogel beads generated by anionic surfactant gelation*. Environmental technology, 2011. **32**(13): p. 1503-1514.
127. Wang, Z., et al., *CTAB-assisted synthesis of single-layer MoS₂-graphene composites as anode materials of Li-ion batteries*. Journal of Materials Chemistry A, 2013. **1**(6): p. 2202-2210.
128. Cruz-Romero, M., et al., *Antimicrobial activity of chitosan, organic acids and nano-sized solubilisates for potential use in smart antimicrobially-active packaging for potential food applications*. Food Control, 2013. **34**(2): p. 393-397.
129. Jayakumar, R., et al., *Fabrication of chitin-chitosan/nano TiO₂-composite scaffolds for tissue engineering applications*. International journal of biological macromolecules, 2011. **48**(2): p. 336-344.
130. Anusavice, K.J., C. Shen, and H.R. Rawls, *Phillips' science of dental materials*. 2012: Elsevier Health Sciences.
131. Kayalı, E., et al., *Kimya-Metalürji Fakültesi Ofset Atölyesi*. 1990, İstanbul.
132. Nergiz, I., et al., *Effect of alloy type and surface conditioning on roughness and bond strength of metal brackets*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2004. **125**(1): p. 42-50.
133. Colombo, M., et al., *Effect of different finishing/polishing procedures on surface roughness ofOrmocer-based and different resin composites*. Dental research journal, 2018. **15**(6): p. 404.
134. Qasim, S., et al., *Influence of various bleaching regimes on surface roughness of resin composite and ceramic dental biomaterials*. Technology and Health Care, 2016. **24**(2): p. 153-161.
135. Whitehead, S., et al., *Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic*. Journal of Oral Rehabilitation, 1995. **22**(6): p. 421-427.
136. Verran, J., et al., *The use of the atomic force microscope to visualise and measure wear of food contact surfaces*. International biodeterioration & biodegradation, 2000. **46**(2): p. 99-105.
137. Silikas, N., et al., *Surface fine structure of treated dentine investigated with tapping mode atomic force microscopy (TMAFM)*. Journal of dentistry, 1999. **27**(2): p. 137-144.
138. Suvarna, S.K., C. Layton, and J.D. Bancroft, *THEORY and PRACTICE of HISTOLOGICAL TECHNIQUESEIGHTH*. 2019.
139. Jefferies, S.R., *The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry*. Dental Clinics of North America, 1998. **42**(4): p. 613-627.
140. Holmen, L., A. Thylstrup, and J. Artun, *Surface changes during the arrest of active enamel carious lesions in vivo: a scanning electron microscope study*. Acta Odontologica Scandinavica, 1987. **45**(6): p. 383-390.
141. Akçayöz, D., et al., *Elektron mikroskopun tipta kullanim alanlari*. 2010.

142. Hegde, M.N. and A. Moany, *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, 2012. **15**(1): p. 61.
143. Khunkitti, W., et al., *X-ray microanalysis of chlorine and phosphorus content in biguanide-treated Acanthamoeba castellanii*. Journal of Applied Microbiology, 1999. **86**(3): p. 453-459.
144. <https://www.thermofisher.com/blog/materials/edx-analysis-with-sem-how-does-it-work/>.
145. Ertan, A. and E. Şahin, *Colour stability of low fusing porcelains: an in vitro study*. Journal of Oral Rehabilitation, 2005. **32**(5): p. 358-361.
146. Schanda, J., *Colorimetry: understanding the CIE system*. 2007: John Wiley & Sons.
147. Lee, C., *Effect of bleaching on microhardness, morphology, and color of enamel*. Gen Dent, 1995. **43**: p. 158-60.
148. Silva Costa, S.X., et al., *Effect of four bleaching regimens on color changes and microhardness of dental nanofilled composite*. International journal of dentistry, 2009. **2009**.
149. Hosoya, Y., et al., *Microhardness of carious deciduous dentin*. Operative Dentistry, 2000. **25**(2): p. 81-89.
150. Iso, T., *11405 Dental materials—Guidance on testing of adhesion to tooth structure*. International Organization for Standardization, Switzerland, Genf, 1994.
151. Siripamitdul, P., et al., *The Effects of Radiotherapy on Microhardness and Mineral Composition of Tooth Structures*. European Journal of Dentistry, 2022.
152. Paul, S.J., et al., *Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison*. Journal of Prosthetic Dentistry, 2004. **92**(6): p. 577.
153. VENÂNCIO, P.C., et al., *Effect of 7.5% hydrogen peroxide containing remineralizing agents on hardness, color change, roughness and micromorphology of human enamel*. American journal of dentistry, 2015. **28**(5).
154. Jiang, T., et al., *Beneficial effects of hydroxyapatite on enamel subjected to 30% hydrogen peroxide*. Journal of dentistry, 2008. **36**(11): p. 907-914.
155. Khoroushi, M., et al., *Effect of three nanobiomaterials on microhardness of bleached enamel*. Restorative Dentistry & Endodontics, 2016. **41**(3): p. 196-201.
156. Gutiérrez-Salazar, M.d.P. and J. Reyes-Gasga, *Microhardness and chemical composition of human tooth*. Materials research, 2003. **6**: p. 367-373.
157. Meredith, N., et al., *Measurement of the microhardness and Young's modulus of human enamel and dentine using an indentation technique*. Archives of Oral Biology, 1996. **41**(6): p. 539-545.
158. Klaric, E., et al., *Enamel and dentin microhardness and chemical composition after experimental light-activated bleaching*. Operative Dentistry, 2015. **40**(4): p. E132-E141.
159. Kwon, S.R., et al., *Effect of various tooth whitening modalities on microhardness, surface roughness and surface morphology of the enamel*. Odontology, 2015. **103**: p. 274-279.

160. Kutuk, Z.B., et al., *Effects of in-office bleaching agent combined with different desensitizing agents on enamel*. Journal of Applied Oral Science, 2018. **27**.
161. Monterubbianesi, R., et al., *A comparative evaluation of nanohydroxyapatite-enriched hydrogen peroxide home bleaching system on color, hardness and microstructure of dental enamel*. Materials, 2021. **14**(11): p. 3072.
162. da Freiria, A.C.B., et al., *Nano-hydroxyapatite-induced remineralization of artificial white spot lesions after bleaching treatment with 10% carbamide peroxide*. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 2022. **34**(8): p. 1290-1299.
163. Briso, A.L.F., et al., *Demineralization and hydrogen peroxide penetration in teeth with incipient lesions*. Brazilian dental journal, 2015. **26**: p. 135-140.
164. Hammad, S.M., N.A. El-Wassefy, and M.A. Alsayed, *Evaluation of color changes of white spot lesions treated with three different treatment approaches: an in-vitro study*. Dental press journal of orthodontics, 2020. **25**: p. 26-27.
165. Moradi, Z., et al., *Microhardness change of human dental enamel due to power bleaching with different gels*. Folia Medica, 2022. **64**(6): p. 961-968.
166. Kolsuz Ozcetin, H. and D. Surmelioglu, *Effects of bleaching gel containing TiO₂ and chitosan on tooth surface roughness, microhardness and colour*. Australian Dental Journal, 2020. **65**(4): p. 269-277.
167. El-Murr, J., D. Ruel, and A.J. St-Georges, *Effects of external bleaching on restorative materials: a review*. J Can Dent Assoc, 2011. **77**(b59): p. 1-6.
168. Goldstein, R. and D. Garber, *Complete dental bleaching*, Chicago; Quintessence Publishing Co. 1995, Inc.
169. Zalkind, M., et al., *Surface morphology changes in human enamel, dentin and cementum following bleaching: a scanning electron microscopy study*. Dental Traumatology, 1996. **12**(2): p. 82-88.
170. Lugo-Varillas, J.G., et al., *Influence of pH value of bleaching gels on surface roughness of bovine enamel*. Odovtos International Journal of Dental Sciences, 2020. **22**(2): p. 100-111.
171. NISHIO, M. *Post-bleach stain inhibition by nano-hydroxyapatite: a crystal staining test; IADR General Session Meeting Program*. in *Abstr.* 2006.
172. McGuckin, R.S., J. Babin, and B. Meyer, *Alterations in human enamel surface morphology following vital bleaching*. The Journal of prosthetic dentistry, 1992. **68**(5): p. 754-760.
173. Magalhães, J.G., et al., *Microhardness change of enamel due to bleaching with in-office bleaching gels of different acidity*. Acta Odontologica Scandinavica, 2012. **70**(2): p. 122-126.
174. Sa, Y., et al., *Effects of two in-office bleaching agents with different pH on the structure of human enamel: an in situ and in vitro study*. Operative dentistry, 2013. **38**(1): p. 100-110.
175. Coceska, E., et al., *Enamel alteration following tooth bleaching and remineralization*. Journal of microscopy, 2016. **262**(3): p. 232-244.
176. Costa, J.B. and R.F. Mazur, *Effects of new formulas of bleaching gel and fluoride application on enamel microhardness: an in vitro study*. Operative dentistry, 2007. **32**(6): p. 589-594.
177. Scribante, A., et al., *In vitro re-hardening of bleached enamel using mineralizing pastes: Toward preventing bacterial colonization*. Materials, 2020. **13**(4): p. 818.

178. Vieira, I., et al., *Effect of in-office bleaching gels with calcium or fluoride on color, roughness, and enamel microhardness*. Journal of Clinical and Experimental Dentistry, 2020. **12**(2): p. e116.
179. Pini, N.I.P., et al., *In-office tooth bleaching with chitosan-enriched hydrogen peroxide gels: In vitro results*. Clinical Oral Investigations, 2021: p. 1-9.
180. Ganss, C., et al., *Conventional and anti-erosion fluoride toothpastes: effect on enamel erosion and erosion-abrasion*. Caries research, 2011. **45**(6): p. 581-589.
181. Claesson, P.M. and B.W. Ninham, *pH-dependent interactions between adsorbed chitosan layers*. Langmuir, 1992. **8**(5): p. 1406-1412.
182. Pinto, M.M., et al., *Tooth whitening with hydrogen peroxide in adolescents: study protocol for a randomized controlled trial*. Trials, 2014. **15**(1): p. 1-5.
183. Sowjanya, T. and T.M. Choudhary, *Effects Of Hydrogen Peroxide Containing Bleaching Agents On The Morphology Of Human Enamel*. Journal of Conservative Dentistry, 2003. **6**(3): p. 99.
184. Bitter, N.C. and J.L. Sanders, *The effect of four bleaching agents on the enamel surface: a scanning electron microscopic study*. Quintessence International, 1993. **24**(11).
185. Oltu, Ü. and S. Gürkan, *Effects of three concentrations of carbamide peroxide on the structure of enamel*. Journal of oral rehabilitation, 2000. **27**(4): p. 332-340.
186. Orilisi, G., et al., *ATR-FTIR, EDS and SEM evaluations of enamel structure after treatment with hydrogen peroxide bleaching agents loaded with nano-hydroxyapatite particles*. PeerJ, 2021. **9**: p. e10606.
187. Bistey, T., et al., *In vitro FT-IR study of the effects of hydrogen peroxide on superficial tooth enamel*. Journal of dentistry, 2007. **35**(4): p. 325-330.
188. Llena, C., I. Esteve, and L. Forner, *Effects of in-office bleaching on human enamel and dentin. Morphological and mineral changes*. Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger, 2018. **217**: p. 97-102.
189. Cavalli, V., et al., *Effects of bleaching agents containing fluoride and calcium on human enamel*. Quintessence International, 2010. **41**(8).
190. Vandiver, J., et al., *Nanoscale variation in surface charge of synthetic hydroxyapatite detected by chemically and spatially specific high-resolution force spectroscopy*. Biomaterials, 2005. **26**(3): p. 271-283.
191. Pepla, E., et al., *Nano-hydroxyapatite and its applications in preventive, restorative and regenerative dentistry: a review of literature*. Annali di stomatologia, 2014. **5**(3): p. 108.
192. Chen, H., et al., *Self-assembly of synthetic hydroxyapatite nanorods into an enamel prism-like structure*. Journal of colloid and interface science, 2005. **288**(1): p. 97-103.

EKLER

EK A: Etik Kurul Onayı.

Evrak Tarih ve Sayısı: 26.04.2023-105464



T.C.
BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Teknoloji Transfer Ofisi
Etik Kurullar Birimi

Sayı : E-54022451-050.05.04-105464
Konu : 2020/413 (2) Etik Kurul Kararı

26.04.2023

Sayın Prof.Dr. Evrim DALKILIÇ
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Başkanlığı - Profesör

2020/413 numaralı ""Farklı Vital Beyazlatma Ajanlarının Uygulanması Sonrasında Deneysel Nanohidroksiapatit Jel Kullanımının Mine Yüzeyinde Oluşturduğu Fiziksel ve Morfolojik Değişimlerin İncelenmesi"" başlıklı 12.04.2023 tarihli dilekçe başvurunuz Üniversitemiz Etik Kurullar Birimi'nin 19.04.2023 tarihli, 08 sayılı Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurul toplantısında değerlendirilmiş olup, mevcudun oy birliğiyle onaylanmasına karar verilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini arz/rica ederim.

Prof.Dr. Hayrettin ÖZTÜRK
Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik
Kurulu Başkanı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doküman Kodu :BSF4MCYAEF Pın Kodu :14982 Belge Takip Adresi : <https://turkiye.gov.tr/ebd/ek-5394&eD-BSF4MCYAEF&eS-105464>
Bezmialem Vakıf Üniversitesi Adnan Menderes Bulvarı (Vatan Caddesi)
Fatih/İstanbul Bilgi için: Zilbeyde ÖZDEMİR
Telefon No:0 (212) 523 22 88 Faks No:0 (212) 533 23 36 Uyarı: Sorumlu
e-Posta:info@bezmialem.edu.tr İnternet Adresi:www.bezmialem.edu.tr

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.