



T.C.

YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ
ANABİLİM DALI

**ICON® MATERYALİ İLE REZİN İNFİLTASYON YÖNTEMİ
SONUCUNDA MATERYALİN MİKROSERTLİĞİ, YAPAY
ÇÜRÜK LEZYONUNA PENETRASYONU VE AFM İLE
YÜZEY KALİTESİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

DİŞ HEKİMİ
ELİF BERİL GÜRDOĞAN

DANIŞMAN
PROF.DR. NÜKET SANDALLI

İSTANBUL – 2015



T.C.

YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ
ANABİLİM DALI

**ICON® MATERYALİ İLE REZİN İNFİLTRASYON YÖNTEMİ
SONUCUNDA MATERYALİN MİKROSERTLİĞİ, YAPAY
ÇÜRÜK LEZYONUNA PENETRASYONU VE AFM İLE
YÜZEY KALİTESİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

DİŞ HEKİMİ
ELİF BERİL GÜRDOĞAN

DANIŞMAN
PROF.DR. NÜKET SANDALLI

İSTANBUL – 2015

TEZ ONAYI FORMU

Kurum : Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Program: Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı
Tez Başlığı : Icon® Materyali ile Rezin İnfiltrasyon Yöntemi Sonucunda Materyalin Mikrosertliği, Yapay Çürük Lezyonuna Penetrasyonu ve AFM ile Yüzey Kalitesinin İncelenmesi
Tez Sahibi : Elif Beril GÜRDOĞAN
Sınav Tarihi : 22.06.2015

Bu çalışma jürimiz tarafından kapsam ve kalite yönünden Yüksek Lisans/Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Nüket SANDALLI
Yeditepe Üniversitesi
Tez danışmanı: Prof. Dr. Nüket SANDALLI
Yeditepe Üniversitesi
Üye: Prof. Dr. Betül KARGÜL
Marmara Üniversitesi
Üye: Prof. Dr. Zeynep AYTEPE
İstanbul Üniversitesi
Üye: Doç. Dr. Didem ÖZDEMİR ÖZENEN
Yeditepe Üniversitesi
Üye: Doç. Dr. Senem SELVİ KUVVETLİ
Yeditepe Üniversitesi

(İmza)
(İmza)
(İmza)
(İmza)
(İmza)
(İmza)

ONAY

Bu tez Yeditepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun 01./7./2015 tarih ve 18-9 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza
Prof. Dr. Bayram YILMAZ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Modern diş hekimliğinde başlangıç çürük lezyonların kontrol altına alınması hassaslığını koruyan bir konudur. Günümüzde bu lezyonlara yönelik bir çok tedavi çeşidi bulunmakla birlikte en etkin ve invazif olmayan teknik arayışı devam etmektedir. Yakın zamanda, düz ve ara yüzeylerdeki kavitesiz lezyonlara düşük viskoziteli rezinlerin penetrasyonu söz konusu olmuştur. Bu ‘infiltran’ materyaller demineralize olmuş mine dokusundaki mikroporları tıkayarak bakteri ve asitlerin geçişini engellemekte ve sonucunda lezyon ilerleyişini azaltılabilmekte veya durdurulabilmektedir. Çürük lezyonların infiltrasyonu; kavitasyonu bulunmayan, dentinin dış üçte birine kadar uzanan, remineralize olması beklenmeyen veya başka yöntemlerle durdurulamayacağı düşünülen mine lezyonların invazif olmayan tedavi seçenekleri arasında yer almaktadır. Icon[®], piyasada bulunan tek infiltran materyali olup yalnızca rezin infiltrasyon işlemi için geliştirilmiştir.

Rezin infiltrasyon tekniği yeni bir tedavi tekniğidir ve materyalin tam potansiyelini saptayabilmek adına daha çok çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmanın amacı, büyük bir örnek grubunda Icon[®] materyalinin mikrosertlik (VSN) değerlerini sağlam ve demineralize mine ile karşılaştırmak, penetrasyon kabiliyetini Taramalı Ekektron Mikroskobu (SEM) ve yüzey kalitesini (pürüzlülüğünü) Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ile değerlendirmektir.

Bu amaçla, sığır dişlerinden elde edilen mine örnekleri rastgele bir şekilde 3 gruba ayrılmıştır: mikrosertlik (n=60), SEM (n=10) ve AFM (n=60). Mikrosertlik grubu; negatif kontrol (n=20), demineralizasyon (n=20) ve Icon[®] grubu olmak üzere üç alt gruba ayrılmıştır. AFM grubu da negatif kontrol (n=30) ve Icon[®] grubu olmak üzere iki alt gruba ayrılmıştır.

Mikrosertlik grubunda, demineralizasyon ve Icon[®] örneklerinde, demineralizasyon penceresi oluşturmak adına, 4x4 mm boyutunda yapıştırıcılar uygulanmış ve kalan tüm sağlam mine yüzeylerine aside dayanıklı şeffaf oje sürülmüştür. Uygun demineralizasyon süresinin saptandığı pilot çalışması sonucunda beyaz lezyonlar oluşturulmuştur. Icon[®] uygulamasını takiben her grubun mikrosertlik (VSN) değerleri ölçülmüştür.

SEM grubu örneklerinin hazırlanmasında, mikrosertlik grubu ile aynı yöntem kullanılmıştır ve 10 tane mine örneğine 4x10 mm boyutunda yapıştırılmalar uygulanmıştır. Demineralizasyonu takiben, üretici firmanın talimatlarına göre materyal uygulanmış ve örnekler SEM ile incelemeye yönelik platin ile kaplanmışlardır.

AFM grubunda da mine örnekleri (n=60) mikrosertlik ve SEM gruplarındaki gibi hazırlanmışlardır. Negatif kontrol grubu cilalanarak yüzeye hiç bir uygulama yapılmamıştır. Icon® uygulamasını takiben örnekler AFM ile yüzey pürüzlülüğü açısından incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın sonucunda, VSN açısından tüm gruplar arasında anlamlı farklılık olduğu görüldü (p=0,0001). Demineralizasyon grubunun VSN ortalamaları, kontrol ve Icon® gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur (p=0,0001). Kontrol ve Icon® gruplarının VSN ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa rastlanılmamıştır (p=0,073). Örneklerin SEM incelemesinde, Icon® infiltranı başarılı penetrasyon kabiliyeti göstermiştir ve kabul edilebilir bir yüzey kalitesi sergilemiştir. Pilot çalışmasındaki görüntülerde yıkım göstermiş olan prizma merkezlerinin ve mikroporlarının materyal tarafından tıkandığı gözlenmiştir. AFM görüntüleri incelendiğinde, Icon® grubunun kontrol grubuna göre oldukça pürüzlü yüzeylere sahip olduğu görülmüştür. AFM bulguları rakamsal olarak değerlendirildiğinde, Icon® grubunun kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek Sq (p=0,0001), Sa (0,0001), ortalama yükseklik (p=0,0001) ve maksimum deviasyon (p=0,01) değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Bu tez çalışması sonucunda, Icon® materyalinin yüzey pürüzlülüğünün azaltılmasına yönelik daha çok çalışmanın yapılması gerektiği gözlenmiştir. Materyalin penetrasyon süresini azaltmaya yönelik çalışmaların yapılması özellikle çocuk hastalar için faydalı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Başlangıç çürük lezyonu, Taramalı Elektron Mikroskobu, Atomik Kuvvet Mikroskobu, rezin infiltrasyon, Icon

SUMMARY

The management of incipient caries lesions is still considered a delicate subject in modern dentistry. With many treatment options currently available, the search for the least invasive yet most effective technique has been the main goal in micro-invasive dentistry for many decades. One of the most promising treatment options involving the penetration of a low-viscosity resin into non-cavitated carious lesions located on smooth and proximal surfaces has recently been introduced. These ‘infiltrant’ materials occlude the micropore structures found in demineralised enamel and block the passages that bacteria and acid require to cause further dissolution of the enamel structure thus inhibiting lesion progression. Caries infiltration is considered a non-invasive treatment option for non-cavitated enamel lesions extending to the outer third of dentin which are not expected to show remineralisation or arrest by ways of other non-invasive treatments. Icon[®] is a commercially available resin infiltrant material developed solely for this purpose.

The resin infiltration technique is a novel technique and further detailed studies are required to fully understand its current and full potential. Therefore, the aim of this study was to evaluate the microhardness (VHN) values of Icon[®] in comparison with sound and demineralised enamel in a large subject group as well as evaluate the penetration capability using Scanning Electron Microscopy (SEM) and surface quality (roughness) via Atomic Force Microscopy (AFM).

Enamel specimens prepared from bovine incisors were randomly allocated into 3 groups: microhardness (n=60), SEM (n=10) and AFM (n=60), respectively. The microhardness group was divided into 3 subgroups: control (n=20), demineralisation (n=20) and Icon[®] (n=20) groups. AFM group was also divided into control (n=30) and Icon[®] (n=30) subgroups.

For the microhardness group, in order to form a demineralisation window on each demineralisation and Icon[®] group sample, a 4x4 mm sticker was placed and the remaining sound enamel was covered in acid resistant clear nail varnish. Following a pilot study in which a suitable demineralisation time was distinguished, incipient caries lesions were formed. After the application of Icon[®], the microhardness (VHN) values of each group was measured.

For the SEM group, the same method previously described for the microhardness group was used but with 4x10 mm stickers on 10 bovine enamel samples. Following demineralisation, the infiltrant was applied according to the manufacturers instructions and sputtered with platinum for the SEM evaluation.

For the AFM group, the enamel samples (n=60) were prepared as previously described. The negative control group was polished with no applications applied to the surface. Following the application of Icon[®], the samples were observed by AFM and the surface roughness was evaluated.

As a result of this study, the mean VHN values of all groups were determined to be significantly different from one another (p=0,0001). VHN values in the demineralisation group were determined to be significantly lower than the negative control and Icon[®] groups (p=0,0001). No statistically significant difference was observed between mean VHN values for the negative control and Icon[®] groups (p=0,073). In the SEM group, Icon[®] showed successful penetration abilities and an acceptable surface. It could be seen that the infiltrant occluded the micropores and filled in the prism cores that had previously showed dissolution. AFM images suggested that Icon[®] has a much rougher surface than the control group. When the AFM results were evaluated numerically, it could be seen that the Icon[®] group possessed statistically higher Sq (0,0001), Sa (0,0001), mean height (p=0,0001) and maximum deviation (p=0,01) values when compared with the control group.

In conclusion, the present study shows that more studies are required in order to improve the surface roughness of this material. Properties such as decreased penetration time would be beneficial for child patients.

Keywords: Incipient caries lesion, Scanning Electron Microscope, Atomic Force Microscope, resin infiltration, Icon

TEŞEKKÜR

Üniversite hayatım boyunca benimle engin bilgi ve tecrübelerini paylaşan, her zaman sevgisini ve sonsuz desteğini hissettiğim, kariyerimde büyük emeği ve katkıları olan değerli hocam Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı Başkanı Sayın **Prof. Dr. Nüket SANDALLI**'ya,

Ülkemizdeki en modern sağlık ve eğitim kurumu olan Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde bizlere sağladığı geniş olanak ve ayrıcalıklarla en iyi eğitimi veren ve bizlere yol gösteren değerli hocalarım, dekanımız Sayın **Prof. Dr. Figen KAPTAN**'a ve kurucu dekanımız Sayın **Prof. Dr. Türker SANDALLI**'ya,

Öğrenciliğimden tez hazırlamama kadar hiçbir zaman benden sevgisini ve desteğini esirgemeyen, her konuda bana yardımcı olan ve ablalığını her zaman hissettiğim değerli hocam **Doç. Dr. Didem ÖZDEMİR ÖZENEN**'e,

Bana yol gösteren, kıymetli bilgilerini paylaşarak mesleğimi en iyi şekilde icra etmeme yardımcı olan, her zaman yanımda olduklarını hissettiğim değerli hocalarım **Doç. Dr. Senem Selvi KUVVETLİ**, **Yrd. Doç. Dr. Elif Sungurtekin EKÇİ**, **Doç. Dr. Eşber ÇAĞLAR** ve **Doç. Dr. Özgür Önder KUŞÇU**'ya,

Dört senelik Doktora eğitimim boyunca her zaman yanımda olduklarını bildiğim, kıymetli arkadaşlarım ve meslektaşlarım **Dr. Dt. Deniz BAYRAK**, **Dr. Dt. Özge GÖNENÇ**, **Dt. Hanin FELLAGH** ve tüm çalışma arkadaşlarıma,

Yoğun çalışmalarım sırasında hep yanımda olan, beni destekleyen ve sevgisini gösteren arkadaşım **İrem ÇINAR**'a

Hayatımın bu noktasına gelmemdeki en büyük ve en önemli etkenler olan, beni kocaman yürekleri, hiç bitmeyen sevgi ve destekleri ile motive eden, tüm imkanlarını benimle paylaşan, herşeyden çok sevdiğim canım babam **Oğuzhan GÜRDOĞAN** ve annem **Cynthia Irene GÜRDOĞAN**'a

Tüm kalbimle teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK.....	i
ÖZET.....	ii
SUMMARY.....	iv
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	ix
TABLoların LİSTESİ	xii
GRAFİKLERİN LİSTESİ	xiii
ŞEKİL VE RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1 MİNE DOKUSU.....	2
2.1.1 MİNE DOKUSUNUN FİZİKSEL YAPISI.....	3
2.1.2 MİNE DOKUSUNUN KİMYASAL YAPISI.....	8
2.1.3 MİNE DOKUSUNUN HİSTOLOJİK YAPISI.....	8
2.2 DEMİNERALİZASYON.....	11
2.3 REMİNERALİZASYON.....	13
2.4 DİŞ ÇÜRÜĞÜNÜN OLUŞUMU VE ETİYOLOJİSİ.....	16
2.5 BAŞLANGIÇ ÇÜRÜK LEZYONLARI.....	22
2.5.1 BAŞLANGIÇ ÇÜRÜK LEZYONLARININ KLİNİK GÖRÜNTÜSÜ.....	23
2.5.2 BAŞLANGIÇ ÇÜRÜK LEZYONLARIN HİSTOLOJİSİ.....	24
2.5.3 BAŞLANGIÇ ÇÜRÜK LEZYONLARININ TANI VE TEDAVİSİ.....	28
2.6 RESİN İNFİLTRASYON.....	30
2.6.1 ASİT TAMPONLARIN KULLANILDIĞI IN-VİTRO DEMİNERALİZASYON MODELİ.....	46
2.6.2 RESİN İNFİLTRASYON MATERYALLERİ.....	47
2.6.2.1 DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	47
2.6.2.2 ICON®.....	49
2.7 DİŞ MİNESİ YÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ VE MİKROSERTLİK ÖLÇÜMÜ.....	51
2.7.1 TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM).....	54

2.7.1.1 TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	54
2.7.2 ATOMİK KUVVET MİKROSKOBU.....	58
2.7.2.1 ATOMİK KUVVET MİKROSKOBU ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	58
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	62
3.1 GEREÇ.....	62
3.1.1 ÖRNEKLER.....	62
3.1.2 ICON® MATERYALİ.....	64
3.2 YÖNTEM.....	70
3.2.1 GRUPLARIN OLUŞTURULMASI	70
3.2.2 ICON® UYGULAMASI	70
3.2.3 MİKROSERTLİK ÖLÇÜMLERİ	72
3.2.3.1 ÖRNEKLERİN MİKROSERTLİK ÖLÇÜMÜ İÇİN HAZIRLANMASI.....	72
3.2.4 TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU ÖLÇÜMLERİ.....	81
3.2.4.1 DEMİNERALİZASYON SOLÜSYONU VE PİLOT ÇALIŞMASI.....	81
3.2.4.2 ÖRNEKLERİN TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU ÖLÇÜMÜ İÇİN HAZIRLANMASI.....	89
3.2.4.3 TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU GÖRÜNTÜLERİNİN ALINMASI.....	93
3.2.5 ATOMİK KUVVET MİKROSKOBU ÖLÇÜMLERİ.....	98
3.2.5.1 ÖRNEKLERİN ATOMİK KUVVET MİKROSKOBU ÖLÇÜMÜ İÇİN HAZIRLANMASI.....	98
3.2.5.2 ATOMİK KUVVET MİKROSKOBU GÖRÜNTÜLERİNİN ALINMASI.....	101
3.2.6 İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME.....	104
4. BULGULAR.....	104
4.1 MİKROSERTLİK ÖLÇÜMLERİ BULGULARI.....	105
4.2 TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU GÖRÜNTÜLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	111
4.3 ATOMİK KUVVET MİKROSKOBU GÖRÜNTÜLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	116
5. TARTIŞMA.....	138
6. SONUÇLAR.....	155
7. KAYNAKLAR	156
8. ÖZGEÇMİŞ.....	178

KISALTMALAR

SEM	:	Scanning Electron Microscope, Taramalı Elektron Mikroskop
AFM	:	Atomic Force Microscope, Atomik Kuvvet Mikroskobu
nm	:	Nanometre
CPP-ACP	:	Casein phosphopeptide- Amorphous calcium phosphate, Kazein fosfopeptit-Amorf kalsiyum fosfat
<i>S. mutans</i>	:	<i>Streptococcus mutans</i>
<i>S. sobrinus</i>	:	<i>Streptococcus sobrinus</i>
dk.	:	Dakika
Ca	:	Kalsiyum
PO ₄	:	Fosfat
ECM	:	Elektronik çürük monitörü
FOTİ	:	Fiberoptik transillüminasyon yöntemi
DİFOTİ	:	Dijital fiberoptik transillüminasyon
OCT	:	Optik koherans tomografisi
cm/s	:	Centimeters per second, santimetre/saniye
µm	:	Mikrometre
ICDAS	:	International Caries Detection and Assessment System

TEGDMA	:	Trietilen glikol dimetakrilat
UDMA	:	Ürethan dimetakrilat
Bis-EMA	:	Etoksilat bisfenol A glikol dimetakrilat
Bis-GMA	:	Bisfenol A diglisidil eter dimetakrilat
HEMA	:	Hidroksietil metakrilat
RI	:	Refractive index, ışığı kırma indeksi
VAS	:	Visual analog scale, görsel analog skalası
AAPD	:	The American Academy of Pediatric Dentistry
sn.	:	Saniye
CLSM	:	Confocal Laser Scanning Microscope, Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop
ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
IM	:	Işık Mikroskobu
vb.	:	Ve bunun gibi
Au	:	Altın
Pt	:	Platin
Au/Pd	:	Altın-Paladyum
C	:	Karbon
SPM	:	Scanning Probe Microscope, Taramalı Sondalı Mikroskop
STM	:	Scanning Tunneling Microscope, Taramalı Tünelleme Mikroskop

μ	:	Mikron
Nm	:	Newton metre
N	:	Newton
Ra	:	İki boyutlu yüzeylerin aritmetik ortalama pürüzlülüğü
RMS (Rq)	:	Root Mean Square, ortalama pürüzlülük değerlerinin karelerinin karekökü (Karekök pürüzlülük değeri)
Sa	:	Üç boyutlu yüzeylerin aritmetik ortalama pürüzlülüğü
Sq	:	Üç boyutlu yüzeylerin RMS değeri (karekök pürüzlülük değeri)
mW/cm ²	:	Işık şiddeti birimi
gr.	:	Gram
VSN	:	Vickers sertlik numarası
°C	:	Derece, Celcius
mm	:	Milimetre
CaCl ₂	:	Kalsiyum klorür
KH ₂ PO ₄	:	Potasyum dihidrojen fosfat
KOH	:	Potasyum hidroksit
NaN ₃	:	Sodyum azidin
mmol/L	:	Litre başına milimol birimi
Si	:	Silisyum
IFM	:	Infinite Focus Microscope, Üç Boyutlu Işık-Optik Mikroskobu

TABLO LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1: Mine dokusunun kuru ağırlığını % olarak oluşturan yapılar.....	2
Tablo 2: Grupların sınıfıçi mikrosertlik ölçüm güvenilirliği (GA: Güven Aralığı).....	105
Tablo 3: Her grubun 4 noktadan ölçülen mikrosertlik değerleri (VSN) ve ortalamaları.....	107
Tablo 4: Grupların mikrosertlik ölçümlerinin ortalamalarının karşılaştırılması (*p<0,05).....	108
Tablo 5: Grupların mikrosertlik ortalamalarının çoklu karşılaştırılması (*p<0,05).....	108
Tablo 6: Kontrol ve Icon® gruplarının Sq değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması (*p<0,05)	128
Tablo 7: Negatif kontrol ve Icon® gruplarında bulunan örneklerden elde edilen RMS deviasyon (Sq) değerleri.....	132
Tablo 8: Kontrol ve Icon gruplarının ortalama deviasyonu, ortalama yüksekliği ve maksimum deviasyonu (*p<0,05)	132
Tablo 9: Kontrol ve Icon gruplarında bulunan her bir örneğe ait Sa, ortalama yükseklik ve maksimum deviasyon değerleri (nm ve µm cinsinden).....	136

GRAFİKLERİN LİSTESİ

Sayfa

Grafik 1:	Grupların mikrosertlik değerlerinin karşılaştırılması.....	109
Grafik 2:	Mikrosertlik açısından grupların kendi içlerinde karşılaştırılmaları.....	110
Grafik 3:	İki grup arasındaki RMS deviyasyon farkının şematize edilmesi.....	128
Grafik 4:	İki grup arasındaki Sq değeri farkının şematize edilmesi.....	129
Grafik 5:	İki grup arasındaki Sa değerleri farkının şematize edilmesi.....	133
Grafik 6:	İki grup arasındaki maksimum deviyasyon farkının şematize edilmesi....	134
Grafik 7:	Kontrol ve Icon grupları arasındaki ortalama yükseklik farkı.....	137

ŞEKİL VE RESİMLERİN LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1: 1960'larda kabul edilen, 3 ana faktörden oluşan çürük modeli.....	17
Şekil 2: Diş çürüğü oluşumunu etkileyen faktörler.....	18
Şekil 3: Günümüzde kabul edilen kompleks diş çürüğü modeli.....	19
Şekil 4: Glukoz ile çalkalama sonrası plak pH'ında görülen değişiklikler (Stephan eğrisi).....	21
Şekil 5: %10'luk Sukroz solüsyonu ile çalkalama sonrası plak pH'ında görülen değişiklikler	22
Şekil 6: Washburn denklemi	34
Şekil 7: Icon® infiltranının uygulanma süresine göre ulaşabildiği penetrasyon derinlikleri	38
Şekil 8: Knoop ucunun şekli ve ucu oluşturan açılar.....	53
Şekil 9: Vickers ucunun şekli ve ucu oluşturan açılar.....	53
Şekil 10: Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) çalışma prensibi.....	55
Şekil 11: AFM'yi oluşturan yapıların şematize edilmesi.....	59

	Sayfa
Resim 1: Mine dokusunun en küçük yapı taşı olan hidroksiapatit kristali.....	2
Resim 2: Mine dokusunu oluşturan organize kristal yapı Mine prizmaları (a), interprizmatik matriks (b).....	4
Resim 3: Mine prizmasının yapısı.....	4
Resim 4: Hidroksiapatit kristallerinden oluşan mine prizmalarının SEM görüntüsü.....	5
Resim 5: Farklı kristal yönlerine sahip prizmalar ve prizmalar arası matriks.....	6
Resim 6: İnterprizmatik mineyi oluşturan kristallerin oluşmaması sonucu görülen yarık bölgeler.....	7
Resim 7: Taramalı Elektron Mikroskopunda mine prizmaların çapraz kesitten görüntüsü.....	9
Resim 8: Hunter-Schreger çizgileri.....	10
Resim 9: Dentin dokusu ve Retzius çizgileri.....	11
Resim 10: Demineralizasyon olayı.....	12
Resim 11: Demineralizasyon-Remineralizasyon dengesi (fluorid varlığında).....	14
Resim 12: Başlangıç çürük lezyonların klinik görüntüsü.....	23
Başlangıç çürük lezyonun histolojik görüntüsü A: Yüzeysel tabaka,	
Resim 13: B: Çürüğün gövdesi, C: Karanlık tabaka ve	26
D: Saydam tabaka.....	
Başlangıç çürük lezyonun histolojik görüntüsünün çizimi.	
Resim 14: 1: Saydam tabaka, 2: Karanlık tabaka, 3: Çürüğün gövdesi ve 4: Yüzeysel tabaka.....	26
Resim 15: Başlangıç çürük lezyonunu oluşturan 4 tabakanın por hacimleri.....	27
Mine yüzeyinde bulunan başlangıç çürük lezyonun konvansiyonel bir materyal ile kaplanması sonrası yüzeyde oluşan difüzyon bariyeri (a).	
Resim 16: Resin infiltrasyon tekniğinde, lezyon gövdesinde bulunan mikroporlar düşük viskoziteli resin tarafından penetre edilir ve materyal ışık ile sertleştirilir (b).....	32
Resin infiltrasyon sonucu ara yüz bölgesinde bulunan ve dentin dokusuna uzanan bir çürük lezyonun Konfokal Mikroskop altında incelenmesi. İnfiltran yeşil, poröz bölgeler ise kırmızı olarak görülmektedir. İnfiltranın mine-dentin sınırına kadar penetre olabildiği görülmüştür. Yeşil fluoresan boya ile boyanmayan oksijen inhibisyon tabakası lezyon yüzeyinde	
Resim 17:	33

	görülmetedir.....	
Resim 18:	Resim a'da 1 ve 2 numaralı alanlarda başlangıç mine çürükleri görülmektedir. Resim b'de 1 numaralı alanda örtücü materyalin oluşturduğu yüzey bariyeri ve yetersiz penetrasyonu görülürken, 2 numaralı alanda başlangıç mine lezyonunu penetre eden rezin materyal görülmektedir.....	35
Resim 19:	Bite-wing radyografi görüntülerine göre radyografik lezyon derinliği sınıflaması. E1, E2 ve D1 lezyonlarında rezin infiltrasyon başarı gösterirken D2 ve D3 lezyonlarında başarısız sonuçlar vermiştir.....	41
Resim 20:	Çürük lezyonun radyografik görüntüsü.....	41
Resim 21:	Ortodontik braketlerin çıkarılması sonrası gözlenen beyaz nokta lezyonları.....	44
Resim 22:	Icon® uygulamasından hemen sonra.....	44
Resim 23:	Icon® uygulamasından 1 ay sonra.....	45
Resim 24:	Icon® Caries Infiltrant kiti.....	50
Resim 25:	AFM cihazını oluşturan yapılar.....	60
Resim 26:	Bu tez çalışmasında kullanılan sığır dişlerinden bir tanesi.....	63
Resim 27:	Icon® Caries Infiltrant – Smooth Surface kiti.....	64
Resim 28:	Caries Infiltrant – Smooth Surface kitinde bulunan Icon®-Infiltrant tüpü ve kitin içinde bulunan tek kullanımlık fırça ucu.....	65
Resim 29:	Bu tez çalışmasında kullanılan Icon® Caries Infiltrant – Smooth Surface kiti.....	66
Resim 30:	Icon® Caries Infiltrant – Smooth Surface kitinde bulunan Icon®-Etch, Icon®-Dry ve Icon®-Infiltrant.....	67
Resim 31:	Üretici firmanın uygulama talimatları.....	69
Resim 32:	Çalışmada kullanılan polimerizasyon cihazı.....	71
Resim 33:	ISOMET cihazı ile sığır dişlerinin kesilmesi.....	73
Resim 34:	Kesilen ve metal kalıplar içerisine gömülecek olan örnekler.....	74
Resim 35:	Cilalama aygıtı.....	75
Resim 36:	Cilalanan ve mikrosertlik ölçümü için hazırlanan rastgele gruplara ayrılacak olan tüm örnekler.....	75

Resim 37:	Hiç bir uygulamanın yapılmadığı kontrol grubu.....	76
Resim 38:	Kontrol grubuna ait ve mikrosertlik değeri ölçülecek olan bir mine örneği...	76
Resim 39:	Rastgele 3 gruba ayrılan örnekler. Üstten birinci sıra hiç bir uygulamanın yapılmadığı negatif kontrol (1), ikinci sıra demineralizasyon (2) ve üçüncü sıra Icon® grubu (3). Ok, demineralizasyon ve Icon® gruplarına uygulanan yapıştırma'yı göstermektedir.....	77
Resim 40:	Demineralize edilen ve başlangıç lezyonu oluşturulan örnekler. Üstten birinci sıradaki örnekler demineralizasyon (1), ikinci sıradaki örnekler ise Icon® grubu (2).....	78
Resim 41:	Siyah ok, 4x4 mm'lik demineralizasyon penceresi ile sınırlı olan başlangıç çürük lezyonunu göstermektedir.....	78
Resim 42:	Başlangıç çürük lezyonu (sol) ve Icon® tarafından infiltre edilen lezyon (sağ).....	79
Resim 43:	Mikrosertlik ölçme cihazı.....	80
Resim 44:	Örneklerin demineralizasyonunda kullanılan demineralizasyon solüsyonu...	82
Resim 45:	Akriliğe gömülen ve yüzeyine 4x4 mm boyutunda yapıştırma uygulanan mine örnekleri.....	83
Resim 46:	Belirli süreler boyunca demineralizasyon solüsyonunda bekletilecek olan örnekler.....	84
Resim 47:	Demineralizasyon solüsyonunda 30 dk. bekletilmiş mine örneğinin SEM görüntüsü.....	85
Resim 48:	Demineralizasyon solüsyonunda 60 dk. bekletilen mine örneğinin SEM görüntüsü.....	86
Resim 49:	Demineralizasyon solüsyonunda 90 dk. bekletilen mine örneğinin SEM görüntüsü.....	87
Resim 50:	Demineralizasyon solüsyonunda 120 dk. bekletilen mine örneğinin SEM görüntüsü.....	88
Resim 51:	ISOMET ile kesilen sıgır dişleri.....	90
Resim 52:	Cilananan mine örnekleri.....	91
Resim 53:	Cilalanan ve üzerine 4x10 boyutunda yapıştırma uygulanan mine örnekleri.....	91
Resim 54:	Cilalanan çapraz kesit örnekleri.....	92

Resim 55:	Cilalanan SEM örnekleri. Ok: Materyalin uygulandığı mine yüzeyi.....	93
Resim 56:	Kaplama cihazı.....	94
Resim 57:	Platin ile kaplanan Icon® uygulamalı enine kesit örnekler.....	95
Resim 58:	ESEM cihazı.....	96
Resim 59:	SEM cihazına yerleştirilen platin ile kaplanan örnek.....	97
Resim 60:	AFM ile incelenecek olan kontrol grubuna ait bir örneğin görüntüsü.....	99
Resim 61:	Icon® uygulanan ve AFM’de incelenecek bir örnek Ok: Materyal uygulama alanı.....	100
Resim 62:	AFM cihazı ile görüntülemenin sağlandığı bilgisayar monitörü.....	102
Resim 63:	AFM cihazı.....	103
Resim 64:	Icon® infiltranının penetrasyonunu gösteren 1000x büyütmedeki SEM görüntüsü. Ok 1: Icon® uygulanan mine yüzeyi, Ok 2: Ara yüzey (çapraz kesit), Parantez: Demineralize alan (pencere).....	111
Resim 65:	Icon®’un interprizmatik bölgeye penetrasyonunu gösteren 2000x büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	112
Resim 66:	Icon® uygulaması sonrası penetrasyonun SEM ile 5000x büyütmede alınan görüntüsü.....	113
Resim 67:	Icon®’un penetrasyonunu gösteren 5000x büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	114
Resim 68:	Icon®’un penetrasyonunu gösteren 5000x büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	115
Resim 69:	Kontrol grubunda olan bir örnekten elde edilen faz görüntü ve üç boyutlu yüzey görüntüsü.....	117
Resim 70:	Kontrol grubunda bulunan bir örnekten alınan faz ve üç boyutlu görüntü.....	118
Resim 71:	Kontrol grubuna ait bir örnekten elde edilen faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü.....	119
Resim 72:	Kontrol grubundaki bir örnekten elde edilen faz görüntüsü ve üç boyutlu yüzey görüntüsü.....	120
Resim 73:	Kontrol grubunda bulunan bir örnekten alınan faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü.....	121

Resim 74:	Icon® grubunda bulunan bir örnekten elde edilen faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü.....	123
Resim 75:	Icon® grubundaki bir örnekten alınan faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü.....	124
Resim 76:	Icon® grubundaki bir örnekten alınan faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü.....	125
Resim 77:	Icon® grubundaki bir örnekten alınan faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü.....	126
Resim 78:	Icon® grubundaki bir örnekten alınan faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü.....	127



1. GİRİŞ

Minimal invaziv tedavi yaklaşımları demineralize olmuş mine ve dentin dokularının maksimum düzeyde korunması temeline dayanmaktadır. Günümüzde ‘minimum madde kaybı, minimum restorasyon’ görüşü tercih edilirken, Black’in ‘minimum madde kaybı, maksimum restorasyon’ ve ‘koruma amacıyla genişletme’ görüşleri geçerliliklerini yitirmiş bulunmaktadır.

Çürük oluşumunun engellenmesi ve sert dokuların korunması ilkeleri modern diş hekimliğinin temelini oluşturmaktadır. Günümüzde diş hekimlerinin hedefi, konservatif ve biyolojik tedavi yöntemleri kullanarak invaziv ve cerrahi tedavi ihtiyaçlarını minimuma indirmek olmalıdır (1). Başlangıç çürük lezyonlarının konservatif tedavileri arasında florid uygulaması, fissür örtücüler ve davranış modifikasyonları yer almaktadır. Yeni bir tedavi yöntemi olan rezin infiltrasyon, yakın zamanda başlangıç çürük lezyonların tedavisinde kullanılmaya başlanan konservatif bir tedavi çeşididir. 2009 yılında bu yöntemin kullanılmasına yönelik ilk materyal olan Icon® (Icon®, DMG Chemisch-Pharmazeutische Fabrik GmbH, Hamburg, Germany) piyasaya sunulmuştur (2). Başlangıç çürüklerin artmış poröz yapısından faydalanarak düşük viskozite ve yüksek penetrasyon katsayısına sahip olan bu rezin infiltran, düz yüzey veya ara yüz başlangıç lezyonlarına uygulanır. Başlangıç lezyonunda bulunan porlar, karyojenik etkiye sahip asit ve çözünmüş mineraller için bir geçiş yoludur. Resin infiltrasyon tedavisinin amacı, bu porların düşük viskoziteli resin ile doldurulup geçiş yolunun tıkanması ve böylece başlangıç lezyonun ilerlemesini yavaşlatmak veya tamamen durdurmaaktır. Mikroporoziteleri tıkanmanın yanı sıra demineralize olmuş ve zayıflamış olan yapıya mekanik destek de sağlanmaktadır (3).

Araştırmalarda sığır dişleri, insan dişlerine alternatif olarak kullanılmaktadır. Büyük miktarlarda ve kolayca elde edilebilmeleri, insan dişlerine göre daha üniform bir yapıda olmaları ve insan mine dokusunun mikro-yapısına benzer bir yapıda olmaları sebebi ile *in vitro* çalışmalarda sıkça tercih edilmektedirler (4).

Bu çalışmanın amacı; yüzeyinde yapay çürük lezyonu oluşturulan çekilmiş sığır dişlerine Icon® uygulaması sonrası materyalin mikrosertlik değerlerinin araştırılması, penetrasyon kalitesinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve yüzey kalitesinin Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ile incelenmesi ve değerlendirilmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. MİNE DOKUSU

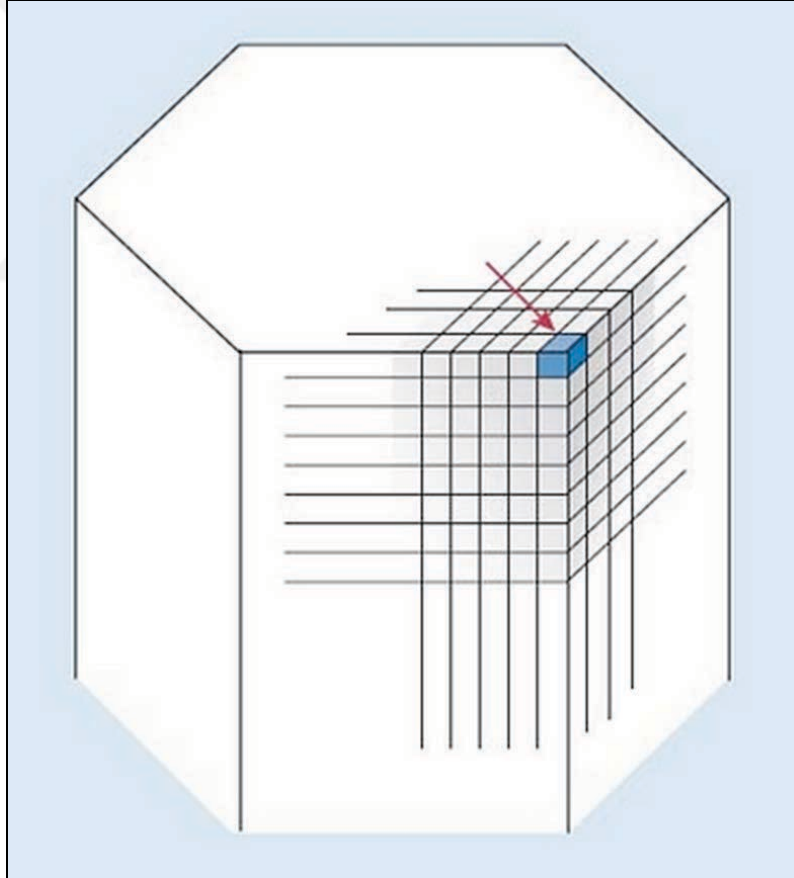
Mine dokusu, ektoderm kökenli olup ameloblast hücreleri tarafından oluşturulmaktadır (5). Mine dokusunun oluşumu (amelogenezis); hücre farklılaşması, matriks salgılanması ve olgunlaşma olmak üzere 3 aşamada gerçekleşmektedir. Amelogenezi takiben, ameloblast hücreleri kaybolmakta ve bu hücrelerin kaybolması mine dokusunu hücresiz ve cansız bir matriks kılmaktadır (6). Bu dezavantajını kompanse edebilmek adına mine dokusu, yüksek derecede mineralize olmuş bir yapıdır (7). Diş embriyosuna ait iç mine epitel hücrelerinin salgılama faaliyetleri ile oluşmuş bir sert dokudur. Diş kuronunun tüm yüzeyini kaplayan koruyucu tabaka olmakla birlikte vücudun en sert dokusudur. Mine dokusu, ana bileşeni kalsiyum fosfat kompleksi olan hidroksiapatitten oluşmuş bir matriks içinde yer alan kristalize yapıda poröz bir dokudur (8). Mikroskobik kalsiyum fosfat kristalleri mine dokusunun kuru ağırlığının %99'unu oluşturmaktadırlar (Tablo 1) (9).

Yapı	Mine dokusu
Kalsiyum	34-39
Fosfor	16-18
Karbonat	2.0-3.6
Sodyum	0.3-0.9
Magnezyum	0.3-0.6
Klorit	0.2-0.3
Mineral	99
Organik	1

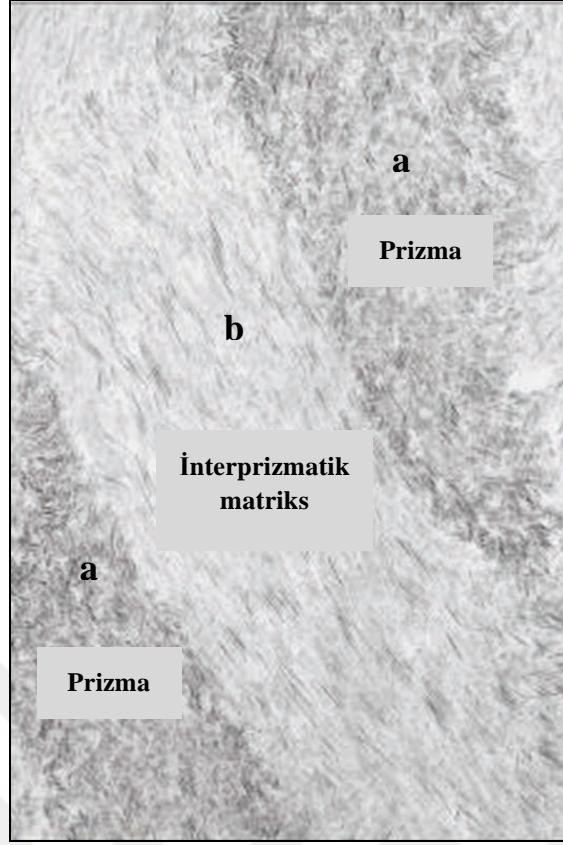
Tablo 1. Mine dokusunun kuru ağırlığını % olarak oluşturan yapılar (9).

2.1.1. MİNE DOKUSUNUN FİZİKSEL YAPISI

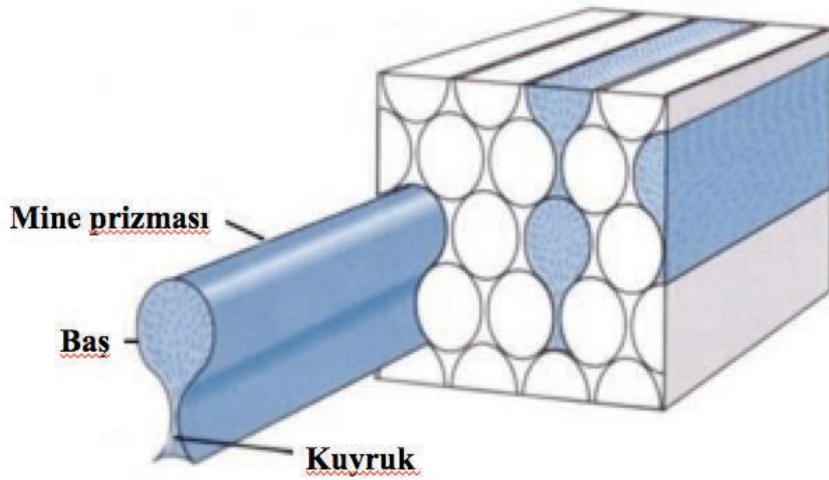
Mine dokusu; milyonlarca mine prizması, organik prizma kımı ve iki yapının arasında bulunan organik interprizmatik matriksten oluşan nanoyapıya sahip bir dokudur (Resim 1 ve Resim 2). Yapısının %80-90'ı kalsiyum hidroksiapatit kristalleri oluşturmaktadır (Resim 1). Kalan %10-20'lik kısım organik proteine benzer bir yapıdan oluşmaktadır (10, 11). Mine kristalleri, kendilerinin ve mine prizmalarının uzun eksenine paralel olacak şekilde dizilmişlerdir. Sürekli dişlerde mine prizmaları, hafif apikal yönde dışa doğru uzanmakta olup genelde mine-dentin birleşimine ve dişlerin dış yüzeyine dik olarak uzanmaktadırlar (5).



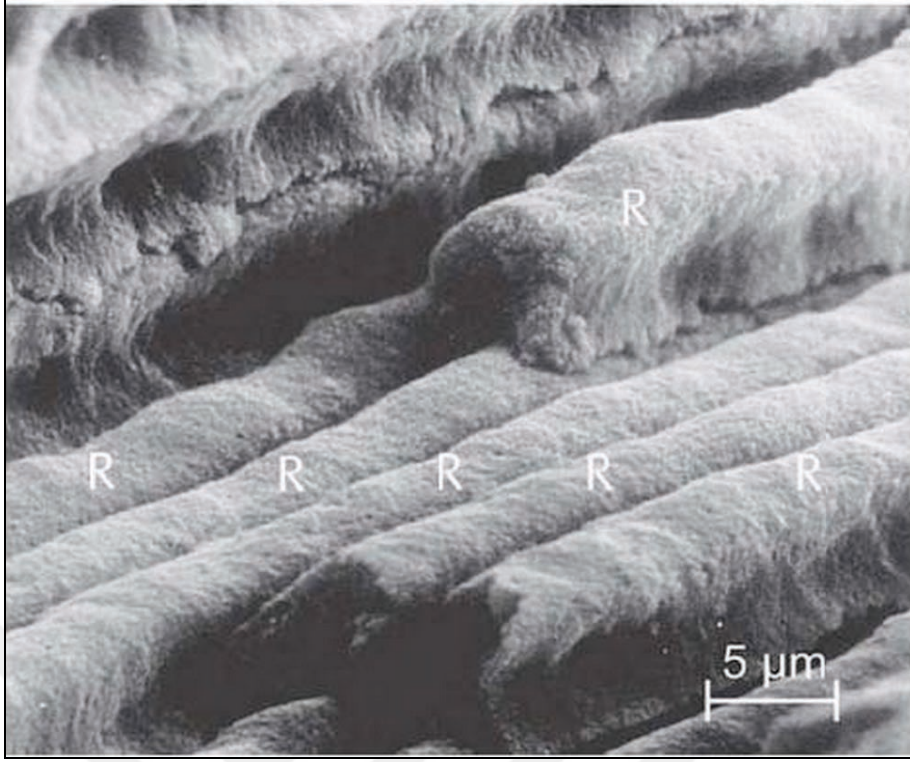
Resim 1. Mine dokusunun en küçük yapı taşı olan hidroksiapatit kristali (12).



Resim 2. Mine dokusunu oluşturan organize kristal yapı. Mine prizmaları (**a**), interprizmatik matriks (**b**) (6).



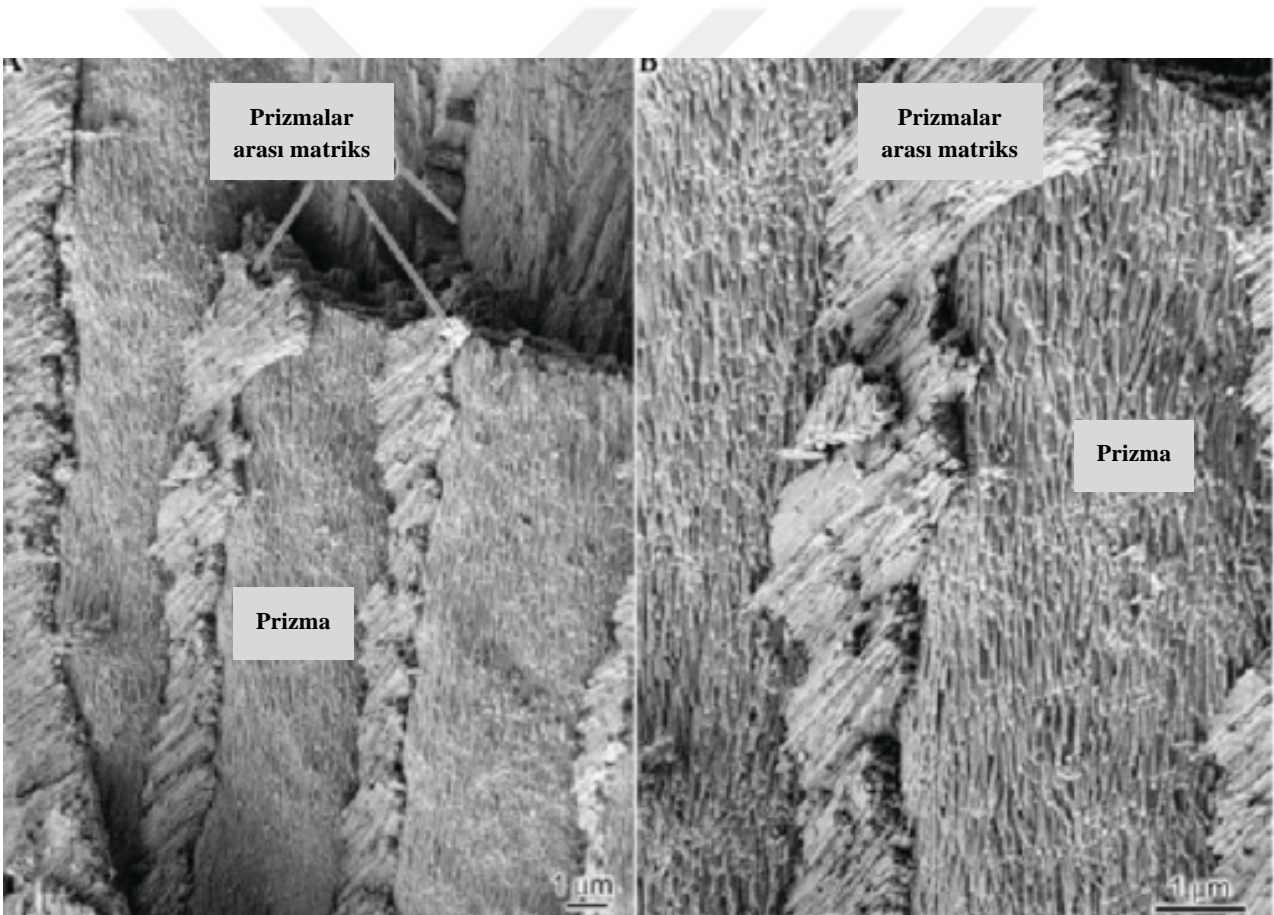
Resim 3. Mine prizmasının yapısı (13).



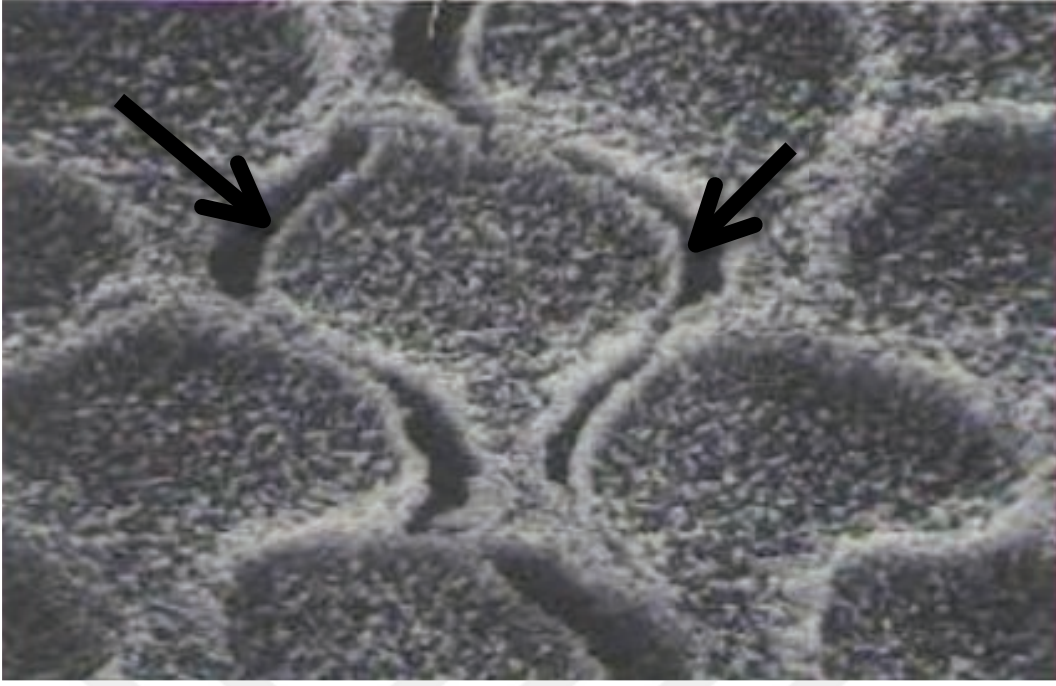
Resim 4. Hidroksiapatit kristallerinden oluşan mine prizmalarının (**R**) SEM görüntüsü (12).

Mine prizmalarının yapısal bileşenleri, değişik boyut ve şekillerdeki milyonlarca küçük, ince ve uzun apatit kristalleridir (Resim 4). Kristallerin farklı doğrultularda sıkıca paketlenmiş olarak bulunması mine prizmalarına dayanıklılık sağlamaktadır. Baş kısmının merkez bölgesindeki apatit kristallerinin uzun aksları neredeyse mine prizmalarının uzun aksına paralel iken; kuyruk bölgesinde kristaller prizma aksına artan açılarda (65 derece) eğimli uzanmaktadır. Bu kristallerin çürük veya pürüzlendirme işleminde kullanılan asitlere karşı duyarlılığının kristal yönüne bağlı olduğu düşünülmektedir (5). Kristal yapıların prizmalar içerisindeki dizilimi, mine dokusunu asit ataklarına karşı daha hassas veya dirençli hale getirebilir (7). Asit atağı sebebi ile meydana gelen çözünme olayı prizmanın baş veya merkez kısmında gerçekleşmektedir. Kuyruk bölgesi asit ataklarına karşı daha dayanıklıdır. Interprizmatik alanlarda ve prizmaların perifer bölgelerinde %50 kadar mineral kaybına rastlanılabileceği bildirilmiştir (14). Her bir kristal, yapısal bir oluşumdan çok, organik olarak zengin bir aralık olduğu düşünülen bir organik matriks veya prizma kını tarafından çevrilidir (5).

Yüksek miktarda mineral tuzları ve kristal yapısı sayesinde insan vücudundaki en sert doku olan mine, bulunduğu bölgeye göre sertlik ve kalınlık değişikliği göstermektedir. Mine prizmaları kıvrımlardan ibarettir ve bu prizmalar birbirlerine kristallerden oluşan interprizmatik mine ile bağlanmaktadır (Resim 5). Ancak kristallerin oluşmadığı yarık bölgeler de meydana gelebilmektedir ve bu özellik minenin yoğunluğunda ve sertliğinde değişikliklere yol açabilmektedir (Resim 6). Bu dezavantajlara ek olarak, yarık alanlara küçük partiküllerin penetre olması sonucu diş sert dokusunda yıkım da gözlenebilmektedir. Mine dokusunun sertliği dişin iç kısmına doğru azalmakta ve en düşük sertlik değerini mine-dentin sınırında göstermektedir. Aynı zamanda diş minesinin yoğunluğu da mine-dentin sınırına doğru azalmaktadır (5).



Resim 5. Farklı kristal yönlerine sahip prizmalar ve prizmalar arası matriks (14).



Resim 6. İnterprizmatik mineyi oluşturan kristallerin oluşmaması sonucu görülen yarık bölgeler (14).

Sert bir yapı olmasına rağmen, düşük gerilme dayanıklılığı ve yüksek elastisite modülüne sahip olması ile kırılğan ve fraktürlere meyilli bir yapıdır. Fraktür, genellikle dentin dokusunda çürük varlığında meydana gelmektedir (5).

Mine dokusunun içerisinde bulunan su, kristaller arası alanlarda ve minenin dış yüzeyine açılan mikropor ağlarının içinde bulunmaktadır. İyonlar, çeşitli sıvılar ve düşük molekül ağırlıklı maddeler, yarı geçirgen özellikteki mineden difüzyon yoluyla geçebilmektedir (15). Bazı moleküllerin geçişine izin vermezken kalsiyum gibi elementlerin geçişine izin vermektedir. Su, kristaller arası küçük boşluklarda taşıyıcı bir ortam olarak önemli rol oynar. Basit geçirgenlik sürekli devam etmekle birlikte, matriks yapısındaki bazı değişiklikler nedeniyle minenin geçirgenliği zamanla azalmaktadır (5). Mine, çeşitli iyonları yapısına alacak kadar poröz yapıdadır ve bu sebeple demineralizasyon ve remineralizasyon potansiyeli gösteren bir doku olma özelliğine sahiptir (16).

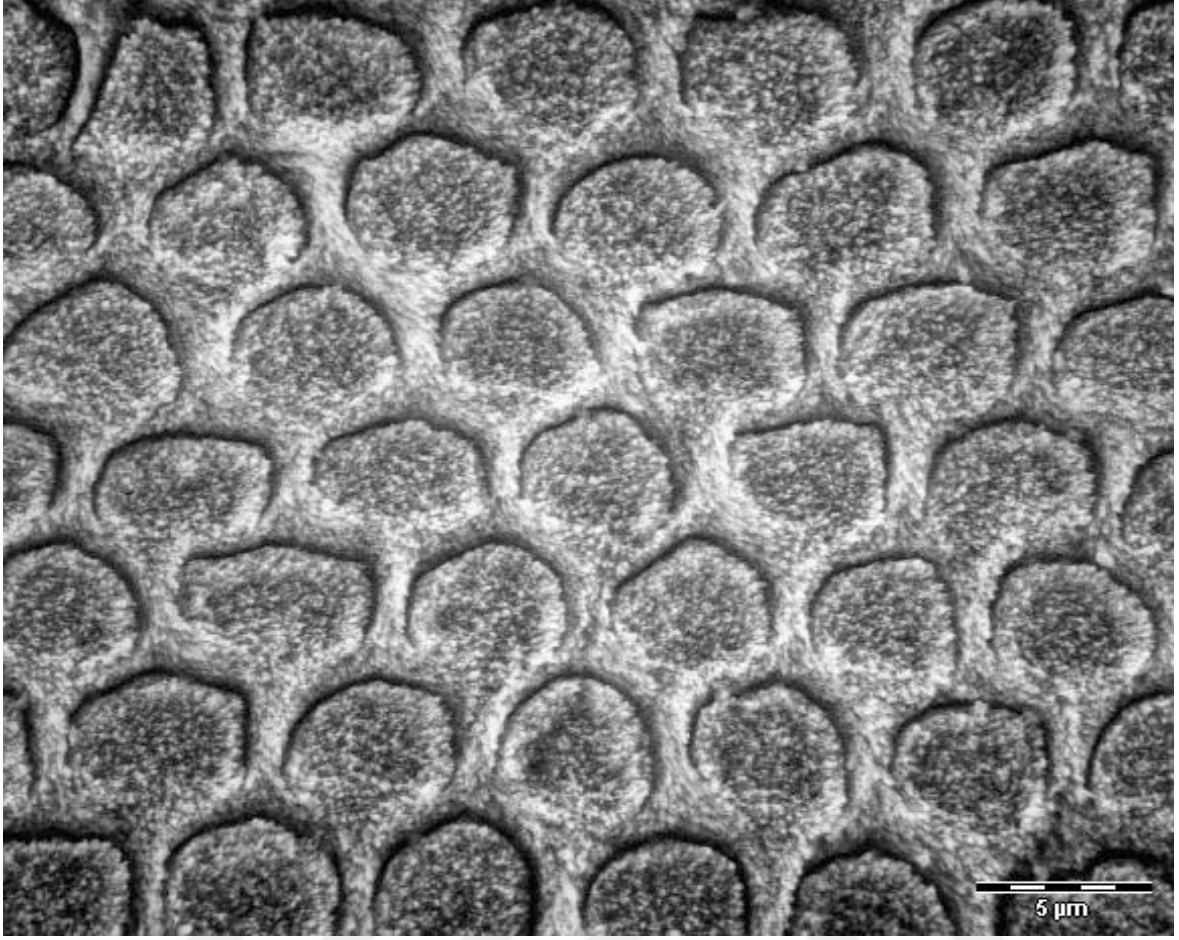
2.1.2. MİNE DOKUSUNUN KİMYASAL YAPISI

Mine dokusu, ağırlıkça %95-98 inorganik madde içermektedir. Kristalin örgü şeklindeki hidroksiapatit, en fazla bulunan mineral bileşenidir ve hacimce %90-92 arasındadır. Diğer mineraller ve eser elementler daha az miktarlarda bulunurlar. Diş minesini ağırlıkça %1-2 organik madde ve %3 sudan oluşmaktadır (5, 17). Olgun mine dokusunun organik içeriği, amelogenin proteinin parçalanması sonucu oluşan Pro, Glx ve Gly yan ürünlerinden zengin olan kısa peptit fragmanlarından oluşmaktadır (18, 19). Büyük protein kompleksleri, siathelin, serbest aminoasitler ve lipidler minenin kalan organik yapısını oluşturmaktadırlar (7).

Mine dokusunun inorganik kısmı hegzagonal apatit yapıdadır ve kalsiyum hidroksiapatit kristallerinden meydana gelmektedir. Ortokalsiyumfosfat su ile reaksiyona girdiğinde hidroksiapatit oluşmaktadır. Minenin yapısında %3 oranında karbonatlar, %1 oranında sodyum ve magnezyum, çok az miktarda florin, demir ve manganez tuzlarının bulunduğu bildirilmiştir (20).

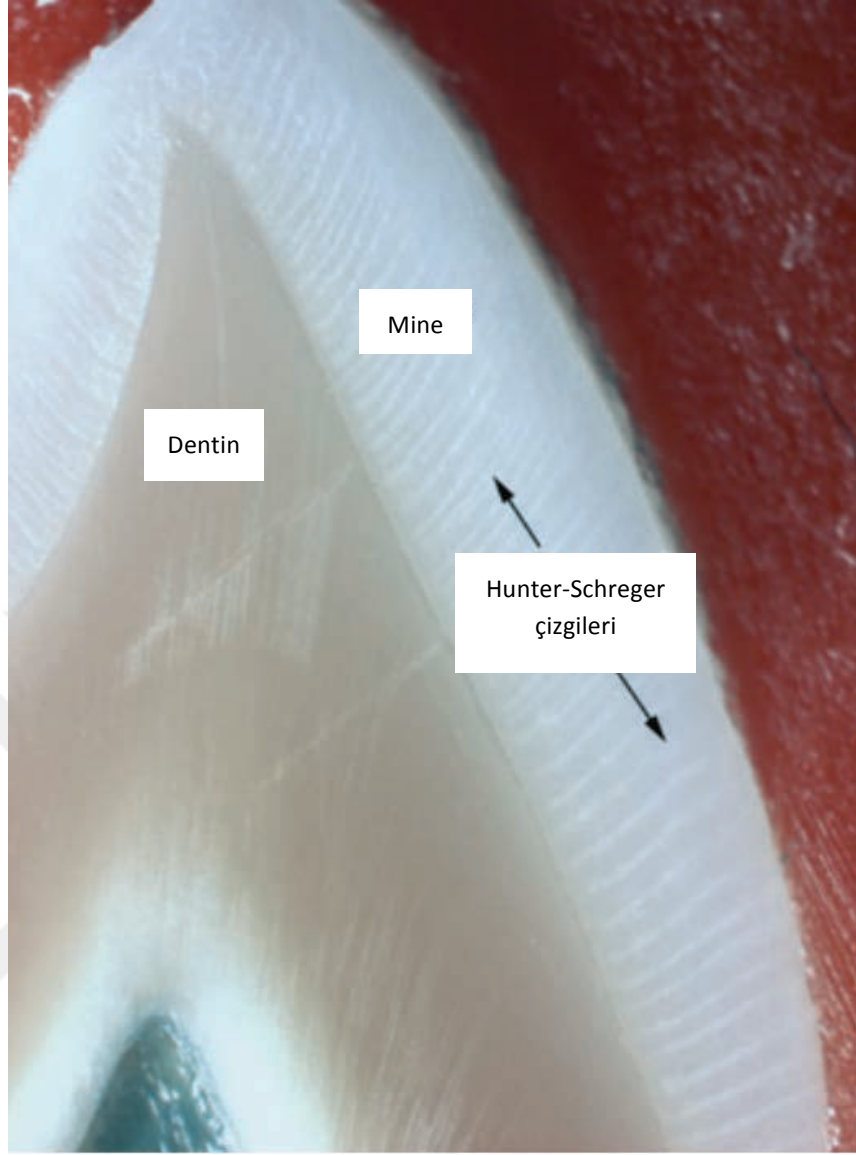
2.1.3. MİNE DOKUSUNUN HİSTOLOJİK YAPISI

İnsan minesini, birbirine kenetlenmiş, çapraz kesitlerde yuvarlak bir baş veya gövde kısmı ile bir kuyruk kısmından oluştuğu görülen mine prizmalarından meydana gelmektedir (Resim 7). Taramalı Elektron mikroskobu (SEM) ile mine dokusunun çapraz kesiti incelendiğinde prizmaların karakteristik 'anahtar deliği' görüntüsü görülmektedir. Her prizmanın yuvarlak baş kısmı komşu iki prizmanın kuyruk kısımları arasında uzanmaktadır. Genellikle yuvarlak baş kısmı oklüzal veya kesici kenar yönünde konumlanırken, kuyruk kısmı servikal yöne doğru uzanmaktadır (5).



Resim 7. Taramalı Elektron Mikroskobunda (SEM) mine prizmaların çapraz kesitten görüntüsü (21).

Ameloblast hücreleri mine prizmalarını oluştururken mine-dentin sınırından perifer doğru göç etmektedirler. Aynı zamanda prizma kıvrımlarını oluştururken farklı yolları izlerler ancak bitişindeki prizmalar ile yakınlığını korumaktadırlar. Mine dokusuna ait prizma dizilişi ışık altında incelendiğinde 'Hunter-Schreger' çizgileri denen prizmalara ait koyu ve açık renkli bantlar görülebilmektedir (5) (Resim 8).



Resim 8. Hunter-Schreger çizgileri (22).

Tüm mine prizmaları tabaka halinde günlük 4 mikron (μ) miktarında uzayarak birikmektedirler. Uzunlamasına kesit alındığında, bu tabakalar ağaç kökünün halkalarına benzemekte olan koyu çizgiler halindedir ve bu koyu çizgilere 'Retzius Çizgileri' veya 'İnkremental çizgiler' adı verilmektedir (5) (Resim 9).



Resim 9. Dentin dokusu (A) ve Retzius çizgileri (B) (23).

Elektron mikroskopunda mine dokusunu incelendiğinde onu oluşturan hidroksiapatit kristallerinin yaklaşık 30 nanometre (nm) genişliğinde ve 90 nm kalınlığında olduğu görülebilmektedir (7).

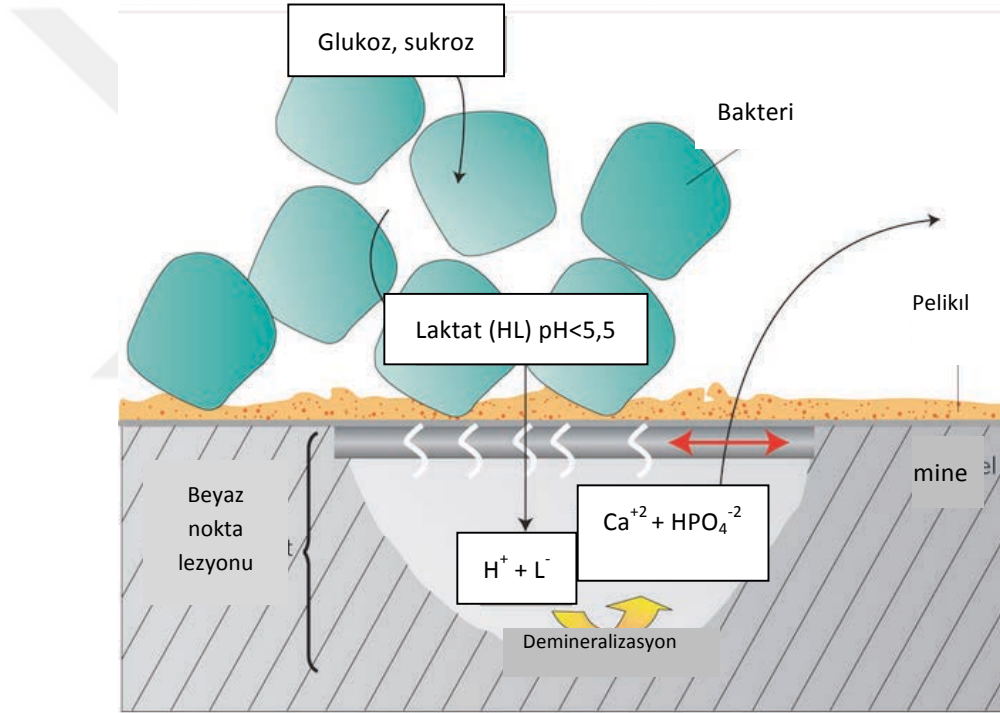
2.2. DEMİNERALİZASYON

Demineralizasyon, dişin kalsiyum ve fosfat gibi minerallerinin ve mine, dentin, sement dokularını oluşturan hidroksiapatit kristallerinin asit atakları sonucu çözünmesi ile oluşmaktadır (24). Günümüzde demineralizasyonun gerçekleşmesi ve diş çürüğünün oluşması konusunda kabul edilen teori asidojenik teoridir (25).

Sağlam mine kristalleri çok küçüktür ve 40 nm kalınlığında oldukları bildirilmiştir. Bu kristaller, hidroksiapatite benzeyen fakat saf olmayan bir mineralden oluşmaktadırlar. Bu mineral bir çok farklı iyondan oluşmakta ve bu iyonlar sebebi ile mine kristalleri saf hidroksiapatit veya fluorapatit'e göre daha kolay çözünmektedir. Dental mineralin asit atağı

sırasında saf hidroksiapatit veya fluorapatit'ten daha kolay çözünmesinin asıl sebebi kristal yapısında fosfat iyonu yerine karbonat iyonu içermesidir (26).

Demineralizasyon olayı iki adımda gerçekleşmektedir. İlk önce, fermente edilebilen karbonhidratlar bakteriler tarafından metabolize edilerek diş içerisinde kristaller arasında bulunan su yoluyla difüze olabilen laktat (HL) gibi organik asitler üretilmektedir. Difüze olan organik asitler, mine kristali üzerinde uygun bir nokta bulduktan sonra, kalsiyum ve fosfat minerallerini çözmektedir. Dişten çözünen mineraller, kristaller arasında bulunan sıvı ortam içerisine katılmaktadırlar (Resim 10) (27, 28).



Resim 10. Demineralizasyon olayı (28).

Plaktaki asit atakları başladıktan sonra, sırasıyla, ilk olarak kalsiyum florid, hidroksiapatit ve son olarak flor hidroksiapatit çözünmektedir. Asit atakları devam ettiği takdirde çözülmüş olan iyonlar plak sıvısının doymunluk derecesini yeterli seviyeye kadar arttırarak kristal yapıların çözünmesini yavaşlatmaktadır. Ortamın pH'sı tekrar 7 değerine yükseldiğinde, çözülmüş iyonlar havuzundan kristaller yeniden oluşmaya başlayarak bazıları hidroksiapatit, bazıları ise flor hidroksiapatiti oluşturmaktadır. Bu olayın sonucunda yüzeyde çökelmiş yeni kalsiyum florid görülmektedir. Bu yapılarda herhangi bir çözünme olduğu

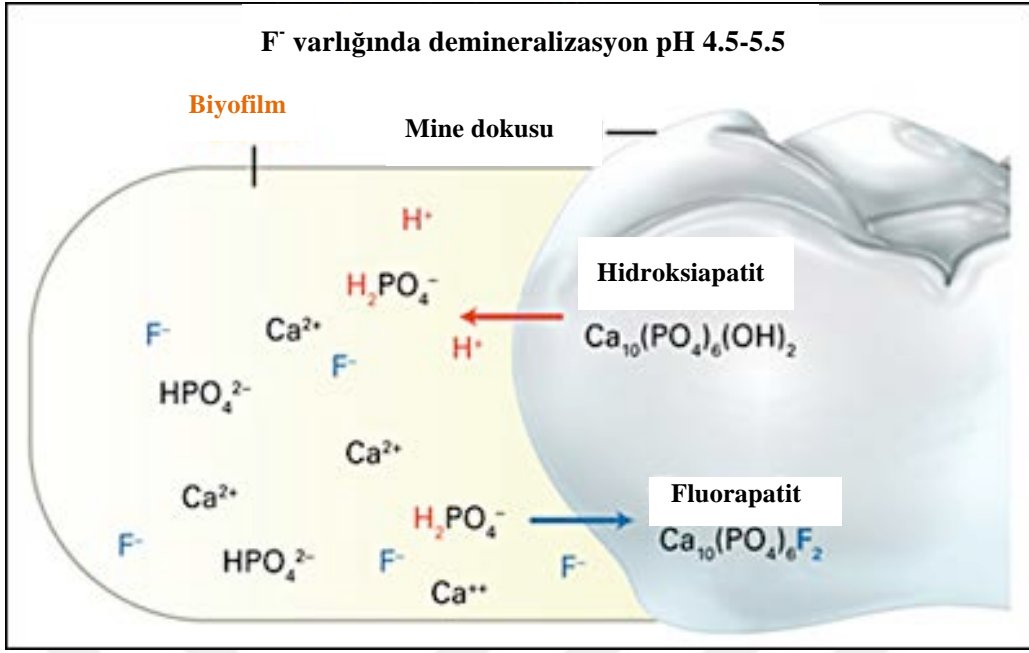
vakit tükürük, su veya diş macunlarından kalsiyum, fosfat ve florid mineralleri yerine konulabilmektedir. Ağız içerisindeki bu hassas dengeler, asit ataklarının çok sık ve uzun süre meydana geldiği bireylerde bozulmaktadır (24).

Demineralizasyon öncesinde veya sırasında, kristal yüzeyinde yeterli miktarda florid iyonu bulunuyorsa, bu iyonlar kristal yüzeyini penetre ederek demineralizasyonu önemli ölçüde önleyebilmektedirler. Bu olayın gerçekleşebilmesi için floridin topikal olarak diş veya plakta bulunması gerekmektedir (27).

2.3. REMİNERALİZASYON

Remineralizasyon, kalsiyum, fosfat ve diğer iyonların daha önce çürük veya başka etkenlerden dolayı demineralize olmuş bölgede depolanmasıdır (29). Remineralizasyon olayı, yüzey altında bulunan ve henüz kaviteleşmemiş olan çürük lezyonlarına karşı vücudumuzun doğal onarma işlemidir (27). Günümüz diş hekimliğinde minimal invaziv tedaviye olan yoğun ilgi sonucu remineralizasyon çalışmalarına ağırlık verilmiştir ve vermeye devam edilmektedir.

Diş minesinin mineral yapısı, çevresi ve tükürük ile bir denge içerisinde. Çürük oluşumu, plak pH'sının kritik pH değerinin (5,5) altına düşmesi ile oluşan mineral kaybının (demineralizasyon) bir sonucu olmaktadır. Minerallerin yeniden depolanması (remineralizasyon), plaktaki pH'nın yükseldiği durumlarda görülmektedir. (30). Ağız içerisinde oluşan bu fenomenler, çevresel etkenler nedeni ile bazen demineralizasyon, bazen de remineralizasyon lehine olmaktadır (31) (Resim 11).



Plakta oluşan asitler zamanla tükürük tarafından tamponlanarak ortamın pH'sı yükselmekte ve sonunda nötr hale gelmektedir. Hidroksiapatit kristalleri, nötr pH seviyesinde doymamış hale geçer ve diştten çözülmüş olan mineraller tekrar yüzeye çökerek remineralizasyon meydana gelir (33).

Tükürük remineralizasyonda görev alan bir çözüldür. Tükürük yapısında bulunan kalsiyum ve fosfat, katalizör etkisi gösteren florid iyonunun yardımıyla, mine yapısında difüze olarak demineralize alanlardaki kristal yapının remineralizasyonunu sağlamaktadır. Bu yeni yapılanma floridli hidroksiapatit yani fluorapatit içermektedir. Oluşan bu yeni yapı, ilk yapıya göre asit ataklarına karşı daha yüksek direnç göstermektedir (34). Bazı çürük lezyonların plak ile kaplanmasına bağlı olarak remineralizasyon sırasında plak sıvısında bulunan kalsiyum ve fosfat konsantrasyonu ile iyonik difüzyonda plağın etkisi önemlidir. Plak sıvısında bulunan bazı iyonlar (fluorid) sıvı ortamda hareket edebildiklerinden plak sıvısının önemi büyüktür (35). Asit atağının fazla olduğu veya tükürük elementlerinin azaldığı durumlarda, remineralizasyon çürük oluşumunun üstesinden gelememekte veya bu süreci tersine çevirmekte yetersiz kalmaktadır.

Karbonhidrat tüketiminin azaltılması, plak içerisinde bulunan karyojenik bakterilerin sayısının az olması, tükürük tamponlama kapasitesinin ve tükürük akış hızının yüksek olması, tükürükte bulunan inorganik iyonların yüksek konsantrasyonda bulunması, çürük lezyon derinliğinin az olması ve aktif olmaması, remineralizasyon ajanlarının kullanılması ve etkin mekanik temizliğin gerçekleştirilmesi remineralizasyon sürecini hızlandıran faktörler arasında yer almaktadır (36, 37).

Mine dokusunun optimal düzeyde remineralize olması, mine yüzeyinin uzun süre boyunca düşük konsantrasyonlarda kalsiyum, fosfat ve floride maruz kalması ile sağlanmaktadır. Çeşitli remineralizasyon ajanlarının kullanılması ile bu durum gerçekleştirilmektedir (38). En sık kullanılan remineralize edici ajan florid olarak kabul edilmektedir. Floridin diş çürüğünü azaltmasının yanı sıra, sürekli olarak düşük doza maruz kalmanın bazı bireylerde gasto-intestinal, gastro-üriner ve respiratuar sistemlerinde problemlere yol açabileceği bildirilmiştir. Ayrıca yanlış kullanımı sonucu dental fluorozis de meydana gelebilmektedir (39). Bu sebeple florid ajanına alternatif olabilecek farklı remineralize edici ajanlar araştırılmaya başlanmıştır. Başlangıç çürük lezyonlarının remineralize edilmesinde kalsiyum ve fosfat içeren diş macunları, kazeinglikopeptit, kazeinfosopeptit ve amorf kalsiyum fosfat (CPP-ACP), klorheksidin, sorbitol ve ksilitol içeren preparatlar ve antimikrobiyal içeren ürünlerin florid içeren preparatlara alternatif olarak başarılı bir şekilde kullanılabilirdiği çalışmalarla bildirilmiştir (40, 41). Son yıllarda bireysel ve profesyonel olarak uygulanabilen nanoteknoloji ile elde edilen ve biyoaktif içerikli remineralizasyon ajanları ve çürük önleyici ajanlar gelecek için umut vaat etmektedir (41).

Başlangıç çürük lezyonların tedavi edilmesinde remineralizasyonun demineralizasyondan daha etkin olması önem taşımaktadır. Çürüğün oluşumunda etkili olan faktörler belirlenip hastanın risk grubu belirlenmelidir. Beslenmenin kontrol edilmesi ve ağız hijyen eğitimi önemlidir; plak oluşumu en aza indirilmeli, biyofilm tabakasının asit oluşturma kapasitesi azaltılmalı ve hastaya uygun remineralizasyon ajanlarının verilmesi önerilmektedir (42).

2.4. DIŞ ÇÜRÜĞÜNÜN OLUŞUMU VE ETİYOLOJİSİ

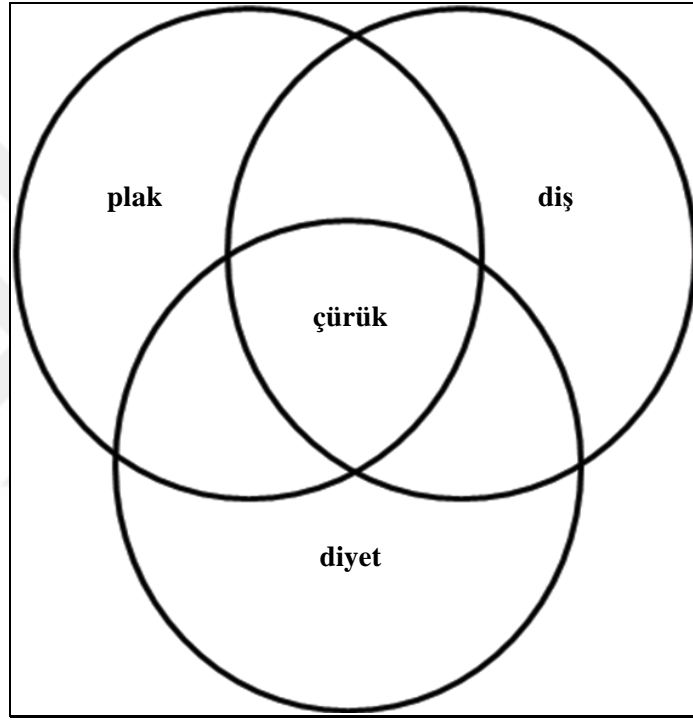
Diş çürüğü, düşük molekül ağırlıklı şekerlerin bakteriler tarafından fermentasyonu ile oluşan asidik yan ürünlerin diş sert dokularında yaptıkları kimyasal çözünme sonucunda meydana gelen kronik bir hastalık olarak tanımlanmaktadır (43).

Diş çürüğü, görülme sıklığı açısından coğrafik bölgeye ve sosyal grup veya statüye göre değişkenlik gösterebilen enfeksiyöz bir hastalıktır (44). Sosyal faktörler, bir çok kronik hastalıkta olduğu gibi, diş çürüğü oluşumunda da belirleyicidir. Sosyoekonomik durum iş, gelir veya eğitim durumu ile belirlenmektedir. Sosyoekonomik durum ve diş çürüğü arasındaki ilişki bir çok çalışma ile incelenmiş olup sosyoekonomik durumu düşük olan kişilerde diş çürüğüne daha sık rastlandığı bildirilmiştir (45, 46, 47, 48, 49). Günümüzde gelişmiş ülkelerde, sosyoekonomik durumu iyi ve eğitim düzeyi yüksek olan kişilerde karyojenik gıda maddelerine karşı bilincin artması ve etkili ağız bakımı konusunda bireylerin eğitilmesi ve bilinçlenmesiyle beraber çürüğe rastlama sıklığında bir azalma söz konusudur. Gelişmekte olan ülkelerde aynı durum söz konusu olmasa da bilincin geliştirilmesine yönelik girişimlerde bulunmaktadır (50, 51).

Günümüzde diş çürüğünün multifaktöriyel bir hastalık süreci olduğu ancak ana etkenin asit oluşturma kabiliyeti bulunan bakteriler olduğu bilinmektedir. Günümüze kadar diş çürüğünün oluşumu için gerekli olan faktörler çeşitli şekiller ile sembolize edilmiş ve bu şekil ve faktörler modifiye edilmiştir.

1960'larda diş çürüğü oluşumu için sadece 3 ana faktörün gerekli ve yeterli olduğu düşünölmüştür (52) (Şekil 1);

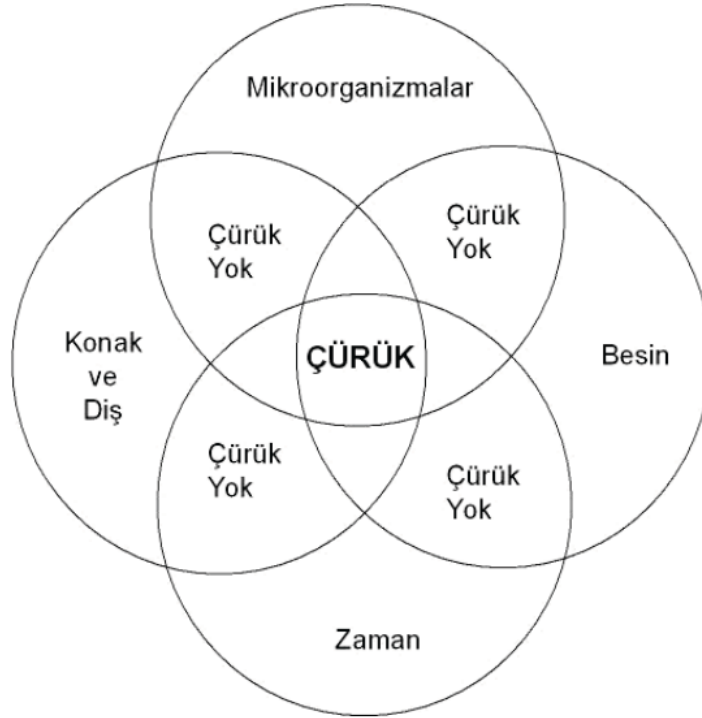
- a) Konak
- b) Besin
- c) Diş plağı



Şekil 1. 1960'larda kabul edilen, 3 ana faktörden oluşan çürük modeli (52).

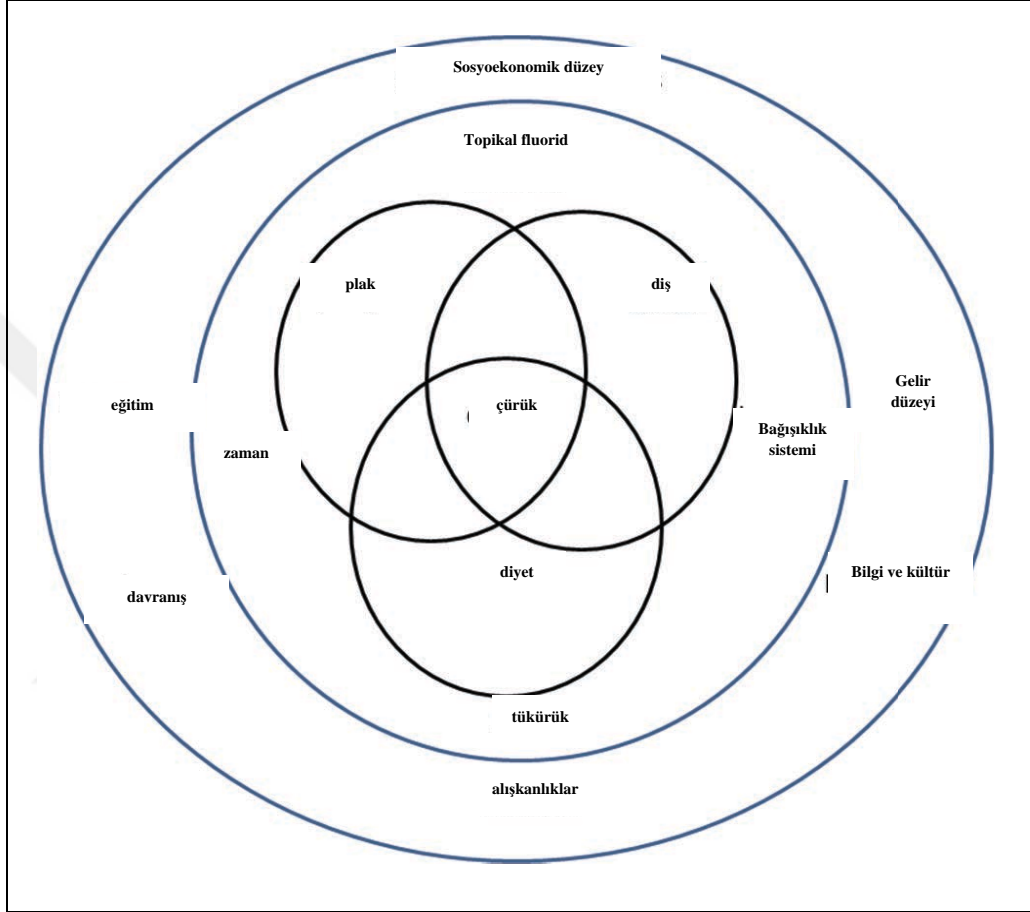
Daha sonraki yıllarda ise 4 ana faktörün bir arada bulunması gerektiği bildirilmiş ve şematize edilmiştir (53, 54) (Şekil 2);

- a) Konak (diş sert dokuları)
- b) Karyojenik mikroorganizmalar (*S. mutans* vs.)
- c) Diyet (işlenmiş karbonhidrat tüketimi)
- d) Zaman



Şekil 2. Diş çürüğü oluşumunu etkileyen faktörler (53, 54).

Günümüzde kabul gören kompleks diş çürüğü modeli ve diş çürüğü oluşumunda rol oynayan faktörler Şekil 3'te gösterilmektedir (Şekil 3). Belirtilen faktörler dişin korunmasına yardımcı olabildiği gibi bazı durumlarda dişin zarar görmesine de yol açabilmektedir (24).



Şekil 3. Günümüzde kabul edilen kompleks diş çürüğü modeli (21)

Diş çürüğünün oluşum mekanizması ile ilgili çeşitli hipotezler kurulmuştur (55, 56, 57). Bu hipotezler arasından en eskisi diş çürüğüne ve diş ağrısına sebep olduğu ve dişin mekezinde yaşadığı iddia edilen 'diş kurdu'dur (58). Sümerler döneminden kalan bir yazıya göre, diş içerisinde yaşayan, dişin kanını içen ve çene kemiği içindeki diş kökleri ile beslenen bir kurt diş ağrısına sebep olmaktadır (59).

Diş çürüğünün etiyojisi ile ilgili olarak 3 önemli hipotez bulunmaktadır:

- **Spesifik plak hipotezi;** az sayıda spesifik mikroorganizma türlerin etkili olduğu bir hipotezdir. *Streptococcus mutans* (*S. mutans*) ve *Streptococcus sobrinus* (*S. sobrinus*) mikroorganizmaları diş çürüğü oluşumunda görev almaktadır.
- **Nonspesifik plak hipotezi;** bir çok mikroorganizma türünden meydana gelen bakteriyel plağın aktivitesi sonucunda diş çürüğünün oluştuğu görüştür.
- **Ekolojik plak hipotezi;** diş çürüğünün yerleşik mikroflora dengesindeki değişiklikler sonucunda ortaya çıktığını belirten hipotezdir (60).

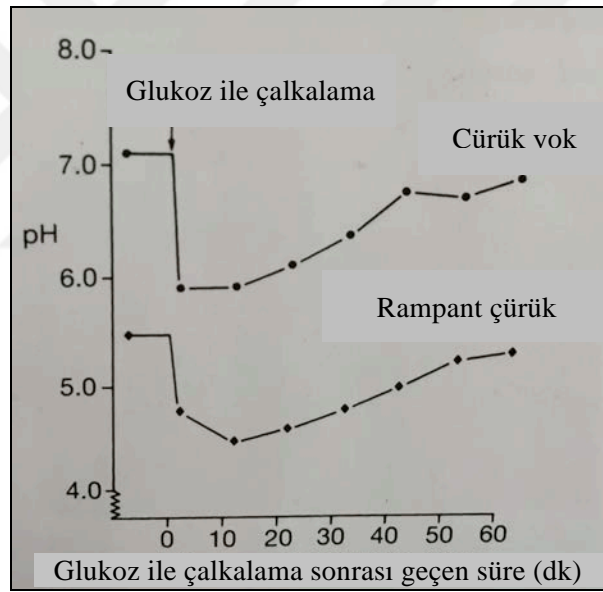
İnsan diş ve kemiklerini oluşturan minerallerin bir defekt olarak kabul edilebilmesinin sebebi, asit atakları karşısında hızlıca çözünen karmaşık kristal yapıya sahip karbonize hidroksiapatitten meydana gelmesidir. Diş dokularının *in vivo* olarak bu kadar hızlı yok edilebilmesi, öte yandan ölüm sonrası dişlerin yok edilmesinin zor olması bir paradoks olarak kabul edilmektedir. (61, 62).

Diş çürüğü, mikrobiyal plağın belli bir süre boyunca gelişmesine izin verildiği ve uzaklaştırılmadığı herhangi bir dişin yüzeyinde gelişebilmektedir. Mikrobiyal dental plağın (biyofilm) içerisinde 300'den fazla bakteri suşu bulunmasına rağmen bu bakterilerin tamamı zararlı değildir. Diş yüzeyinde biriken plak, fizyolojik çeşitlilik içeren kompleks bir yaşam alanı olarak kabul edilmektedir (63).

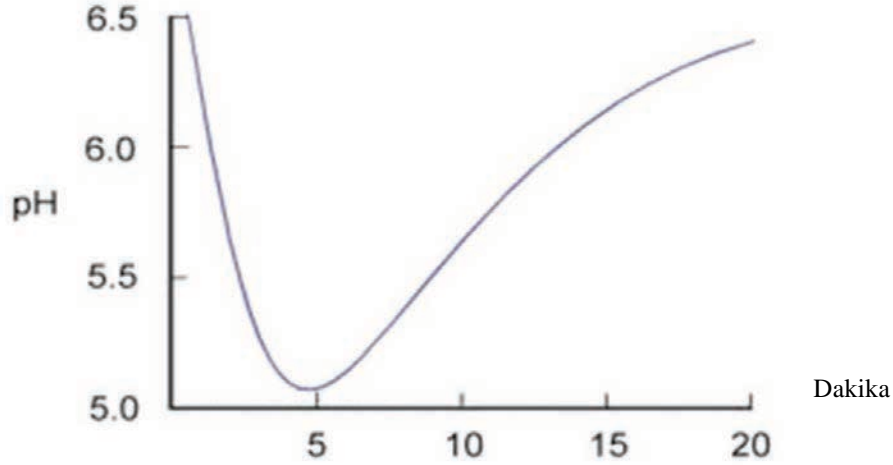
Biyofilm içerisindeki bakteriler her daim metabolik olarak aktiftir ve bunun sonucunda az bir miktar da olsa pH'da değişiklik yaratmaktadırlar. Ortamın pH'ında düşme olduğu takdirde dişte mineral kaybı gözlenebilmektedir (demineralizasyon). Bununla birlikte, ortamın pH'ında görülen artış sonucu dişten çözünen minerallerin geri kazanıldığı (remineralizasyon) görülebilmektedir. Meydana gelen bu olaylar sonucu çürük lezyonun gelişip ilerleyebileceği gibi hiç oluşmaması da söz konusudur. Biyofilm içerisindeki bakterilerin sürekli metabolik aktivite göstermesi engellenemeyen bir durumdur. Uygun ve kişiye özel tavsiye edilen yöntemler ile çürük hastalığının önüne geçmek mümkündür. Kullanılan en yaygın ve popülasyonun en kolay ulaşabileceği yöntem, dişlerin mekanik olarak florid içeren diş macunları ile düzenli fırçalanmasıdır. Fırçalama sonucu biyofilm tabakasının geçici bir süreliğine uzaklaştırılması mümkündür fakat yeniden oluşması kaçınılmazdır. Biyofilm tabakasının tamamen veya kısmen uzaklaştırılması ile mineral kaybı durdurulabilmekte hatta

kaybedilen minerallerin bir miktar dişe geri kazandırılması söz konusu olabilmektedir (63).

Diş çürüğünün oluşmasında beslenmenin rolü büyüktür. Biyofilm içerisinde bulunan karyojenik bakteriler, gün içerisinde tükettiğimiz fermente olabilen karbonhidratları (özellikle sukroz ve glukoz şekerleri) metabolize ederek organik asit üretmektedirler. Bu karbonhidratlar hızlı bir şekilde plak yapısına difüze olarak asit üretmeye başlamaktadırlar. Asit oluşumu sonucu plak pH'nın 1-3 dakika (dk.) içinde düşebildiği bildirilmiştir. Plak pH'ı bir süre asidik kalsa da bu geçici bir durumdur, tükürüğün tamponlama kapasitesi sayesinde 30-60 dk. içinde normal pH değeri olan 7'ye çıkması mümkündür (24, 63). Bu düşüş ve geri dönüşleri gösteren ilk kişi Dr. Robert Stephan'dır ve bu durumları açıklamak adına kendisi tarafından hazırlanan eğri 'Stephan eğrisi' olarak tanımlanmaktadır. Stephan, farklı yiyecek ve içeceklerin tüketimi sonrası ortaya çıkan pH değişimlerini incelemiştir (64) (Şekil 4).



Şekil 4. Glukoz ile çalkalama sonrası plak pH'ında görülen değişiklikler (Stephan eğrisi) (64).



Şekil 5. %10'luk Sukroz solüsyonu ile çalkalama sonrası plak pH'ında görülen değişiklikler (64).

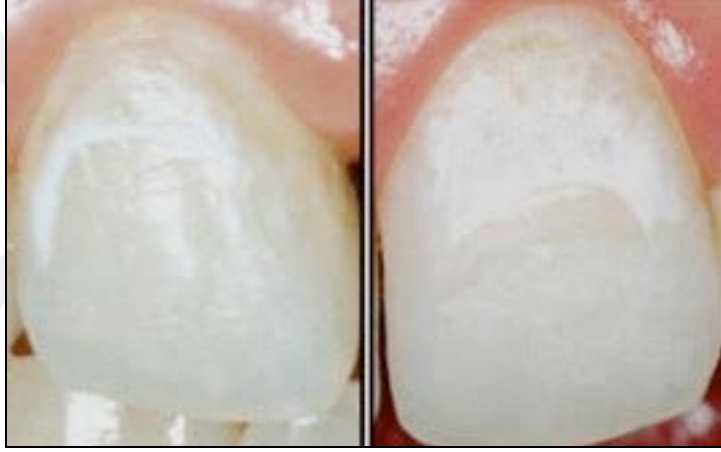
2.5. BAŞLANGIÇ ÇÜRÜK LEZYONLARI

Başlangıç çürük lezyonları veya beyaz nokta lezyonları, mine dokusu ile sınırlı, yüzeysel yapısı sağlıklı mineden daha poröz olmasına rağmen kavitsiyonsuz demineralize alanlardır. Beyaz nokta lezyonları, sağlam görünen mine dokusunun altında devam eden demineralizasyona işarettir (65). Mine yüzeyinde bulunan ve başlangıç çürük lezyonların oluşmasından sorumlu olan bakteriyel plak, hem mikroorganizmaların hem de asitlerin mine yüzeyine tutunmasına izin vermektedir (66).

Demineralizasyonun devam etmesi sonucu farklı derecelerde kavitsiyon ve doku kaybı meydana gelmektedir. Diş çürüğü oluşumunun en erken safhası olduğundan erken teşhisi önem taşımaktadır. Bu tür çürük lezyonlar erken teşhis edildikleri takdirde aşırı madde kaybı, yüksek tedavi maliyeti ve tedavi maliyetinin yüksek olması gibi dezavantajlar önlenmektedir (65).

2.5.1. BAŞLANGIÇ ÇÜRÜK LEZYONLARININ KLİNİK GÖRÜNTÜSÜ

Düz mine yüzeyinde oluşan çürük lezyonların en erken klinik belirtisi ‘beyaz nokta lezyonu’ olarak tanımlanan beyaz, tebeşirimsi ve opak alanlardır (Resim 12). Başlangıç çürük lezyonlarında görülen mineral kaybı mine dokusunun ışığı yansıtmasını değiştirdiğinden bu lezyonlar beyaz, tebeşirimsi ve mat görünümlerini kazanırlar. Bu lezyonların üzeri genellikle plak ile örtülüdür. Ağız ortamına bağlı olarak bu lezyonların bir kısmı kaviteye dönüşebilir, bir kısmı uzun süre aynı kalabilir veya belli bir süre sonunda iyileşebilmektedirler. Lezyon, en erken safhalarında radyografi ile belirlenmemektedir (9, 67).



Resim 12. Başlangıç çürük lezyonların klinik görüntüsü.

Başlangıç çürük lezyonları, bozulmamış mine yüzeyi altında mineral kaybına uğramış bir yüzeyaltı lezyonu olarak tanımlanmaktadır. Bu tür lezyonların üzeri plak ile örtülüdür ve ancak diş yüzeyi kurutulduğunda beyaz, tebeşirimsi ve opak alanlar olarak görünmektedirler (68).

Başlangıç çürük lezyonları hipokalsifiye mine defektleri ile karıştırılmamalıdır. Bu lezyonlar arasındaki farkı anlayabilmek için lezyonun hava ile kurutulması ve sondla muayenenin dikkatlice yapılması gerektiği bildirilmiştir. Başlangıç çürük lezyonlarının yüzeyi nemliken translusent görünümünde ve ancak hava ile kurutulduğu zaman opak görüntüsünü kazandığı saptanmıştır. Hipokalsifiye defektlerde yüzeyin nemli veya kuru olması önemsizdir; bu defektler opak beyaz renkte görünmektedir. Genel olarak hipokalsifiye defektlerin

bulunduğu yüzeylerde plak birikiminin gözlenmediği saptanmıştır. İki durumda da kavitasyon oluşma kapasitesi olmasına rağmen, başlangıç çürük lezyonu bulunan yüzeylerin daha yumuşak ve poröz oldukları bildirilmiştir (68).

2.5.2. BAŞLANGIÇ ÇÜRÜK LEZYONLARIN HİSTOLOJİSİ

Mine yüzeyinde gelişen çürük lezyonun histolojik kesiti incelendiğinde en erken mineral kaybının prizmaların merkezinden olduğu görülmektedir. Bu durum, prizma merkezi bölgesindeki düşük kristal yoğunluğunun dış ortamdan asit ve proton difüzyonuna izin vermesi şeklinde açıklanabilmektedir (44).

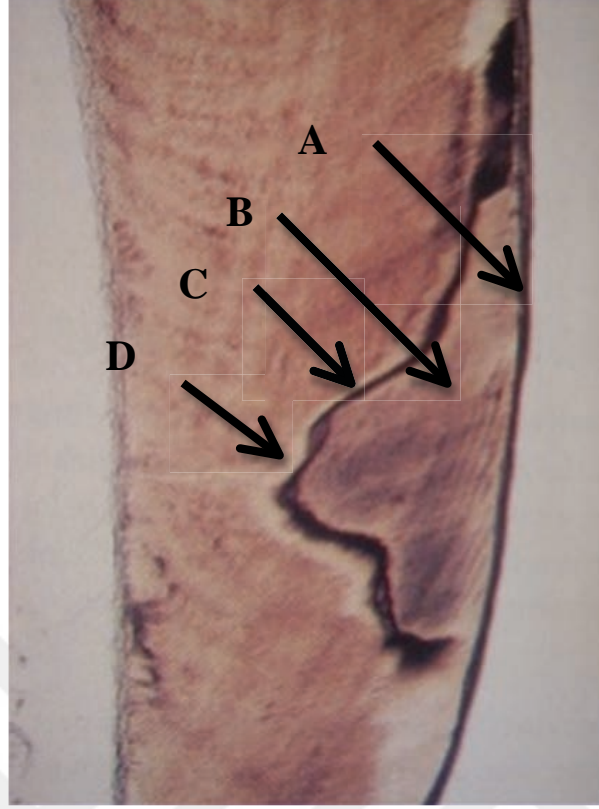
Darling'e göre (1956), başlangıç çürük lezyonları dıştan pulpaya doğru 4 tabakadan oluşmaktadır (69) (Resim 13 ve Resim 14);

Yüzeyel tabaka; mine çürüğünün en dış, en sert ve çözünmesi en zor tabakasıdır. Yüzeyel tabaka diğer tabakalara göre çürükten daha az etkilenmekte, dolayısıyla mineral kaybı alt tabakalara göre daha az görülmektedir. Buna rağmen sağlıklı mineden daha poröz yapıdadır. Porlar normal mine yapısındaki porlardan daha geniştir. Bu tabaka iyon difüzyonuna geçirgendir. Böylece dış kısımdan remineralizasyon ve daha derin çürük tabakalarından yıkılan kalsiyum (Ca) ve fosfat (PO₄) yapıların bu tabakada birikmesi ile hipermineralize olur ve asit ataklarına karşı daha dirençli hale gelmektedir. Çürük lezyonun ilerlemesi bu aşamada engellenebilirse mine yüzeyi tekrar sağlıklı hale gelebilmektedir (70, 71).

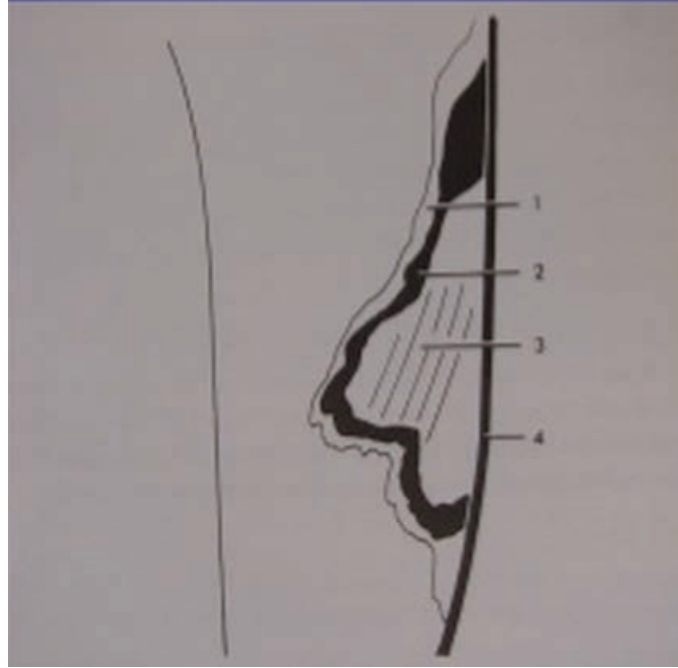
Çürüğün gövdesi; mine çürüğünün en geniş kısmını oluşturmaktadır. Sağlıklı mineye göre hacim olarak %24 daha az mineral içerir. Bu bölge oldukça porözdür ve en fazla por hacmine sahip olan tabakadır. Por hacmi değişkendir ve periferde %5, merkezde ise %25'e varan değerler gösterebildiği bildirilmiştir. Çürüğün gövdesinde geniş olan porlar karanlık tabakada mikropor halini alır (70, 72).

Karanlık tabaka; lezyonun birçok demineralizasyon ve remineralizasyon aşamalarından geçtiğini ifade eden tabakadır. Çürüğün gövdesinde bulunan geniş porlar remineralizasyon sırasında daralır ve mikropor halini alırlar (70). Oluşan mikroporların daha dar olması sebebiyle minenin geçirgenliğinde azalma görülmektedir. Geçirgenliğin azalması sonucu quinolin solüsyonu bu porlardan geçemez ve bu tabaka polarize ışık mikroskobu ile incelendiğinde karanlık olarak görülmektedir. Bu tabakanın genişliği çürüğün ilerleme hızına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Çürük lezyonunun hızlı ilerlediği durumda ince, yavaş ilerlediği durumda ise geniş bir tabaka olarak izlenmektedir (73). Buradaki demineralizasyon miktarı, ilk tabakada görülen demineralizasyon miktarından fazla, lezyon gövdesindeki demineralizasyon miktarından ise daha azdır. (67, 74).

Saydam tabaka; lezyonun en derin tabakasıdır. Mine dokusu ile aynı kırılma indeksine sahip olan Quinolin solüsyonu uygulandığında ve mine porları bu solüsyon ile dolduğunda, çürük lezyonu sağlam mine gibi görüneceğinden bu tabaka saydam olarak görünmektedir (75). Çürük mine dokusunu normal sağlıklı mineden ayırır. Retzius çizgileri ve prizmaların enine çizgileri tamamen kaybolmuş veya çok azalmıştır. Saydam tabaka normal mineye göre 10 kat daha fazla porözlü yapı gösterir. Bu tabakada hem geniş porlar hem de mikroporlar saptanmıştır (76). Çürüğün ilk bulgusu olan saydam tabakaya sürekli dişlerde %50, süt dişlerinde ise %25 oranında rastlanıldığı bildirilmiştir (69). Bu tabakada yaklaşık olarak %1,2 oranında mineral kaybı olduğu saptanmıştır (5).

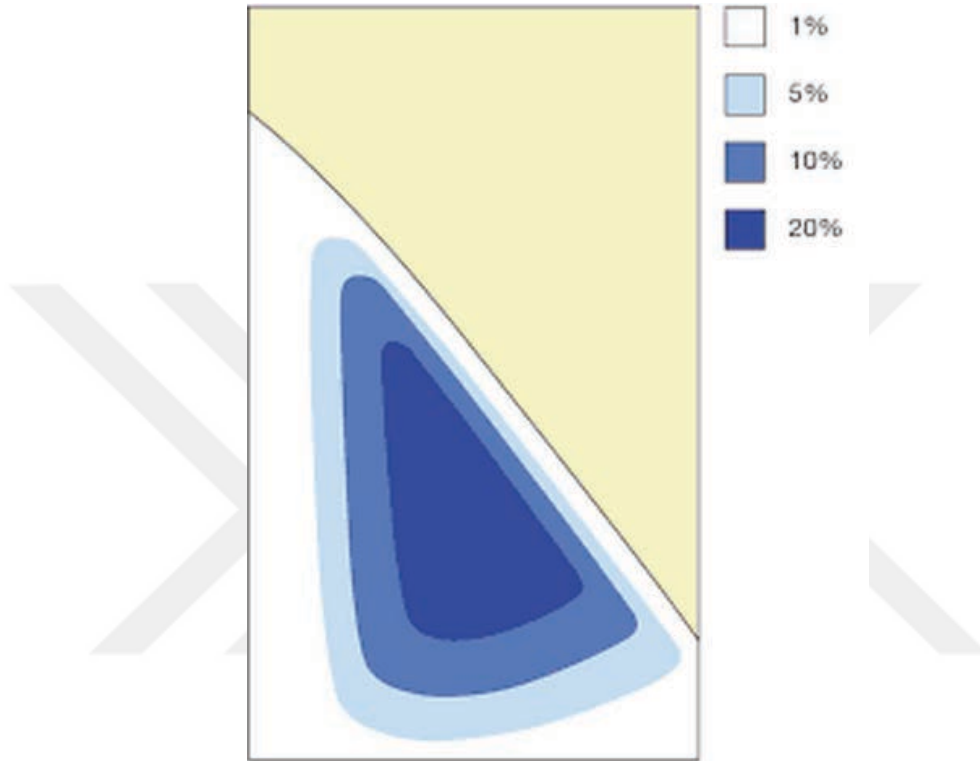


Resim 13. Başlangıç çürük lezyonun histolojik görüntüsü.
A: Yüzeyel tabaka, **B:** Çürüğün gövdesi, **C:** Karanlık tabaka ve
D: Saydam tabaka.



Resim 14. Başlangıç çürük lezyonun histolojik görüntüsünün çizimi. 1: Saydam tabaka, 2: Karanlık tabaka, 3: Çürüğün gövdesi ve 4: Yüzeyel tabaka.

Başlangıç çürük lezyonları histolojik olarak incelendiğinde bahsedilen 4 tabakanın her birinde farklı por hacimlerine rastlanıldığı saptanmıştır. Por hacmi yüzeyel tabakada %5'ten az, çürüğün gövdesinde %25, karanlık tabakada %2-4 ve saydam tabakada %1 olarak bildirilmiştir (9, 72, 77) (Resim 15).



Resim 15. Başlangıç çürük lezyonunu oluşturan 4 tabakanın por hacimleri (9).

Saydam tabaka ve çürüğün gövdesi demineralizasyon bölgeleri, karanlık ve yüzeyel tabakalar ise remineralizasyon bölgeleri olarak kabul edilmektedir. Çürük lezyonun kısa sürede hızlı bir şekilde oluşması durumunda karanlık bölgeye hiç rastlamamak ve çok ince bir yüzeyel tabaka ile karşılaşmak mümkündür (72).

2.5.3. BAŞLANGIÇ ÇÜRÜK LEZYONLARININ TANI VE TEDAVİSİ

Daha önce de bahsedildiği gibi başlangıç çürük lezyonlarında demineralizasyon olayı yüzey tabakasının altında başlamakta, yüzey sert ve kavitasyon görülmemektedir. Yüzeyin sağlam görünmesine rağmen bu tür çürüklerin yapısal olarak sağlam mineden daha zayıf olduğunu ve muayene sırasında çok dikkatli olmak gerektiği unutmamak gerekmektedir (72, 78).

Başlangıç çürük lezyonların tanısında bir çok yöntemin kullanılabildiği bildirilmiştir;

- Göz ile muayene
- Sond ile muayene (taktil metodu)
- Radyografik muayene
- Elektronik çürük monitörü (ECM)
- Fiberoptik transillüminasyon yöntemi (FOTİ)
- Dijital fiberoptik transillüminasyon (DİFOTİ)
- Floresan teknikler (QLF, DİAGNOdent)
- Optik koherans tomografisi (OCT)
- Ultrason teknikleri
- Kızılötesi termografi (72, 79).

Başlangıç çürük lezyonun ilerlemesi tamamen engellenirse veya yavaşlatılırsa kavite oluşumunun önüne geçilebilir. Çürük oluşumuna katkıda bulunan etken faktörler saptanmalı ve kişiye özel olarak tedavi planı oluşturulmalıdır. Günümüzde beyaz nokta lezyonların tedavisi için bir çok tedavi seçeneği bulunmaktadır;

- Ağız hijyeni geliştirme programları
- Diyet düzenlenmesi
- Remineralizasyon ajanlarının kullanılması
- Klorheksidin glukonat
- Fluorid içeren diş macunu kullanımı
- Fluorid jel ve solüsyonların kullanımı
- Fluorid vernilerinin kullanımı
- Kazein fosfopeptid (CPP) içeren ürünlerin kullanılması
- Lazer uygulaması
- Ozon tedavisi
- Resin infiltrasyon.

Bu tez çalışmasında yeni bir tedavi yöntemi olan resin infiltrasyon tedavisi tümü ile ele alınacaktır.

2.6. REZİN İNFİLTRASYON

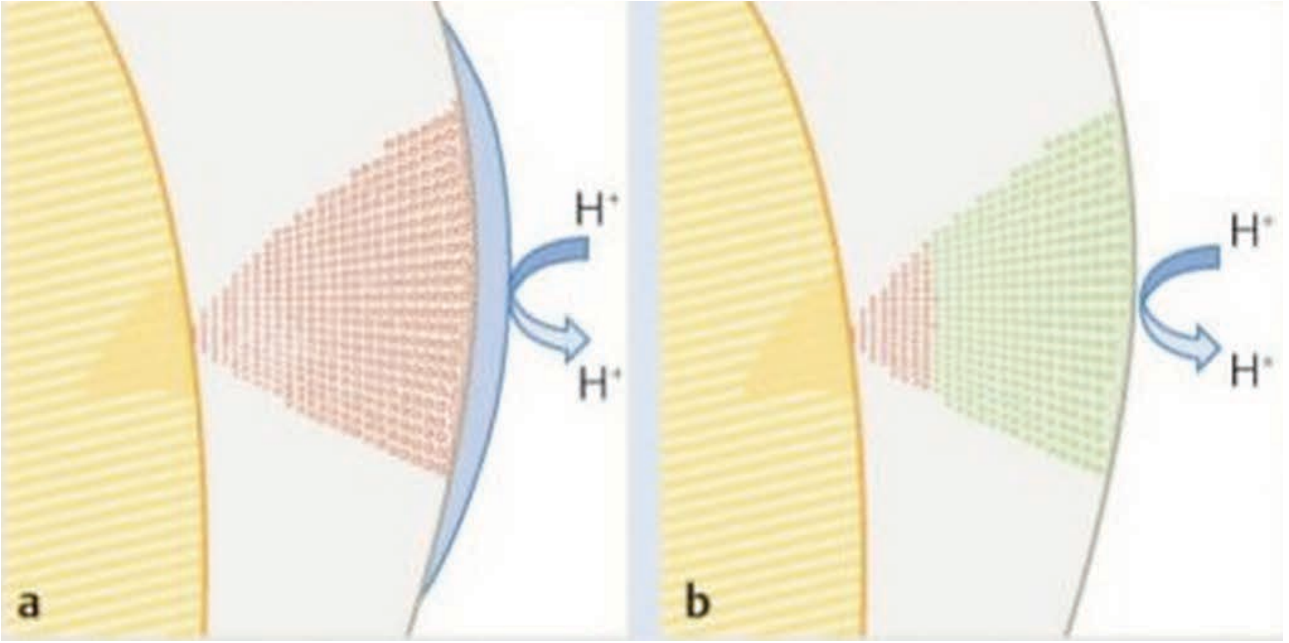
Daha önce de bahsedildiği gibi, beyaz nokta lezyonların kaderi ağız ortamı ve çeşitli etkenlere bağlıdır. **Backer-Dirks (1966)**, düz yüzeyde görülen başlangıç lezyonların %51'inin remineralizasyon veya abrazyon yoluyla uzun bir süre sonra yok olabileceğini bildirmiştir (80). Bu yüksek orana rağmen, 1966 yılından bu yana beyaz nokta lezyonların engellenmesi veya invazif olmayan yöntemler ile terapötik olarak tedavi edilmesi ile ilgili bir çok gelişme kaydedilmiştir. Günümüz diş hekimliğinde yeni bir yöntem olan rezin infiltrasyon tekniği, oldukça heyecan verici bir tedavi seçeneği haline gelmiş bulunmaktadır.

Robinson ve ark. (1976), rezin infiltrasyon tekniğinin ilk adımını atarak düşük viskoziteli bir rezin olan resorcinol-formaldehit materyalini kaviteyi kaplayan bulunmayan başlangıç çürük lezyonlarına uygulayıp onları durdurmak amacıyla kullanmışlardır. Aynı zamanda ideal bir rezin infiltrasyon materyalinde bulunması gereken kriterleri ortaya atmışlardır (81). Resorcinol-formaldehit materyalinin etkili bir şekilde lezyonları penetre edebildiği görülmüş olsa da zararlı etkilerinden dolayı klinik kullanımı terk edilmiştir. Araştırmacılar bu sebepten dolayı ışıkla sertleşen ve hızlı bir şekilde penetre olan rezinleri geliştirme çabasına girmişlerdir (82).

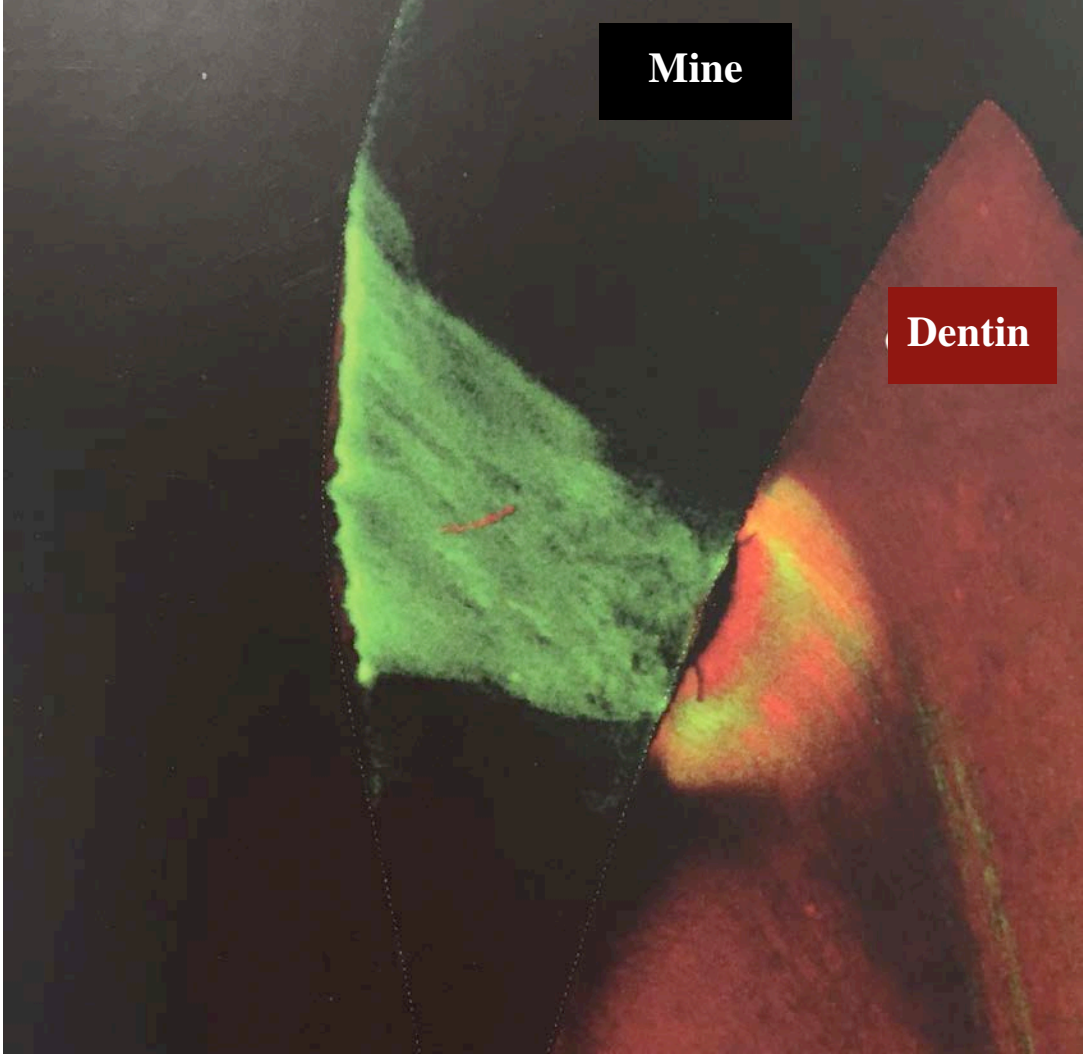
Robinson ve ark. (2001), piyasada bulunan çeşitli adeziv rezinleri resorcinol-formaldehit ile penetrasyon ve lezyon porlarını tıkama açısından karşılaştırmışlardır. *İn vitro* çalışmanın sonucunda kullanılan dental adeziv materyallerin, çeşitli modifikasyonlar geçirdiği halde (doldurucu partiküllerin eklenmesi), ilerde başarı ile kullanılabileceğini bildirmişlerdir (83).

Daha sonraki yıllarda, bazı monomer kombinasyonlarının penetrasyon katsayıları belirlenerek bu kombinasyonların yapay çürük lezyonuna penetrasyonu ve çürüğü engelleme potansiyelleri incelenmiştir (82, 84, 85). Bu deneysel çalışmaların sonucunda penetrasyon katsayısı 50 santimetre/saniye'den (cm/s) yüksek olan materyaller 'infiltran' olarak adlandırılmıştır (82, 85).

Rezin bazlı materyaller ile başlangıç çürük lezyonlarının kaplanarak durdurulabildiği çalışmalar ile bildirilmiştir (86, 87, 88, 89). **Martignon ve ark. (2006)**, fosforik asit jel uygulaması ile yüzey preperasyonunu takiben piyasada bulunan adezivlerin ara yüzey lezyonlarına uygulanması sonucu lezyon ilerlemesinin azaltılabileceğini bildirmişlerdir (89). Bu yöntem ile bir miktar başarı sağlanmışsa bile penetrasyonun yüzeysel olduğu çalışmalar ile kanıtlanmıştır (90). Ayrıca, diş seperasyonuna rağmen rezin veya bir çeşit örtücü materyalin topikal olarak ara yüzey bölgesine uygulanmasının zor olduğu araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (91). Mine yüzeyini kaplayan bir materyal demineralizasyona karşı etkili bir bariyer olsa da, fissür örtücü veya adeziv gibi doldurucu parçacıklar içermeyen bir rezinin proksimal alana uygulanması ve homojen bir materyal tabakası oluşturması oldukça zordur (92). Oklüzal yüzeyde kavitasyonu bulunmayan başlangıç çürük lezyonlarına ışıkla sertleşen rezinlerin (örtücüler) uygulanması sonucu çürük lezyonun ilerlemesinin yavaşladığını gösteren çalışmalar mevcuttur (88). Rezin infiltrasyon yönteminin kaplama (sealing) yöntemi ile karıştırılmaması gerekmektedir. Kaplama yönteminde, başlangıç çürük lezyonu üzerine fissür örtücü veya çeşitli materyaller uygulanarak lezyonun üzeri kaplanmakta veya hiç lezyon oluşmamış yüzeye profilaktik amaçla bu materyaller uygulanmaktadır. Örtücü materyal mine yüzeyinde fiziksel bir dış bariyer oluşturarak bakterileri besinden mahrum etmektedir. Rezin infiltrasyon yönteminde ise, başlangıç çürük lezyonun üzerini kaplamak hedef değildir; ana hedef lezyon gövdesinde bulunan porların rezin tarafından mümkün olduğunca penetre edilmesi ve tıkanmasıdır (83, 85, 90, 93) (Resim 16 ve Resim 17). Başlangıç lezyonuna infiltre olan rezin materyal polimerize edildiğinde, lezyon gövdesini penetre etmeyi başarmış olan bakterileri bir çeşit tuzağa düşürmektedir. Bu bakteriler rezinin infiltre olmasını etkilememektedir (94).



Resim 16. Mine yüzeyinde bulunan başlangıç çürük lezyonun konvansiyonel bir materyal ile kaplanması sonrası yüzeyde oluşan difüzyon bariyeri **(a)**. Resin infiltrasyon tekniğinde, lezyon gövdesinde bulunan mikroporlar düşük viskoziteli resin tarafından penetre edilir ve materyal ışık ile sertleştirilir **(b)** (12).



Resim 17. Resin infiltrasyon sonucu ara yüz bölgesinde bulunan ve dentin dokusuna uzanan bir çürük lezyonun Konfokal Mikroskop altında incelenmesi. İnfiltran yeşil, poröz bölgeler ise kırmızı olarak görülmektedir. İnfiltranın mine-dentin sınırına kadar penetre olabildiği görülmüştür. Yeşil fluoresan boya ile boyanmayan oksijen inhibisyon tabakası lezyon yüzeyinde görülmektedir (12).

Fizikte, bir sıvının poröz bir yapıya penetre olması Washburn denklemi ile ifade edilmektedir (Şekil 6). Bu denklem, poröz yapının açık kapillerlerden oluştuğunu varsaymaktadır. Bu durumda sıvının penetre olması kapiller kuvvetlere bağlı olarak gerçekleşmektedir (84, 95).

$$d^2 = \left(\frac{\gamma \cos \theta}{2\eta} \right) rt$$

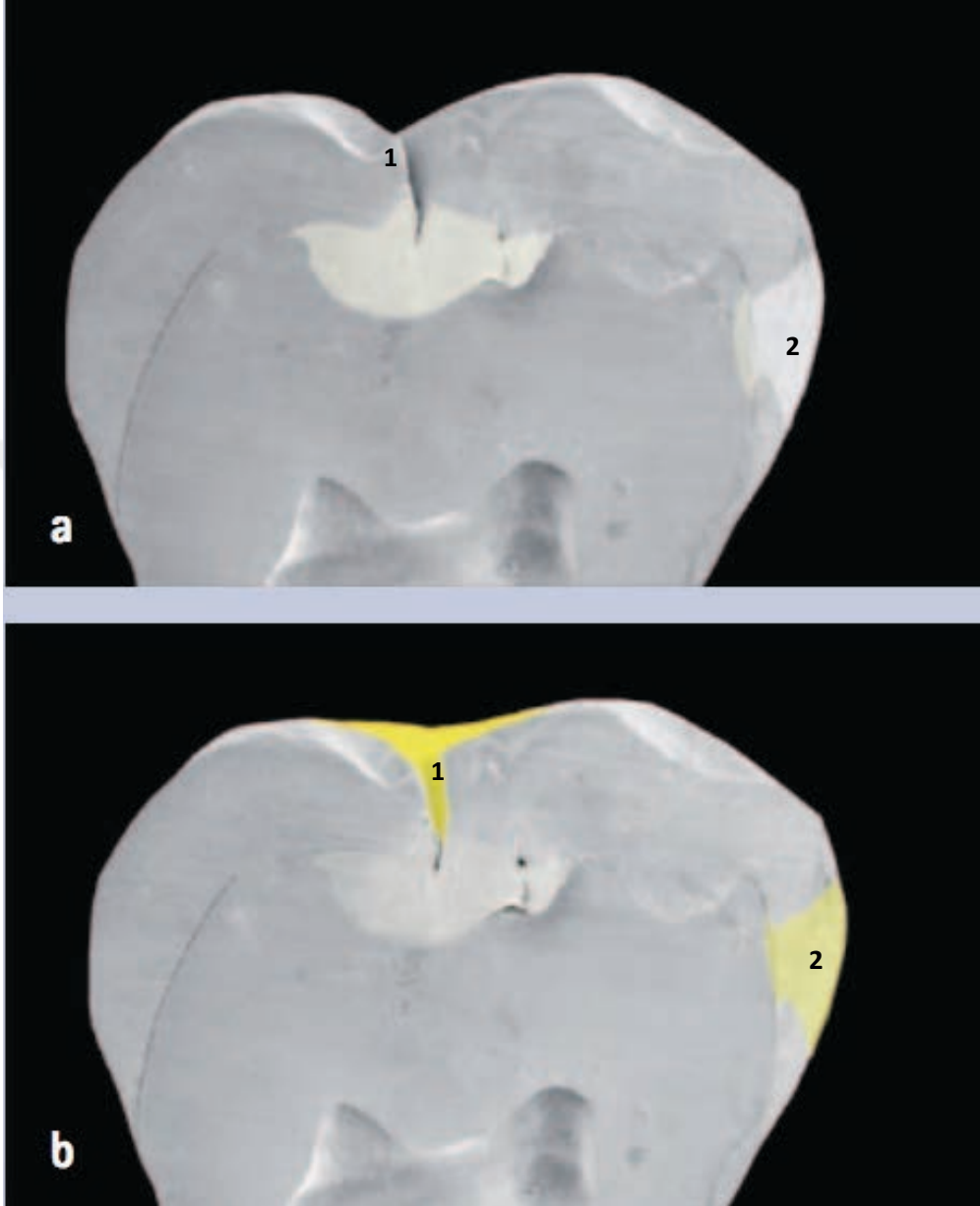
$$PC = \frac{\gamma \cos \theta}{2\eta}$$

Şekil 6. Washburn denklemi

Denklemden yer alan d değeri sıvının katettiği yolun uzunluğunu, θ değeri sıvının mine dokusuna olan temas açısını, γ değeri sıvının yüzey gerilimini, η değeri sıvının dinamik viskozitesini, t değeri penetrasyon zamanı veya süresini ve r değeri ise kapiller (por) hacmini ifade etmektedir (84).

Denklemin parantez içerisindeki kısmı penetrasyon katsayısını vermektedir. Penetrasyon katsayısı sıvının havaya göre yüzey gerilimi (γ), sıvının mine dokusuna olan temas açısının kosinüsü (θ) ve sıvının dinamik viskozitesi (η) bu denklemin önemli parçalarıdır. Penetrasyon katsayısı ne kadar yüksek olursa, sıvının kapiller veya poröz bir yapıda hareketi de o kadar hızlı olmaktadır (84).

Başlangıç çürüklerine dental adeziv veya fissür örtücü uygulanması sonucu por hacminin azaldığı fakat bu materyallerin nüfuz olma yeteneğinin yetersiz kaldığı bildirilmiştir (90) (Resim 18). Bu materyallerin yetersiz kalması, araştırmacıları yeni materyal arayışına teşvik etmiştir. 2009 yılında Berlin'deki Charité Üniversitesi Hastanesi'nde bir araştırma grubunun yoğun çalışmaları ve DMG firmasının desteği sonucu Icon® materyali piyasaya sunulmuştur (2).



Resim 18. Resim a'da 1 ve 2 numaralı alanlarda başlangıç mine çürükleri görülmektedir. Resim b'de 1 numaralı alanda örtücü materyalin oluşturduğu yüzey bariyeri ve yetersiz penetrasyonu görülürken, 2 numaralı alanda başlangıç mine lezyonunu penetre eden rezin materyal görülmektedir (96).

Başlangıç çürük lezyonunda bulunan mikroporöziteler ve genişlemiş interkristal alanlar asit ve çözünmüş mineraller için bir difüzyon yolu oluşturmaktadır. Düşük viskoziteli rezinlerin kapiller kuvvetler sonucu başlangıç çürüklerini infiltre etmesi ile mikroporöziteler doldurularak asit, karbonhidrat ve bakteri geçişi engellenir ve demineralize olmuş doku mekanik olarak desteklenir (2, 3, 97).

Yüzeyaltında bulunan apatit kristallerinin çözünmesi sonucu lezyon gövdesindeki porozite artmaktadır. Lezyon gövdesinin üzerinde bulunan yüzey tabakası ise çok daha az bir por hacmine sahip olup sağlam mine dokusuna benzerlik göstermektedir. Çürük lezyonların lezyon gövdesinde bulunan poroziteleri difüzyon yolu olarak kabul görmektedir. Bu difüzyon yollarının ışıkla sertleşen rezinler ile tıkanması sonucu lezyonun ilerlemesi engellenebilir hatta lezyonun durdurulabildiği çalışmalarda bildirilmiştir (90, 98, 99, 100). Lezyonun içerisinde bulunan mine kristalleri rezin ile kaplanarak çözünme olayından korunmaktadır. Ayrıca, lezyon gövdesinin hassas kristal yapısı rezin matrisi tarafından stabilize edilmektedir (92).

Rezin infiltrasyon tekniğinin bir çok avantajı bulunmaktadır;

- Demineralize olmuş minenin mekanik stabilizasyonu
- Etkilenen ve komşu dişlerde herhangi bir madde kaybının olmaması
- Yüzeysel mikroporozitelerin tıkanması
- Lezyon ilerlemesinin durdurulması veya yavaşlatılması
- Sekonder çürük riskinin azaltılması
- Restorasyon ihtiyacını erteleme
- Post-operatif hassasiyet ve pulpa enflamasyonu oluşturmaması
- Gingivitis ve periodontitis riskini azaltması
- Demineralize olmuş labial yüzeyler üzerinde 'masking' rezin olarak kullanıldığında iyi estetik sonuçlar göstermesi ve hastalar tarafından tercih edilmesidir (2).

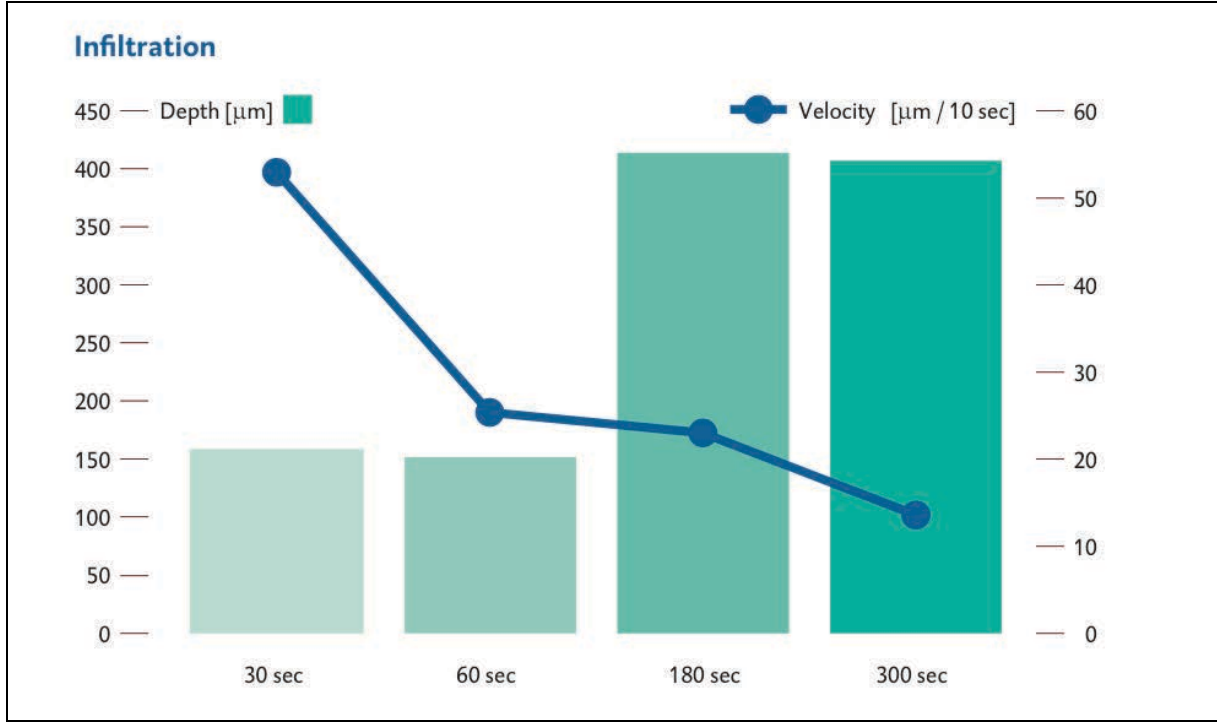
Pahalı ve hassasiyet gerektiren bir işlem olması dezavantajları arasında yer almaktadır. Ayrıca, kullanılan materyalin radyopak olmaması sebebi ile radyografik olarak infiltrasyon tekniği uygulanmış dişler infiltrasyon uygulanmamış dişlerden ayırt edilememektedir. Bir diğer dezavantaj hidroklorik asitin kullanılmasıdır. Hidroklorik asit, başlangıç lezyonuna komşu olan sağlam minenin yüzeyini etkileyerek pürüzlü alanlar ve bakteri kolonizasyonu için uygun ortam oluşturmaktadır. Bu sebeple konvansiyonel rubber dam veya liquid dam kullanılması önemlidir (101).

Demineralize olmuş dokulara etkin bir destek sağlayabilmek adına, lezyonun dış sınırlarına kadar infiltran tarafından tamamen penetre olması gerekmektedir. Çeşitli infiltran materyallerin yapay ve doğal çürük lezyonlarına penetre olabilme miktarını sayısal olarak araştıran çalışmalar yapılmıştır (82, 84, 85, 100, 102, 103). Yapılan bu araştırmaların sonucunda Icon® materyalinin penetrasyon miktarı veya derinliğinin penetrasyon süresine bağlı olduğu bildirilmiştir (85, 102, 103, 104) (Şekil 7).

Paris ve ark. (2007), doğal lezyonlara %15'lik hidroklorik asit jel uygulaması ile yüzey preperasyonu sonrası bir adeziv materyalin 58 mikrometre (μm) derinliğinde penetre olabildiğini gözlemlemişlerdir (90).

Meyer-Leuckel ve ark. (2010), farklı ICDAS kodlarına sahip çürük lezyonlarına Icon® materyalinin penetre olma derinliğini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda ICDAS 2 veya 3 koduna sahip lezyonların daha iyi penetrasyon gösterdiğini ve kavitasyon göstermeyen ICDAS 2 lezyonların 73 μm , kavitasyon göstermeyen ICDAS 3 lezyonların ise 84 μm değerinde penetrasyon gösterdikleri bildirilmiştir (105).

Lausch et al. (2015), çürük lezyon infiltrasyonu amacıyla uygulanan %15'lik hidroklorik asit jelin farklı fırçalar ile titretilmesi veya fırçaların hafifçe yüzeye sürtülmesi sonucunda penetrasyon derinliği miktarına olan etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada karşılaştırılan titreşim fırçası (Dr. Best Vibration Zwischenzahn, GSK, Bühl, Germany), modifiye diş fırçası (Dr. Best X- Zwischenzahn, GSK, Bühl, Germany) ve düz fırçanın (Dr. Best Plus, GSK, Bühl, Germany) yüzeyi hafifçe aşındırarak infiltran materyalin penetrasyonunu arttırdığı bildirilmiştir (106). İnfiltran materyallerin penetrasyonunu arttırmak amacıyla mine yüzeyine uygulanan mikroabrazyon ile ilgili daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 7. Icon® infiltranının uygulanma süresine göre ulaşabildiği penetrasyon derinlikleri (107).

Başlangıç çürük lezyonların poroz yapıdaki lezyon gövdesi, 20-40 µm kalınlığına sahip, yüksek derecede mineralize olan bir yüzey tabakası tarafından örtülmektedir. Resin materyalin bu yüzey tabakasını penetre etmesi mümkün değildir; bu sebeple yüzey tabakasının perfore edilmesi veya tamamen uzaklaştırılması şarttır (90, 108, 109). Yüzey tabakasının perforasyonu veya uzaklaştırılması ancak asit erozyonu ile mümkün olup bu konuda çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Meyer-Leuckel ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, 3 farklı asit jelin yüzey tabakasına etkisini ve etki süresini araştırmışlardır. Doğal başlangıç çürük lezyonuna sahip insan dişlerine %37'lik fosforik asit, %5'lik hidroklorik asit ve %15'lik hidroklorik asit jelleri uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda %15'lik hidroklorik asit jelin 2 dk. uygulanmasının uygun olduğunu saptamışlardır (90, 109).

Paris ve ark. (2009), aynı asitleme yöntemini kullanarak bir adeziv materyalin doğal çürük lezyonlarına penetrasyonunu incelemiş ve penetrasyon derinliği 58 µm olarak saptanmıştır. Paris ve ark. ise başlangıç çürük lezyonuna sahip süt dişlerine %37'lik fosforik asit ile %15'lik hidroklorik asit jeli uygulamış ve yüzey tabakasına etkisini ve etki süresini araştırmışlardır. Sonuç olarak, sürekli dişlerde saptandığı gibi, süt dişlerine rezin infiltrasyon yöntemi uygularken %15'lik hidroklorik asit jelin 2dk. uygulanmasını uygun bulmuşlardır (110). Bu çalışmanın sonucuna rağmen, henüz süt dişlerine uygulanan rezin infiltrasyon yöntemi hakkında çok az çalışma bulunmaktadır. Süt ve sürekli dişlerin yapısal farkları (süt dişlerinde prizma içermeyen tabakanın bulunması) nedeni ile söz konusu asit jellerin erozif etkileri hakkında çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Hidroklorik asit jelin düşük viskoziteli infiltranlar ile beraber kullanılması halinde hem yapay hem doğal çürük lezyonun içerisine penetrasyon miktarının arttığı ve bunun sonucunda da lezyon ilerlemesinin büyük ölçüde yavaşladığı hatta durdurulabileceği bildirilmiştir (82, 85, 100, 111).

Yim ve ark. (2014), yakın zamanda yaptıkları çalışmada %37'lik fosforik ve %15'lik hidroklorik asiti iki farklı mekanik teknik (fırça ve sünger) ile uygulamışlardır. Bu çalışmanın amacı rezin infiltrasyon aşamasına hazırlık olarak uygulamaların karşılaştırılması ve rezin materyalin penetrasyonunun incelenmesidir. Sığır dişlerinde oluşturulan yapay başlangıç çürük lezyonlarına %37'lik fosforik asitin fırça aplikatör ile 30 sn. uygulanması sonucu başlangıç lezyonun yüzey tabakasındaki por hacminin ve penetrasyonun arttığı saptanmıştır. Daha önceki çalışmalardan farklı olarak, 120 sn. uygulanan %15'lik hidroklorik asitin etkisi daha az olarak saptanmıştır (112).

Penetrasyon için şart olan ve rezin infiltrasyon tekniğinin ana mekanizması olan kapiller kuvvet etkisi, yalnızca çürük lezyonunda bulunan porların içi gaz veya hava ile doluyken söz konusu olabilmektedir. Bu sebeple çürük lezyonun kurutulması gerekmektedir. Lezyon içerisinde herhangi bir sıvının bulunması (tükürük veya su) rezin materyalin penetrasyonunu engellediği bildirilmiştir (82).

Paris ve ark. (2013), infiltran materyalin doğal lezyona penetrasyonunu arttırmak amacıyla lezyona etanol ve aseton uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda, hava ile kurutulan etanol ve asetonun başarılı bir şekilde yüzey preperasyonu için kullanılabileceğini

bildirmişlerdir. Araştırmacılar, rezin infiltrasyona yönelik hazırlık yaparken kurutma aşamasının çok önemli olduğunu vurgulamışlardır (113).

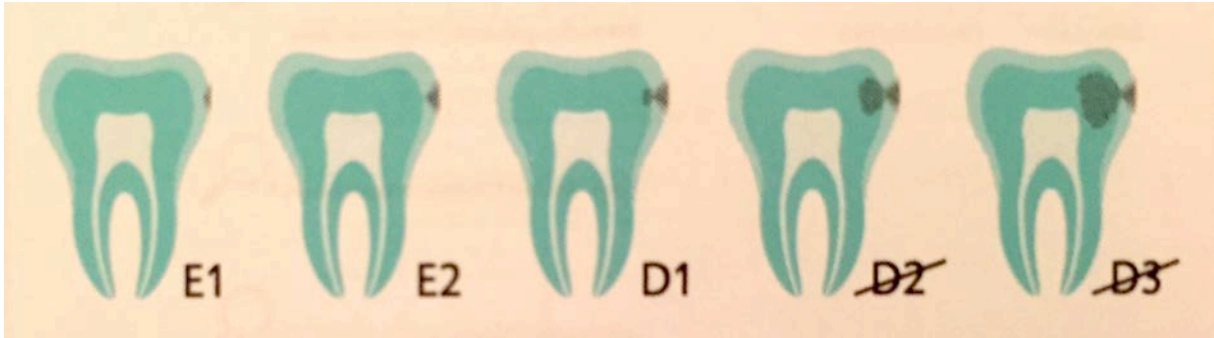
Kapiller penetrasyonun gerçekleşmesi açısından infiltran materyalin uygulanma süresi rezin infiltrasyon yönteminde çok büyük önem taşımaktadır. Penetrasyon sırasında, rezin materyal çürük lezyonu içerisindeki uzun ve ince mine prizmaları boyunca seyahat etmek zorundadır.

Meyer-Leuckel ve ark. (2011), düşük vizkoziteli bir rezin olan ve o zamanlar henüz piyasada bulunmayan bir infiltran materyali (Icon pre-product; DMG, Hamburg, Germany) doğal çürük lezyonlarına uygulamış ve farklı uygulama zamanları sonrasında penetrasyon miktarını incelemiştir. Bu *in vitro* çalışmanın sonunda 3 dakikalık bir uygulama süresinin doğal lezyonları neredeyse tamamen penetre etmek için yeterli bulunmuştur (114).

Mueller ve ark. (2006), sığır dişlerinde oluşturulan yapay başlangıç lezyonlarına 5 tane adesif ve bir tane fissür örtücüyü lezyon ilerleyişine etkisi ve uygulanma sıklığının lezyona etkisi bakımından incelemiştir. Bu materyaller bir veya iki defa olmak üzere lezyon bölgesine uygulanmışlardır. Çalışmanın sonunda yalnızca bir kez uygulanan Adper Prompt L-Pop (3M ESPE, Seefeld, Germany) ve Solobond M (Voco, Cuxhaven, Germany) adezivlerinin lezyon ilerlemesini engelleme açısından etkili olmadıkları görülmüştür. Ancak, Solobond M adezivi iki defa uygulandığında anlamlı bir şekilde lezyon ilerleyişinde yavaşlama gözlenmiştir. Heliobond (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) Heliobond (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Resulcin Monobond (Merz, Luetjenburg, Germany) ve Excite (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) materyalleri diğer materyallere göre daha başarılı bulunmuştur. Araştırmacılar bu *in vitro* çalışma ile yapay başlangıç çürük lezyonlarına adeziv materyallerin penetre olması sonucu demineralizasyonun engellenebileceğini bildirmişlerdir (115).

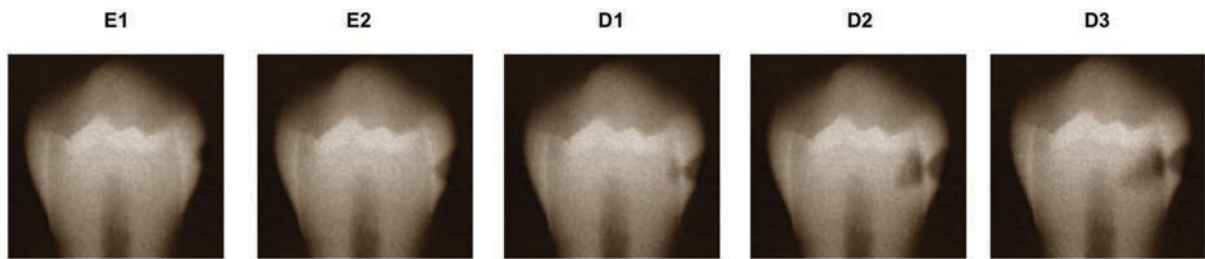
Yüzeysel ve orta büyüklükte ara yüzey çürükleri genç bireylerde sıkça görülmektedir (109). Ancak rezin infiltrasyon tekniğinin kaviteyi gösteren lezyonlarda etkinliği ve başarısı sınırlıdır. Mine dokusunun dış yarısına uzanan başlangıç çürük lezyonları (E1) çok nadir kaviteyi göstermektedir. Dentin dokusunun orta 1/3 (D2) veya iç 1/3'üne (D3) ulaşan çürük lezyonları ise genellikle kaviteyi göstermektedir. Mine dokusunun iç kısımlarında (E2) ve dentin dokusunun dış 1/3'ünde (D1) görülen radyolüsentliklerin, yapılan klinik

araştırmalar sonucu sırasıyla %8-11 ve %22-44 oranlarında kavıtasyon gösterme ihtimallerine sahip oldukları bildirilmiştir (116, 117, 118) (Resim 19 ve Resim 20).



Resim 19. Bite-wing radyografi görüntülerine göre radyografik lezyon derinliği sınıflaması.

E1, E2 ve D1 lezyonlarında rezin infiltrasyon başarı gösterirken D2 ve D3 lezyonlarında başarısız sonuçlar vermiştir (101).



Resim 20. Çürük lezyonun radyografik görüntüsü (119).

Paris ve ark. (2011), piyasada mevcut olan Icon® materyalini farklı International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) kodlarına sahip doğal lezyonlara uygulamış ve farklı derinliklerde olan lezyonlara ne kadar penetre olduğunu incelemişlerdir. Ara yüz çürüğüne sahip ve ICDAS kodu 2-5 arasında olan aktif lezyonlar çalışmaya dahil edilmiştir. Araştırmacılar, demineralize olmuş poröz yapıdaki mine dokusunun kapiller etki sonucu uygulanan rezin materyali kolayca emdiğini belirtmiş, fakat daha büyük kavıtasyonun meydana geldiği dişlerde kapiller etki daha zayıf olduğundan yetersiz penetrasyon görüldüğünü bildirmişlerdir. Kavıtasyon görülen dişlerde başarısızlık görülmemesinin diğer nedenleri arasında kavıtasyonun içerisinde hava kabarcıklarının kalması olduğu düşünölmektedir. Bu durumda, fissür örtücülerinde olduğu gibi, oluşan yüzey gerilimi sonucu penetrasyon meydana gelememektedir (120). Aynı zamanda, materyalin kapiller etkiden dolayı emilememesi sonucu, hiç penetre olmadan materyal fazlalıklarının pamuk rulo ile uzaklaştırıldığı esnada tamamen silinmesi de bir açıklama olarak düşünölebilir. Sonuç olarak,

Icon® materyalinin *in vitro* koşullarda ara yzeyde bulunan mine porozitelerini derin bir Şekilde penetre ettiği, ancak kaviteleŐme gsteren derin lezyonlarını (ICDAS 4 ve 5) yeterince penetre edemediği bildirilmiştir. Henz yetersiz penetrasyon gsteren ve aktif olmayan derin kaviteli lezyonların demineralizasyona karşı bir çeşit direnç gsterip gstermediğini ele alan çalışma bulunmamaktadır (121).

Rezin infiltrasyon tekniği;

- Düz veya ara yzeylerde gsterilen başlangıç çürük lezyon
- Dentin dokusunun dış 1/3'üne (D1) kadar uzanan çürük lezyon
- Bzyük Azı-Keser Hipomineralizasyon (BAKH) varlığında endikedir.

Rezin infiltrasyon tekniği;

- Dentin dokusunun orta (D2) ve i (D3) kısımlarına ulaşan çürük lezyon
- Kavitasyon oluşmuş mine dokusu
- Dentin dokusunun açığa çıktığı veya ince bir mine tabakasına sahip servikal bglgelerin varlığında ise kontraendikedir. Ayrıca;
- Fluorozis
- Hipoplazi
- Erozyon
- Travma
- Tetrasiklin renkleŐmesi
- GeliŐimsel mine defektleri gsterilen olgularda da kontraendikedir (122).

Trietilenglikol dimetakrilat (TEGDMA) bazlı materyaller, zstz fiziksel zellikleri nedeni ile infiltran materyaller ile uyumlu zellikler gstermektedir. Ancak bu monomerin yzsek derecede hidrofilik olması ve ağız ortamında yıkılabilecek yapıda olması klinik performansını azaltmaktadır. TEGDMA'dan ziyade infiltranlara daha hidrofobik ve daha dzŐzük vizkoziteli olan zrethan dimetakrilat (UDMA) veya etoksilat bisfenol A glikol dimetakrilat (BisEMA) monomerlerinin eklenmesi incelenmiştir. (123).

Paris ve ark. (2007), hidroksietil metakrilat (HEMA) ve etanol monomerlerini içeren karışımların en yüksek penetrasyon katsayısını gösterdiğini fakat yetersiz polimerizasyon gösterdiğini bildirmiştir. Etanol gibi yapıların eklenmesi penetrasyon katsayısını arttırsa da mekanik özellikleri olumsuz etkileyebileceğini vurgulamışlardır (84). Yüksek konsantrasyonda TEGDMA içeren rezin materyallerin, lezyon ilerlemesini yavaşlatma konusunda yüksek konsantrasyonda bisfenol glisidil metakrilat (BisGMA) içeren materyallere göre daha başarılı olduğu saptanmıştır (85). Bunun sebebi TEGDMA bazlı rezinlerin daha yüksek penetrasyon kapasitesine sahip olması şeklinde açıklanabilmektedir (82).

Sabit ortodontik apareylerin plak retansiyonu sağlaması nedeniyle dişlerin vestibül yüzeyinde beyaz nokta lezyonlarına sık rastlanmaktadır (124, 125, 126). Çalışmalar, sabit ortodontik aparey kullanan hastalarda beyaz nokta lezyonuna rastalama sıklığının %10-%34 arasında olduğunu bildirmişlerdir (127, 128, 129). Braket veya bantların çıkarılmasını takiben, ağız ortamındaki değişikliklerden dolayı beyaz nokta lezyonların ilerlemesi durabilmektedir. Ancak bazı durumlarda beyaz opasiteler estetik olarak sorun oluşturmaktadırlar (130, 131, 132).

Ortodontik tedavi sonrası dişlerin düz yüzeylerinde oluşan beyaz noka lezyonlarının rezin infiltrasyon tekniği ile restore edilebildiği bildirilmiştir (122, 131, 134, 135) (Resim 21, Resim 22, Resim 23). Sağlam mine dokusunun ışığı kırma indeksi (RI) 1,62'dir. Mine lezyonlarında bulunan mikroporların hava (RI:1,0) veya su (RI: 1,33) içerdiği bilinmektedir. Mine kristalleri ile poroziteler içerisinde bulunan hava-su medyumları arasındaki RI farkı sebebiyle ışık dağılması gerçekleşerek lezyonlara beyaz ve opak görünümünü kazandırmaktadır. Özellikle başlangıç çürük lezyonların kurutulması (desikasyonu) sonucu bu görüntü daha belirgin hale gelmektedir (136). Oluşan bu optik fenomen, lezyon gövdesinin por hacmine bağlıdır. Demineralizasyon sırasında başlangıç çürük lezyonun por hacmi artış gösterip ışığı farklı dağıtır; böylece lezyonun RI değeri değişmektedir (133). Lezyon porları sağlam mine dokusunun RI değerine yakın bir rezin infiltran (RI: 1,52) tarafından penetre edildiğinde, lezyon içerisindeki dağılan ışık miktarı azalarak lezyonu kamufle etmektedir (92).



Resim 21. Ortodontik braketlerin çıkarılması sonrası gözlenen beyaz nokta lezyonları (136).



Resim 22. Icon® uygulamasından hemen sonra (136).



Resim 23. Icon® uygulamasından 1 ay sonra (136).

Shivanna ve Shivakumar (2011), yaptıkları klinik çalışmada düz yüzeylerde oluşmuş ortodontik braket kaynaklı ve ortodontik braket kaynaklı olmayan başlangıç lezyonlarına Icon® materyalini uygulamış ve estetik olarak değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda söz konusu olan infiltranın anında estetik başarı sağladığını ve 3 ay sonra yapılan kontrol muayenesine başarısını koruduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, infiltran materyalin RI değerinin sağlam mine RI değerine yakın olması sebebi ile estetik başarıyı sağlamanın mümkün olduğunu vurgulamışlardır. Porözitelerin ve mine dokusunun RI değerleri arasındaki farkın az olması lezyona sağlam mineye benzer bir görüntü kazandırmaktadır. Materyalin uygulandığı başlangıç lezyonunda herhangi bir ilerlemenin olmadığı gözlenmiştir (122).

Senestraro ve ark. (2013), yaptıkları randomize klinik çalışmasında ortodontik tedavi sonrası oluşan başlangıç çürük lezyonlarına rezin infiltrasyonun etkisini araştırmışlardır. Görsel analog skalası (VAS) ve lezyonları fotoğraflama yöntemi yardımıyla başlangıç çürük lezyonlarında meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Ortalama olarak lezyonların %61.8'i infiltrasyon tedavisinden hemen sonra lezyon alanında azalma göstermiş ve infiltrasyon uygulamasından 8 hafta sonra ise lezyon alanında %60.9 azalma görüldüğü rapor edilmiştir. Araştırmacılar, ortodontik sebeplerle oluşan beyaz nokta lezyonların tedavisinde infiltrasyon yönteminin klinik olarak başarı ile kullanılabileceğini ve kabul edilebilir estetik sonuçlar elde edildiğini bildirmişlerdir (137).

Ağrısız ve diş sert dokusunun kaybedilmediği bu yeni tedavi yönteminin, yapılan *in vitro* çalışmalar ile olumlu sonuçlar vermeye devam ettiği görülmektedir. Yakın zamanda yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre Icon®'un sağlam mine ile tam olarak aynı mikrosertliğe sahip olduğu ve klinik olarak kabul edilebilir yüzey özellikleri gösterdiği bildirilmiştir (138). Bu tez çalışmasında bu iki özellik detaylı olarak incelenecektir.

The American Academy of Pediatric Dentistry (AAPD)'nin 2015 yılında revize edilen restoratif diş hekimliği kılavuzunda rezin infiltrasyon tekniğini destekleyen bir çok çalışmanın yapıldığı ve küçük boyuttaki başlangıç çürük lezyonlarına uygulanmasının önerildiği bildirilmiştir (139).

2.6.1. ASİT TAMPONLARIN KULLANILDIĞI IN-VİTRO DEMİNERALİZASYON MODELİ

Yapay çürük oluşturmanın en yaygın ve basit yöntemi pH seviyesi dikkatlice ayarlanmış çeşitli solüsyonların kullanılmasıdır. Diş dokularında demineralizasyonun meydana gelebileceği sınırları belirgin alanlar, başka bir deyişle pencereler, oluşturulmaktadır. Hazırlanan örnekler saatlerce, günlerce hatta aylarca solüsyonlarda kalabilmektedir ve beklenen sürenin sonunda oluşan lezyonların histolojik olarak doğal lezyonlara benzediği bildirilmiştir (140, 141). Yapay çürük lezyonu oluşturmak amacıyla kullanılacak ve maruz bırakılma süreleri açısından farklılık gösterebilen, farklı konsantrasyonlarda kimyasallar içeren ve farklı pH'a sahip solüsyonlar araştırmacılar tarafından kullanılmıştır (82, 123, 142, 143, 144).

Yapay çürük lezyonların deneysel amaçlarla oluşturulması çürük lezyonun nasıl geliştiği ve engellenebileceği konusunda bilgi edinmemize olanak sağlamaktadır. Bu lezyonlar genellikle insan veya sığır dişlerinde oluşturulmaktadır. Sığır dişleri, insan dişlerine alternatif olarak *in vitro* araştırmalarda yaygınca kullanılmaktadır. Yapılan *in vitro* çalışmalarda sığır dişinin yaygın olarak kullanılmasının sebebi büyük miktarlarda kolay bir şekilde elde etmenin mümkün olması, insan dişlerine göre daha üniform bir yapıda olması ve insan mine dokusunun mikro-yapısına benzer bir yapıda olmasıdır (4, 145, 146). Sığır dişlerinde oldukça düz, geniş bir yüzeyin olması ve çürük lezyonu veya başka defektlerin görülmemesi gibi özellikler avantajları arasında yer almaktadır (147).

Belli bir süre sonra ve belli bir sıcaklıkta mine dokusunda sağlam yüzey tabakası bulunan bir başlangıç çürük lezyonun görülmesi beklenmektedir. Yapılan çalışmaların çoğunda tırnak ojesi yardımıyla demineralizasyon pencereleri oluşturulmaktadır. Pencerenin oluşturulacağı bölge dikkatlice incelenmelidir; o bölgede herhangi bir çatlak, malformasyon, defekt veya normal morfolojiden herhangi bir sapma görülmemesi önem taşımaktadır. (91, 100, 114, 148).

Ağız ortamında meydana gelen demineralizasyon olayını *in vivo* koşullarda gerçekleştirebilmek adına demineralizasyon çözeltilerinin içeriği bir çok defa modifiye edilmiştir. Kullanılan asit tipi ve konsantrasyonun demineralizasyon hızını ve lezyonun karakterini etkilediği bildirilmiştir (149). **Gray'e göre (1966)**, aynı pH ve konsantrasyona sahip asetat tamponlayıcıların, laktat tamponlayıcılara göre daha hızlı bir şekilde derin bir lezyon oluşturduğu çalışmalarla saptanmıştır (150, 151). Asidik tamponlayıcı sistemlerine kalsiyum, fosfat veya floridin eklenmesi çözeltiyi doygun hale getirerek doğal çürük lezyonlarına benzer bir lezyon oluşumu ile sonuçlanmaktadır (152).

2.6.2. REZİN İNFİLTRASYON MATERYALLERİ

2.6.2.1. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Geçmiş yıllarda araştırılan resorcinol formaldehit, adeziv, fissür örtücü ve benzer materyaller yetersiz bulunduğundan farklı materyaller geliştirilmeye başlanmıştır. Özellikle rezin infiltrasyon tekniği için geliştirilen, yüksek penetrasyon kabiliyetine sahip ve çürük lezyonun ilerlemesini engelleyebilen veya durdurabilen 'infiltran' olarak adlandırılacak bir materyal elde etme hedefi ile bazı deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Meyer-Leuckel ve ark. (2006) yaptıkları *in vitro* çalışmada, piyasada bulunan ve ışıkla sertleşen 5 tane adeziv ve bir tane fissür örtücününün 15 ve 30 saniye (sn.) penetre olmasına izin verilmesi sonucu sığır dişlerinde oluşturulan yapay mine lezyonu porlarına ne kadar penetre olduğunu araştırmışlardır. Adeziv materyallerin penetrasyonu için 30 sn. bekleme sürecinin ardından daha derin bir penetrasyon elde edilebileceğini saptamışlardır (104).

Paris ve ark. (2007) etanol ve BisGMA, UDMA, TEGDMA ve HEMA monomerlerinden 2 tanesini farklı konsantrasyonlarda içeren 66 tane deneysel kompozit rezini piyasada bulunan bir tane fissür örtücü ve 5 tane adeziv penetrasyon katsayıları açısından karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada deneysel kompozit rezinlerin, adeziv ve fissür örtüciye göre, daha yüksek penetrasyon katsayılarına sahip oldukları ve başlangıç mine lezyonlarına daha hızlı penetre olabildiklerini bildirmişlerdir (84).

Paris ve ark. (2007) yaptıkları bir diğer çalışmada, farklı konsantrasyonlarda, farklı penetrasyon katsayılarına sahip düşük vizkoziteli ve ışıkla sertleşen 12 tane deneysel infiltranı piyasada mevcut olan bir adeziv ile sığır dişlerinde oluşturulan yapay çürük lezyonlarına penetrasyonu açısından karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Çalışmanın sonucunda ışıkla sertleşen bir rezin materyalin hızlıca başlangıç mine lezyonlarına penetre olabileceğini ve penetre olma hızının penetrasyon katsayısı bilindiği takdirde hesaplanabileceğini belirtmişlerdir. Yapay çürük lezyonlarının kısa bir sürede tamamen rezin ile infiltre olabilmesi için infiltran materyalin yüksek penetrasyon katsayısına sahip olması ve tercihen 100 cm/s'yi aşması gerektiğini bildirmişlerdir (82).

Meyer-Leuckel ve Paris (2008), düşük vizkoziteli ve ışıkla sertleşen 12 tane deneysel rezin materyali piyasada var olan bir adeziv ile karşılaştırmışlardır. Bu çalışmanın asıl amacı, uygulamadan sonra devam eden demineralizasyon şartları altında materyalin penetrasyon katsayısının, içeriğinin ve uygulama süresinin etkisini saptamaktır. Penetrasyon katsayısı bilinmesinin infiltranlar için vazgeçilmez olduğunu ve sebebinin, daha önce yaptıkları çalışmaların sonuçları ile uyumlu olarak, materyal penetrasyon kabiliyetini belirlemesi ve porları ne kadar tıkayabileceğinin göstergesi olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmanın sonunda, yapay mine lezyonları kullanıldığından doğal lezyonlar için aynı durumun geçerli olup olmadığının çalışmalar ile araştırılması gerektiğini raporlamışlardır (85).

Meyer-Leuckel ve Paris (2008), penetrasyon katsayısı 273 cm/sn olan bir deneysel 'infiltran' materyal ile piyasada mevcut olan ve penetrasyon katsayısı 31 cm/sn olan bir adeziv materyalin doğal lezyonlara penetre olma kabiliyetini karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Kullanılan infiltranın içeriği %89,1 tetraetilenglikol dimetakrilat, %9,9 etanol, %0,5 kamforkinon ve %0,5 etil 4-(dimetilamino) benzoat olarak belirtilmiştir. Lezyonlar deneysel %15'lik hidroklorik asit kullanılarak 2 dk. boyunca asitlenmiş ve ardından saf etanolde 30 sn. bekletilmiştir. İki materyalin lezyonu penetre etmesi için 5 dk. beklenmiş ve sonrasında

örnekler Konfokal Lazer Taramalı Mikroskopi (CLSM) ile incelenmiştir. %15'lik hidroklorik asit jel kullanımı ile beraber infiltran materyalin uygulamadan 2 dk. sonra adeziv materyale göre daha fazla penetre olduğu saptanmıştır. Bu çalışma ile infiltran materyallerin doğal lezyonlara penetre olmasında asitleme yönteminin ve materyalin fiziksel özelliklerinin belirleyici faktör olduğu doğrulanmıştır. Çalışmanın sonunda infiltran materyalin, doğal lezyonlara penetrasyonu açısından, adeziv materyalden daha üstün olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada yapılan gözlemler sonucu yapay çürük lezyonları için elde edilen bilgilerin doğal çürük lezyonlar için geçerli olmayabileceği vurgulanmıştır (100).

Paris ve Meyer-Leuckel (2010), yaptıkları çalışmada doğal başlangıç çürük lezyonlarına farklı penetrasyon katsayısı ve içeriğe sahip ışıkla sertleşen deneysel rezinlerin *in vitro* koşullarda etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmanın asıl amacı ideal bir infiltran materyali geliştirmek ve özelliklerinin belirlenmesi olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada örneklere %37'lik fosforik asit jel uygulandıktan sonra piyasada bulunan bir adesif uygulanmış ve adeziv üzerine akışkan kompozit kaplama amacıyla uygulanmıştır. Materyallerin uygulanmasını takiben örnekler 400 gün boyunca pH'sı 4,95 olan demineralizasyon solüsyonuna tabi tutulmuştur. Sonuç olarak, düşük vizkoziteye sahip ve yüksek penetrasyon katsayısı olan (>200 cm/sec) TEGDMA bazlı infiltranların demineralize bir ortamda doğal başlangıç mine lezyonların ilerlemesini neredeyse tamamen durdurabildiğini bildirmişlerdir (91).

2.6.2.2. ICON®

Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi, bir çok klinik ve laboratuvar çalışmasını takiben Icon® materyali 2009 yılında satışa sunulmuştur. TEGDMA bazlı rezin, bisfenol A gliserolat dimetakrilat, kamforkinon, etil 4-(dimetilamino) benzoat ve etanolden oluşan bu materyal oldukça yüksek penetrasyon katsayısına sahiptir. Penetrasyon katsayısının yüksek olması materyalin daha derine nüfuz etmesini sağlamaktadır (153).

Piyasada bu materyalin iki şekli mevcuttur (Resim 24):

- **Icon® Caries Infiltrant – Smooth Surface**
- **Icon® Caries Infiltrant – Proximal.**



Resim 24. Icon® Caries Infiltrant kitleri

Icon® Caries Infiltrant – Smooth Surface kitinde;

- 1 şırınga Icon-Etch (% 15 hidroklorik asit)
- 1 şırınga Icon-Dry (% 99 etanol)
- 1 şırınga Icon-Infiltrant (düşük vizkozite ve yüksek penetrasyon katsayısına sahip dimetilakrilat bazlı rezin)
- Her şırınga tipi için uç

Icon® Caries Infiltrant – Proximal kitinde ise;

- 1 şırınga Icon-Etch
- 1 şırınga Icon-Dry
- 1 şırınga Icon-Infiltrant
- Her şırınga tipi için uç bulunmaktadır.

Icon® ile resin infiltrasyon tekniğinin endikasyonları;

- Ara veya düz yüzeylerde bulunan başlangıç çürük lezyonların mikroinvazif tedavisi (lezyon derinliği maksimum D1 sınırında olmalıdır)
- Estetik sebeplerle (ortodontik tedavi sonrası)

Icon® ile resin infiltrasyon tekniğinin kontraendikasyonları;

- Dentin dokusu içerisine uzanan veya kavitasyonun meydana geldiği çürük lezyonlarda (D2-D3)
- Herhangi bir materyal allerjisi bulunan veya kontakt dermatit olan kişilerde kullanımı kontraendikedir.

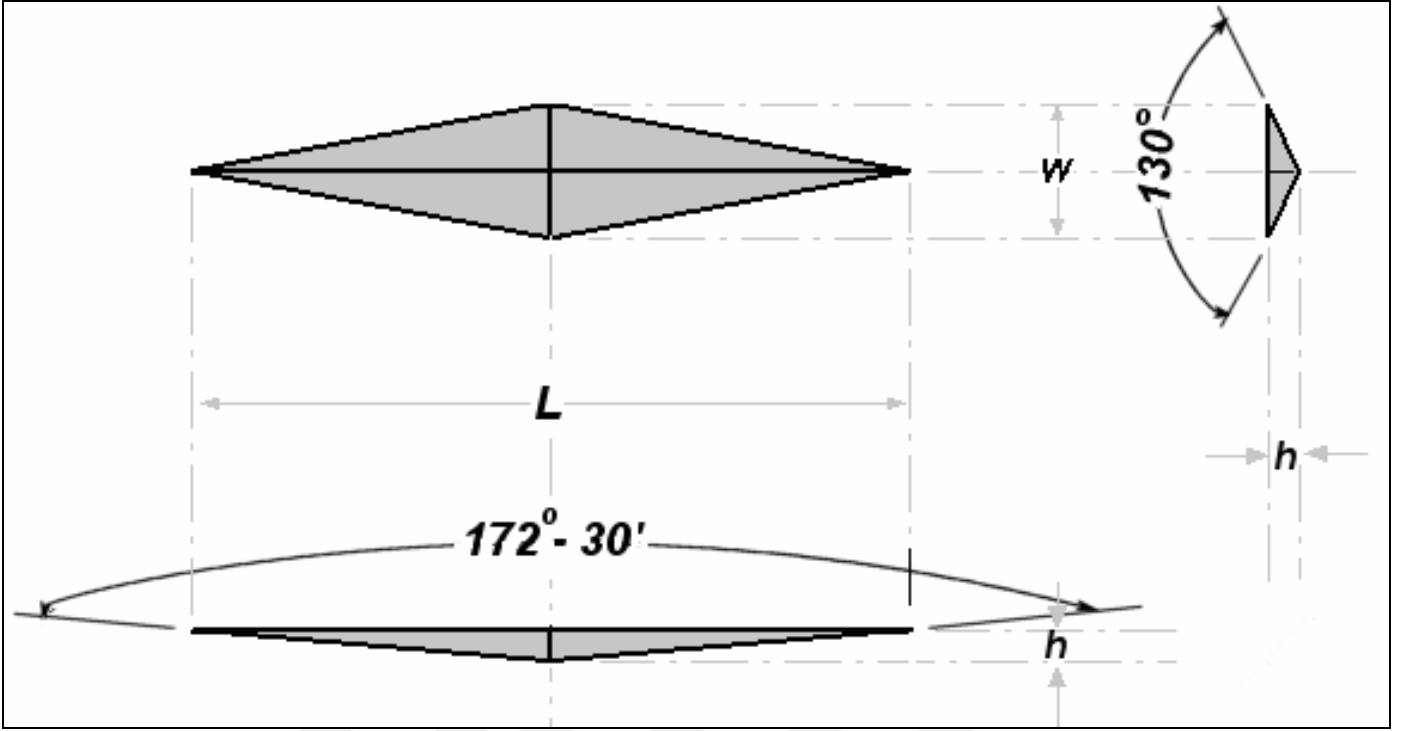
2.7. DIŞ MİNESİ YÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ VE MİKROSERTLİK ÖLÇÜMÜ

Diş minesi yüzeylerinin incelenmesi için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunların en başında mikrosertlik ölçümü gelmektedir. Mikrosertik, sert dokuların mineral içeriğini analiz etmede kullanılan ve mineral miktarının kalitatif olarak hesaplanması için kullanılan bir yöntemdir. Mineral miktarındaki değişiklikler demineralizasyon ve remineralizasyon ile ilgili bilgi vermektedir. Başlangıç mine lezyonların tedavisinde kullanılan veya kullanılma potansiyeli bulunan materyallerin etkinliğini ve mekanik özelliklerini araştırırken mikrosertlik ölçümü sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir (138, 154, 155).

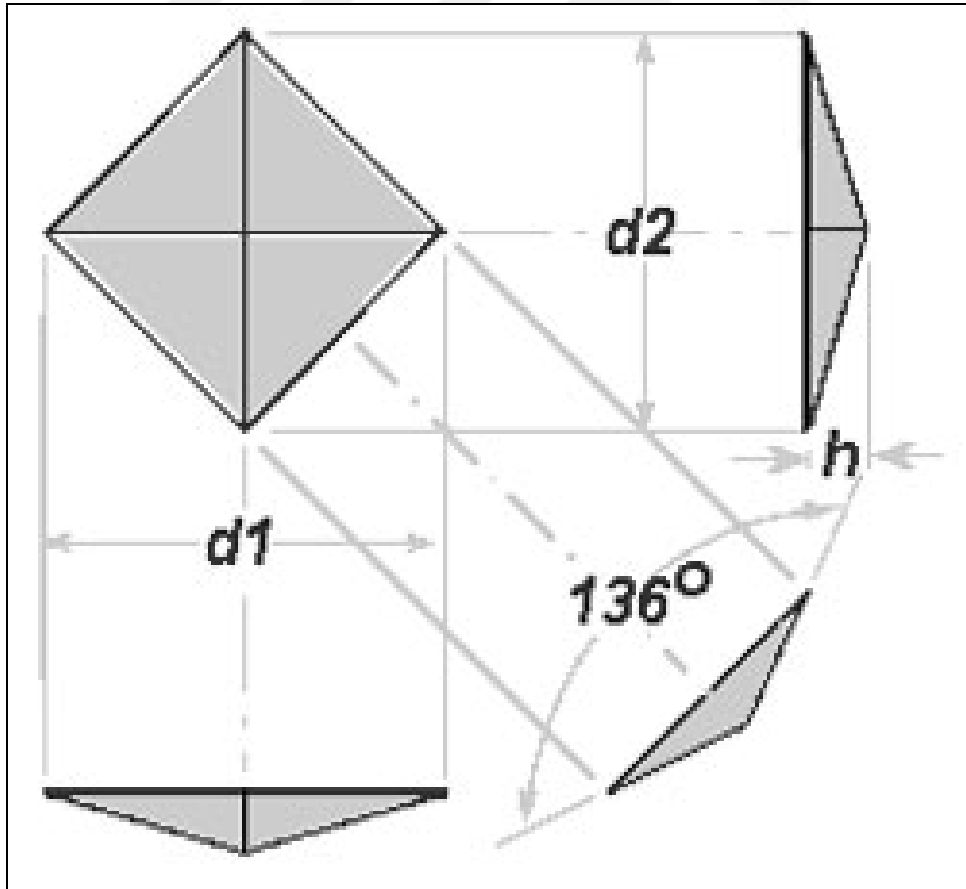
Mikrosertlik ölçme cihazı, elmas bir uç ile ışık mikroskobu altında cisimlerin yüzeylerine belirli ağırlıkların belirli sürelerde uygulanmasıyla yüzeyler üzerinde izler oluşturulması ve bu izlerin derinliklerinin değerlendirilmesi ile test edilen cismin sertlik değerinin belirlenmesi şeklinde çalışan bir cihazdır (156).

Mikrosertlik ölçme yöntemleri arasında Brinell, Rockwell, Vickers ve Knoop yöntemleri bulunmaktadır (157). Kullanılacak olan yöntemin seçimi incelenecek olan materyale bağlıdır. Brinell ve Rockwell testleri elastik materyaller için uygunken, Vickers ve Knoop yöntemleri diğ gibi kırılğan yapılar için daha uygundur (158). Cihazın elmas uçlu iğnesi, örneğe belirli oranda kuvvet uygulayarak örneğin içersine bir miktar gömülür. Elmas uç yardımıyla lezyonun farklı bölgelerinden penetrasyon derinlikleri ölçülerek 'Vickers veya Knoop' sertlik değeri olarak kaydedilmektedir. Elde edilen değerler sağlam mine yüzeyine ait değerler ile karşılaştırılmaktadır (156).

Temel olarak iki çeşit mikrosertlik ölçme şekli vardır. Bu yöntemler arasındaki fark, aygıtların iz oluşturmaya yarayan uçlarının şekilleridir (Şekil 8 ve Şekil 9). Bunlardan ilki olan Vickers, 1925 yılında İngiltere'de geliştirilmiştir. Bu yöntemde baskı oluşturmak amacıyla tepe açısı 136° olan piramit tabanlı bir elmas kullanılmaktadır. İncelenen yapıya bastırılan piramit ucun bıraktığı dörtgen izin köşegenleri ölçülerek hesaplanan ortalama köşegen uzunluğu formülde yerine konularak sertlik değerleri belirlenir. Mikrosertlik ölçümü için kullanılan diğ bir yöntem ise, 1939 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) National Bureau Standard'ı tarafından geliştirilen Knoop yöntemidir. Knoop ucu, aynı yük kullanılarak yapılan Vickers sertlik ölçümleri ile karşılaştırıldığında daha derin izler bırakmaktadır (159, 160).



Şekil 8: Knoop ucunun şekli ve ucu oluşturan açılar



Şekil 9: Vickers ucunun şekli ve ucu oluşturan açılar

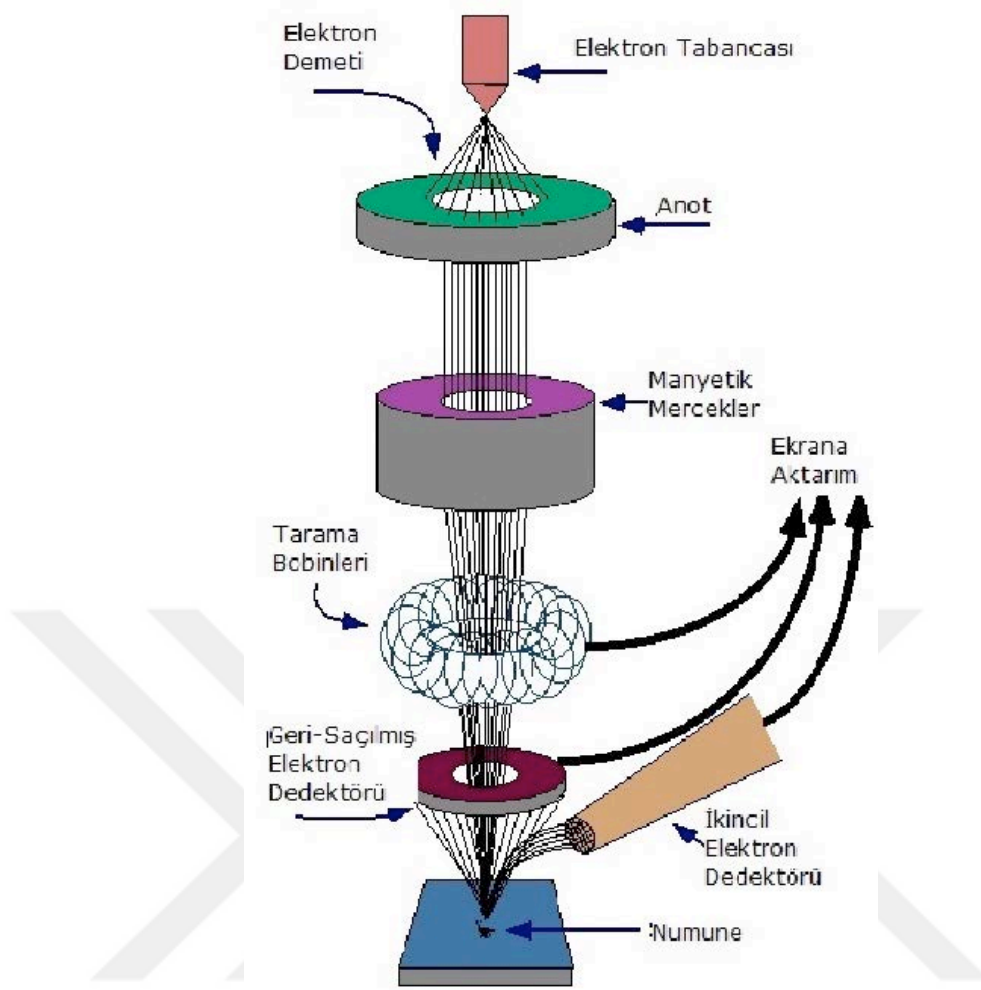
2.7.1. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM)

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), 1938 yılında Manfred Von Ardenne tarafından geliştirilmiştir. 1965 senesinde ise ilk SEM cihazı Cambridge Instrument Company tarafından piyasaya sunulmuştur.

Diş hekimliğinde SEM cihazı 1962 senesinden beri kullanılmaktadır (161). SEM’de görüntü, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların örnek üzerine odaklanması, bu elektron demetinin örnek yüzeyini taraması sırasında elektron ve örneğin atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen etkilerin uygun dedektörlerde (algılayıcı) toplanması ve sinyal güçlendiricilerden geçtikten sonra bir katot ışınları tüpünün ekranına aktarılmasıyla elde edilmektedir (162). SEM, görüntülerde mükemmel alan derinliği sağlar ve örneğin morfolojisi ve yüzey özelliklerinin tanımlanması için uygun bir yöntemdir (163).

2.7.1.1. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU ÇALIŞMA PRENSİBİ

SEM; optik kolon, örnek hücresi ve görüntüleme sistemi olmak üzere 3 ana kısımdan meydana gelmektedir. Optik kolon kısmı, elektron demetinin kaynağı olan elektron tabancası, elektronları örneğe doğru hızlandırmak için yüksek gerilimin uygulandığı anot plakası, ince elektron demeti elde etmek amacıyla yoğunlaştırıcı mercekler, demeti örnek üzerinde odaklamak için objektif merceği, objektif merceğe bağlı parçalar ve elektron demetinin örnek yüzeyini taraması amacıyla tarama bobinleri içermektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) çalışma prensibi

Hem optik kolon hem de örnek bir vakumda yer almaktadır. Vakumlama işleminde örnek içerisindeki hava ve sıvı basınç yoluyla yok edilmektedir. Vakum, SEM cihazının çok önemli bir parçasıdır. Vakum sisteminde yetersizlik olması elektron demetinin kontrol edilememesine hatta oluşmamasına sebep olabilmektedir. Bu tez çalışmasında olduğu gibi, porozitesi yüksek örneklerin incelenmesinde bu aşamanın önemi daha da artmaktadır. Oksijen veya başka moleküllerin kolon içerisinde kalmaması gereklidir; moleküllerin varlığında elektron tabancasında bulunan filamentin ömrü ciddi şekilde azalmaktadır. Ayrıca moleküller elektronlar ile çarpışarak elektron demetini dağıtabilmektedirler (164).

Kolon kısmından mümkün olduğu kadar çok gaz molekülü yok edilerek vakum sağlanmaktadır. Vakum ne kadar yüksek olursa ortamda o kadar az molekül bulunmaktadır. Deniz seviyesindeki atmosfer basıncı 760 milimetre cıvaya eşdeğerdir. 1 milimetre cıvanın basıncına Torr denmektedir. SEM cihazında bulunan vakumun doğru bir şekilde çalışabilmesi için basıncın 10^{-4} Torr veya daha düşük olması önemlidir (164).

SEM ile bir yapının yüzey özelliklerini, morfolojisini, onu oluşturan element veya bileşikleri hatta atom dizilişini bile incelemek mümkündür. SEM'in Işık Mikroskobu'na (IM) göre 300 defa daha odaklama derinliğine ve 20 ila 100,000 arasında net görme oranına sahiptir (165, 166).

Elektron demetini nm boyutunda odaklamak mümkündür; bu sebeple SEM ile elde edilen görüntüleri farklı büyütme oranlarında (20x – 10,000x ve üstü) çok detaylı bir şekilde incelemek mümkündür. Elektron ışını örneğin yüzeyini tarayarak farklı sinyaller oluşturur ve bu sinyaller bir dedektör (sekonder elektron veya geri saçılmış) tarafından toplanmaktadır (167). Bu teknikle ışık kullanılmamakta olup örneğin rengi görüntüyü etkilememektedir. Bu özellik diş hekimliği için oldukça önemlidir; diş dokuları ve diş hekimliğinde kullanılan materyaller genellikle beyaz veya açık renklere sahip olduğundan optik mikroskopların bu alandaki kullanımı sınırlıdır (168).

SEM cihazında örneğin doğru bir biçimde incelenebilmesi için kurutulması gerekmektedir. Kurutma iki şekilde gerçekleştirilebilir;

- a) Hava ile kurutma: Kurumaya bırakılan örneğin yüzeyinde bulunan su tabakası ile hava arasında yüksek gerilim kuvvetlerine sahip bir ara yüz oluşmaktadır. Su tabakasında buharlaşma sonucu uzaklaşan moleküller su-hava ara yüzdeki yüksek gerilim kuvvetlerine karşı koyamamaktadır. Bu sebeple eğer örnek canlı ise bazı yapılar zarar görebilir ve örnekte büzülme görülebilmektedir. Bu dezavantajlardan dolayı bu yöntem daha çok sert dokuların kurutulmasında tercih edilmektedir (165).
- b) Kritik noktada kurutma (kimyasal ile kurutma): Örnek içindeki etanol, aseton vb. maddelerin sıvı karbondioksit veya freon ile yer değiştirmesidir. Sıvı karbondioksit, belirli basınç ve sıcaklıkta gaz haline geçmektedir ve bu yöntem

sonucunda örneği deforme etmeden kurutmak mümkündür (165, 166). Bu yöntem kullanıldığında örnek topografisi güzel bir şekilde korunabilmektedir (164).

Diş yüzeyleri sabitlenip kurutulabildiği için yüksek vakum modu görüntüleri en sık elde edilen görüntülerdir. Yüksek vakum modu sayesinde daha yüksek çözünürlükte görüntü kaydetmek mümkün olsa da örneklerin iletken olması büyük önem taşımaktadır. Diş ve dental materyaller (kompozit rezin, seramik, siman vb.) iletken olmadığından dolayı örneklerin önceden kaplanması gerekmektedir. Yüzeyin görüntülenebilmesi için elektronları yansıtacak bir madde ile örneklerin kaplanması önem taşımaktadır. Örnekler ince bir tabaka altın (Au), platin (Pt), altın-paladyum (Au/Pd) alaşımı ile ve bazı durumlarda karbon (C) ile kaplanarak iletken hale gelebilmektedir (168). Bu işleme 'sputter coating' veya 'sputtering' denmektedir ve 'sputter coater' denilen kaplama cihazında gerçekleşmektedir. Sputter coating yani kaplama işlemi, kısmi vakum altında gerçekleşmektedir. Katot ve anot arasındaki yüksek voltaj alanında argon gazı molekülleri iyonize olmaktadır. Pozitif yüke sahip argon iyonları hızlanarak kaplama metalinin oluşturduğu katota gelmektedir. Argon iyonları katota 'etching' yaparak negatif yüke sahip metal atomlarını örneğin üzerinde bulunduğu anoda doğru hızlandırmaktadır. Kaplama süresi baştan sonuna kadar tam yarım saat sürmektedir. Kaplamanın kalınlığı örneğe göre değişse de genelde 100 Angström olduğu bildirilmiştir. Kaplama sırasında, tercih edilen kaplama materyali ne olursa olsun yüzeyde kümeleşmemesine dikkat edilmelidir (164, 165, 166). Yüksek vakum kullanılmadığından ve az miktarda kaplama metali gerektiğinden bu yöntem oldukça kolay ve uygun fiyatlıdır. Sputter coating işleminin tek dezavantajı örneğin ısı sebebiyle zarar görme ihtimalinin olmasıdır. Özellikle küçük örneklerde bu ihtimal daha yüksektir. Sputter coater cihazında ısı zararını en aza indirmek için çeşitli aygıtlar bulunmaktadır ancak daha eski cihazlarda bu aygıtlar bulunmadıklarından ısı hala bir problem olarak kabul edilmektedir (164). SEM'de metal ile kaplamanın bir diğer yolu buharlaştırıcı vakum içerisinde metalin buharlaştırılmasıdır. Bu yöntemde örnek vakum haznesinin içine yerleştirilir ve uygun miktarda kaplama metali tungsten telden oluşan bir sepet içerisine konulmaktadır. Hazne boşaltıldığında tungsten tel ısıtılarak kaplama metalini buharlaştırma noktasına getirmektedir. Metal düz bir çizgi şeklinde filamentten çıktığı için işlem sırasında örneğin eğimlendirilmesi ve rotasyon yapılması önem taşımaktadır (164).

Kurutma ve kaplama işlemini takiben örnek, örnek tutucu (stub) kısmına yerleştirilmelidir. Örnek tutucu, genelde düz yüzeye sahip ve alüminyumdan oluşan küçük bir kısımdır. Tutuculuğun sağlanması için gümüş boya gibi iletken bir adeziv kullanılabilir. Çoğu metalik ve poroz yapısı olmayan biyolojik örnekler için bu kaplama metodu yeterlidir. Küçük ve poroz yapıdaki örneklerin tutucu kısmına yerleştirilmesinde, bu tez çalışmasında olduğu gibi, alüminyum bant kullanılabilir (164).

2.7.2. ATOMİK KUVVET MİKROSKOBU

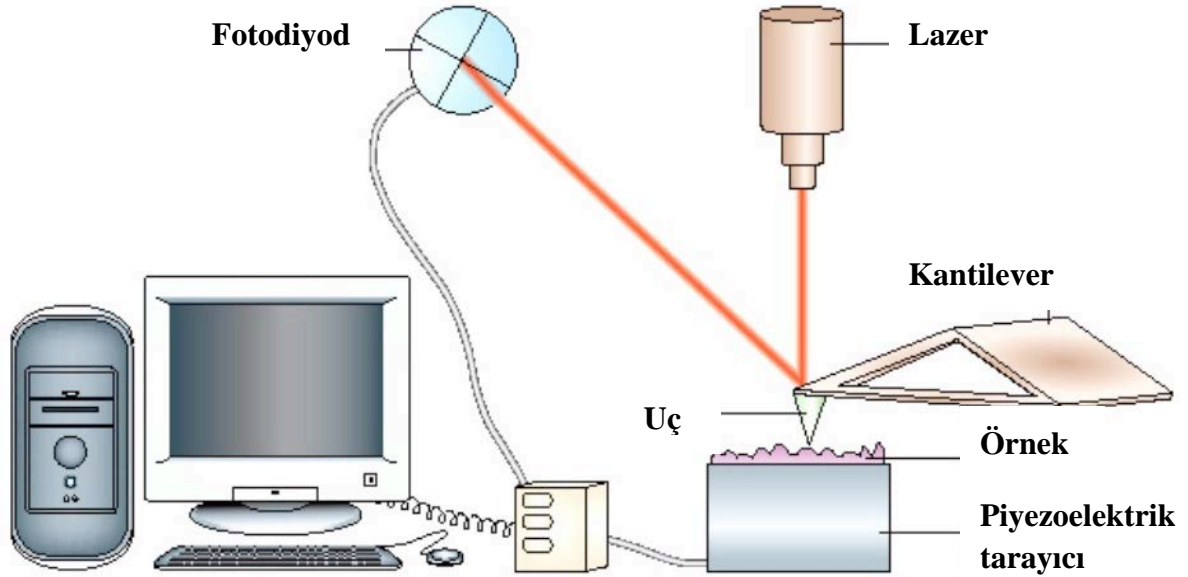
Taramalı Sondalı Mikroskopi (SPM), subatomik düzeyde bir yüzeyin yapısını görüntülemek amacıyla kullanılan deneysel metotlardır. SPM'nin diğer bir çeşidi Atomik Kuvvet Mikroskobu'dur (AFM). 1986 yılında Binnig, Quate ve Gerber tarafından tanıtılan bu mikroskobun Taramalı Tünelleme Mikroskobu (STM) ile Temaslı Stylus Profilometre prensiplerinin birleşimi olarak tanımlanmıştır (169). Araştırmacılar, yaptıkları başarılı STM çalışmaları sonucunda atomlar arasındaki kuvvetlere duyarlı olabilecek bir yay geliştirmişlerdir. Bu yay parçası AFM cihazının olmazsa olmazı olan kantilever kısımdır ve yay sabiti 0.001 ve 100 N/m arasında değişmektedir. Kantilever veya yay, 100 ila 400 mikron (μ) uzunluğunda ve 0,5-5 μ arası kalınlığa sahiptir. Genellikle silikon veya silikon nitritten yapılmaktadır. AFM, örnek yüzeyinde oluşturulan atomik kuvvet alanının haritalama yapması temeline dayanmaktadır (170).

2.7.2.1. ATOMİK KUVVET MİKROSKOBU ÇALIŞMA PRENSİBİ

Biyomateryaller alanında AFM'nin kullanımı son yıllarda artış göstermiştir. Bu mikroskop tipi optik mikroskoplardan farklı olarak ışık yerine bir iğne yardımıyla yüzeyin üç boyutlu olarak taranması yöntemi ile çalışmaktadır. Diğer mikroskoplardan farklı olarak, AFM cihazının sıvı haznesi sayesinde farklı sıvı ortamlarda da inceleme yapmak mümkündür. Sıvıya ek olarak havada ve vakumda çalışabilme özelliğine sahiptir.

İğne ve yüzey atomları arasındaki etkileşim sonucu elde edilen veriler yüzey topografisini Angström seviyesinden 100 μ 'a kadar ölçmekte kullanılır. AFM, yüzey topografisinin yanı sıra örneğin fiziksel, kimyasal ve manyetik özelliklerini, çeşitli biyomateriyallerin yapısını, dinamiğini, manüplasyonunu incelemek ve düz yüzey veya ara yüzeylerin incelenmesi için de kullanılabilir. AFM sayesinde metal , polimer, seramik, biyomolekül veya hücre gibi farklı materyal ve yapıların yüzeylerinden yüksek çözünürlükte görüntü elde etmek mümkün olmuştur (171).

AFM, kantilever ucundaki iğne ucunun örnek yüzeyi üzerinde hareket etmesi ve uç ile yüzey arasında oluşan 10^{-11} – 10^{-6} Newton (N) derecesindeki itme ve çekme kuvvetleri ölçülmektedir (Resim 25). İtme çekme kuvvetleri sayesinde bilgisayar ortamında örnek yüzeyinin topografik görüntüsü elde edilmektedir.

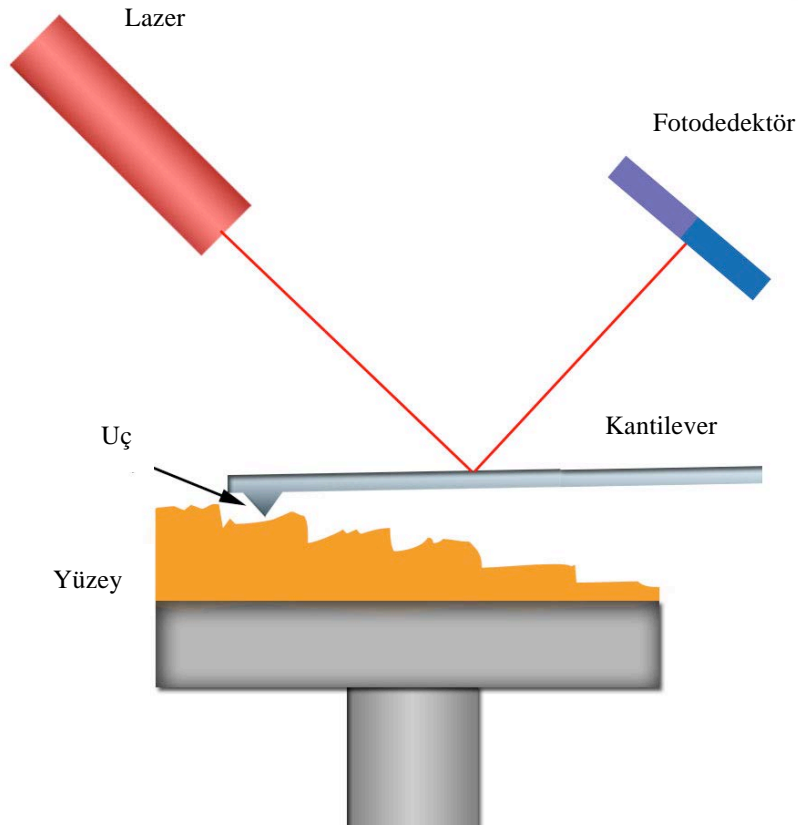


Şekil 11. AFM'yi oluşturan yapıların şematize edilmesi

İletken ve iletken olmayan herhangi bir nesnenin incelenebilmesinin mümkün olması AFM'nin büyük bir avantajıdır. 1981 senesinde Binnig ve Rohrer STM'yi keşfetmiş ve bu keşifleri sonucunda 1986 senesinde Nobel Fizik Ödülü'nü almışlardır. STM'nin çalışması keskin metal bir ucun bir yüzey üzerinde tutulması ve oluşan voltaj sebebiyle yüzey ile uç arasındaki boşlukta az miktarda elektrik akımının oluşması esasına dayanmaktadır. Uçun aşağı ve yukarı doğru hareket ettirilmesi üzerine tünel akımı sabit kalarak yapının yüzey topografisi kaydedilmektedir. Bu yöntemle tek atom düzeyinde yüzey özelliklerini görüntülemek mümkün olsa da yalnızca elektriği ileten nesnelerin taranabilmesi açısından

büyük dezavantajdır. İki mikroskop arasındaki en belirgin farklılık STM'nin uç ve yüzey arasında sabit ve devam eden bir elektrik akımına, AFM'nin ise sabit ve devam eden bir atomik kuvvete ihtiyaç duymasındır. Bu atomik kuvvetler geri besleme sinyali olarak kullanılmaktadır. Elektrik akımına ihtiyaç duymaması herhangi bir nesnenin yüzeyini incelememize olanak sağlamaktadır (169).

Keskin uç örnek yüzeyi üzerinde hareket ettirilerek uç ile örnek arasındaki atomik kuvvetleri denge çubuğunun hareketi sonucunda ölçülmektedir. Lazer kaynağından gelen ışın kantileverden (denge çubuğu) fotodetektöre yansıtılmaktadır. Fotodetektör, lazer kaynağından gelen ışının pozisyonunu belirlemekte ve yaklaşık olarak 0,1 Angström'lük değişimleri ölçebilmektedir. Bu iki fotodiyotun sinyali arasındaki fark ölçülerek denge çubuğunun yer değiştirmesi belirlenebilmektedir. Kantileverin x, y ve z doğrultularındaki hareketi kaydedilir ve bilgisayara aktarılarak örnek topografisi üç boyutlu olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 11). Piezoelektrik tarayıcı, denge çubuğunun örnek yüzeyinde x, y veya z yönünde 0,5-127 μ çözünürlükte hareket edebilmektedir. Tarayıcı aracılığıyla iki veya üç boyutlu yüzey görüntüsü elde etmek mümkündür.



Resim 25. AFM cihazını oluşturan yapılar

AFM, kantilever ucu ve örnek arasındaki teması göre temas modu, temas olmayan mod ve titreşim modu olmak üzere 3 farklı çalışma biçimi bulunmaktadır. Bunları kısaca inceleyecek olursak;

- a) Temas modu (contact mode): Geliştirilen ilk çalışma biçimidir. Bu modda kantileverin ucundaki iğnesi örnek yüzeyine fiziksel olarak çok az miktarda dokunmaktadır. Bu modda örneğe zarar verilebileceğinden ve hatalara yol açabileceğinden çok tercih edilmemektedir.
- b) Temas olmayan mod (non-contact mode): Atomik kuvvetlerden faydalanarak iğne ile örnek yüzeyine dokunmadan topografik görüntünün elde edilmesi modudur. Bu teknik ile örneğin zarar görmemesi sağlanmaktadır. Özellikle biyolojik örneklerde bu mod tercih edilmektedir.
- c) Titreşim modu (tapping mode): Bu modda faz görüntüleme denen bir uygulama bulunmaktadır. Kantileverin faz açısı değiştirilerek örnekten daha detaylı olan faz görüntüsü alınabilmektedir. Bu görüntü, diğer modlar ile elde edilen topografik görüntüden daha ayrıntılıdır. Benzer kimyasal yapı gösteren bölgeler belirlenebilmektedir ancak bu görüntünün kalitesi örneğin yüzey özelliklerine, viskoelastikliğine ve kimyasal yapısına bağlıdır. Bu yöntemin en önemli özelliği örnek yüzeyinin homojenitesini yansıtmasıdır.

AFM cihazı kullanılarak bir nesnenin yüzey özellikleri detaylı bir şekilde incelenebilmektedir ki en çok bu özelliğinden yararlanılmaktadır. Elde edilen üç boyutlu görüntüler sayesinde, yüzey topografisine ek olarak, moleküller arası ilişkiler, sertlik, yansıma, yüzeyin morfoloji özellikleri, yüzey etkileşimleri, elektriksel yük, manyetik, aşınma ve korozyon özellikleri, örneği oluşturan molekül ve elementlerin bileşimi ve miktarları, hidrofilik özellikler ve erime noktası incelenebilmektedir.

Dental çalışmalarda yüzey pürüzlülüğünün *in vitro* koşullarda iki boyutlu olarak değerlendirilmesinde yüzeyin aritmetik ortalama pürüzlülüğüne (Ra değeri, μm cinsinden) veya ortalama pürüzlülük değerinin karesinin kareköküne (RMS veya Rq, μm cinsinden) bakılmaktadır (172, 173). Bu parametrelerin incelenmesi materyal başarısı açısından büyük önem taşımaktadır; yüzey pürüzlülüğünün plak birikimine, yüzey boyanmasına ve tedavi

gören dişin estetik açıdan başarısızlığına yol açabildiği bildirilmiştir (174). İki boyutlu yüzeylerin pürüzlülüğü Ra ve Rq değerleri kullanılarak değerlendirilirken, üç boyutlu yüzeylerin pürüzlülük değerlendirmeleri için yeni parametreler olan ortalama pürüzlülük (Sa, µm cinsinden) ve RMS deviasyonu yani karekök pürüzlülük deviasyonu (Sq, µm cinsinden) değerlerine bakılarak incelenmektedir (175).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. GEREÇ

3.1.1. ÖRNEKLER

İnsan dişlerinin *in vitro* alışmalardaki kullanım zorlukları ve dezavantajları bildirilmiştir (176). Bu tez çalışmasında, insan dişi yerine sığır dişi kullanmak tercih edildi (Resim 26). Temin edilen sığır dişleri, mikroorganizma büyümesini ve dehidratasyonu engellemek amacıyla (177), kullanılana kadar %0,1'lik timol solüsyonunda saklandı (148, 153, 154). Dişler dikkatlice incelenerek çatlak veya hasar görmü olanlar çalışmaya dahil edilmedi. Bu tez çalışmasında incelenecek olan tüm parametreler ve pilot çalışmaları için toplam 200 tane sığır dişi elde edildi. Bu dişlerden 130 tanesi asıl tez çalışmasında 3 gruba ayrılarak asıl tez çalışmasında değerlendirildi.



Resim 26. Bu tez çalışmasında kullanılan sığır dişlerinden bir tanesi

3.1.2. ICON® MATERYALİ

Çalışmada DMG firmasına ait Icon® Caries Infiltrant – Smooth Surface (Resim 27) materyali kullanıldı. İnfiltran, sarı bir sıvı halindedir ve ester kokusuna benzer bir kokuya sahiptir.



Resim 27. Icon® Caries Infiltrant –
Smooth Surface kiti



Resim 28. Caries Infiltrant – Smooth
Surface kitinde bulunan Icon®-Infiltrant
tüpü ve kitin içinde bulunan tek
kullanımlık fırça ucu

Icon® kitinde;

- %15 hidroklorik asit, su ve silikadan oluşan Icon® -Etch
- %99 etanolden meydana gelen Icon® -Dry
- Tetraetilen glikol dimetakrilat ve çeşitli katkı maddelerin oluşturduğu Icon® -

Infiltrant bulunmaktadır (Resim 29 ve Resim 30).



Resim 29. Bu tez çalışmasında kullanılan Icon® Caries Infiltrant – Smooth Surface kiti

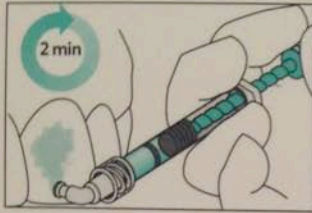


Resim 30. Icon[®] Caries Infiltrant – Smooth Surface kitinde bulunan Icon[®]-Etch, Icon[®]-Dry ve Icon[®]-Infiltrant

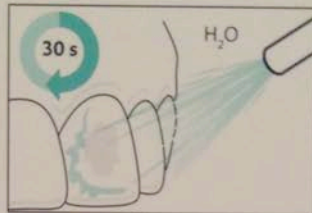
Bu tez çalışmasında sığır dişlerinin vestibüler yüzeylerine Icon® Caries Infiltrant – Smooth Surface uygulandı. Icon® Caries Infiltrant – Proximal materyalinin uygulama yöntemi **Paris ve Meyer-Leuckel (2011)** tarafından bildirilmiş bulunmaktadır (92). Söz konusu olan materyal hassas uygulama gerektiren bir materyaldir. Bu sebeple kit içinde bulunan bilgilendirme kitapçığından yararlanarak materyal uygulaması gerçekleştirildi (Resim 31).

Tedaviye başlamadan önce etkilenen diş ve komşu dişler temizlenmelidir. Hidroklorik asit gibi yakıcı materyaller kullanılacağından rubber dam veya liquid dam yerleştirilmelidir. Kaviteyi bulunmayan başlangıç mine lezyonuna Icon-Etch bol miktarda sıkılır. 2 dakika bekleme sürecini takiben diş en az 30 sn. boyunca yağsız hava ile yıkanıp kurutulmalıdır. Çürük lezyondaki mikropların içinde sıvı veya tükürük kalmasını önlemek adına %99 etanol içeren Icon-Dry uygulanır ve 30 sn. bekletilir. Mikropların içinde sıvı kalması Icon®, un penetrasyonunu olumsuz etkilemektedir. Uygun süre bekledikten sonra yağsız ve susuz hava ile kurutulmalıdır. Bu aşamada önemli olan asitlenmiş lezyonun beyaz-opak renkteki görünümünün kaybolup daha parlak bir görünümün elde edilmesidir. Bu aşamada nihai sonucun nasıl olacağı konusunda bir fikre sahip olmak mümkündür. Eğer beyaz-opak rengin kaybolmadığı görülürse asitleme aşaması bir, gerekli ise iki defa her asitleme aşaması 2 dk. olacak şekilde uygulanabilmektedir. Yüzeyde tükürük veya nem sebebi ile kontaminasyon meydana gelirse asit 10 sn. uygulanıp Icon-Dry aşaması tekrar edilmelidir. Icon-Infiltrant uygularken reflektör ışığını kısmak önem taşımaktadır. Aksi takdirde materyalin erken polimerize olması söz konusu olabilmektedir. Icon-Infiltrant şırıngasına temiz bir uç takıldıktan sonra lezyon alanına bolca uygulanır ve 3 dk. boyunca maksimum penetrasyon sağlamak adına beklenir. Bekleme süreci sonrasında fazla materyal bir pamuk rulo veya diş ipi yardımı ile alınır ve 40 sn. boyunca polimerize edilir. Kullanılan polimerizasyon cihazı da büyük önem taşımaktadır. Materyal kitapçığında önerilen ışık cihazları 450 nm dalga boyuna ve en az 800 mW/cm² ışık şiddetine sahip olmalıdır. Materyal polimerize edilirken ışık cihazı uygulama yüzeyine olabildiğince yakın tutulmalıdır. Icon-Infiltrant şırıngasına yeni ve temiz bir uç takılarak infiltrasyon aşaması aynı şekilde tekrar edilir. Polimerizasyonu takiben rubber dam çıkarılır ve cila lastiği ile yüzey pürüzsüz hale getirilir. Bu tez çalışması *in vitro* koşullarda gerçekleştirildiğinden rubber dam ve liquid dam gibi klinik izolasyon uygulamaları yapılmadı.

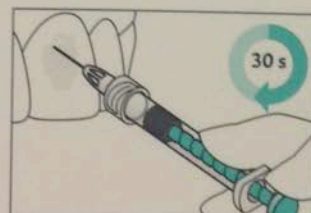
Kurzanleitung zur Anwendung von Icon | Quick guide for the application of Icon



1. Zahn reinigen. Kofferdam legen.
Clean tooth. Apply rubber dam.
2. Icon-Etch auftragen. 2 min einwirken lassen.
Apply Icon-Etch. Let sit for 2 min.

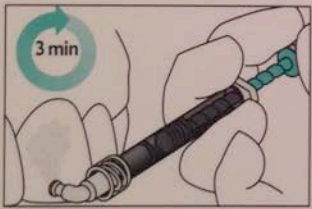


3. 30 s mit Wasser spülen. Mit öl- und wasserfreier Luft trocknen.
Rinse off with water for 30 s. Dry with oil- and water-free air.

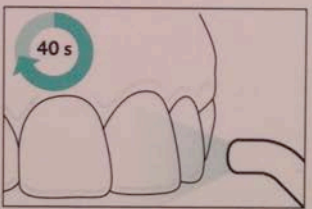


4. Icon-Dry auftragen. 30 s einwirken lassen, dabei Sichtprüfung*. Mit öl- und wasserfreier Luft trocknen.
Apply Icon-Dry. Let sit for 30 s and thereby carry out visual inspection*. Dry with oil- and water-free air.

* Sichtprüfung in Schritt 4! Beim Befeuchten mit Icon-Dry muss sich die weißlich opake Läsionsfärbung deutlich verringern, andernfalls Schritt 2 – 4 wiederholen (max. zweimal).
Carry out visual inspection within step 4! The whitish opaque lesion discolorations must diminish significantly when applying Icon-Dry, otherwise repeat step 2 – 4 (up to two times).



5. OP-Licht ausschalten. Icon-Infiltrant applizieren. 3 min einwirken lassen, währenddessen nachdosieren.
Switch off operatory light. Apply Icon-Infiltrant. Let sit for 3 mins. Maintain wet lesion surface with occasional twist of syringe.



6. Überschüsse verblasen und mit Zahnseide entfernen. 40 s lichthärten.
Disperse with air, and floss. Light-cure for 40 s.



7. Applikator-Tip wechseln. Icon-Infiltrant applizieren. 1 min einwirken lassen. Überschüsse entfernen. 40 s lichthärten. Polieren.
Replace applicator tip. Apply Icon-Infiltrant. Let sit for 1 min. Remove excess and floss. Light-cure for 40 s. Polish.



Gebrauchsinformation beachten. | Consult instructions for use.

Resim 31. Üretici firmanın uygulama talimatları

3.2. YÖNTEM

3.2.1. GRUPLARIN OLUŞTURULMASI

Bu çalışmada parametrelere göre gruplar oluşturuldu. 200 tane diş, rastgele bir şekilde seçilerek dahil edilecekleri grubun inceleme yöntemine göre hazırlandılar. Temin edilen sıgır dişleri dikkatlice incelendi ve mine yüzeyinde çatlak bulunan veya kırık olan dişler çalışmaya dahil edilmedi. SEM grubunda 10, mikrosertlik grubunda 60 ve AFM grubunda 60 tane mine örneği kullanıldı.

3.2.2. ICON® UYGULAMASI

Yüzeyinde beyaz lezyon oluşturulan mine örnekleri Icon® uygulaması için hazırlandı. Örnekler yağsız hava ve su spreyi ile kurutulduktan sonra mine yüzeyine %15'lik hidroklorik asit jel (Icon etch™) uygulanıp 2 dk. bekletildi. Asit jel ara ara mikrofırça ile karıştırıldı (122). Örnekler basınçlı hava su spreyi ile 30 saniye boyunca yıkandı ve ardından kurutuldu. Lezyon yüzeyine %99 etanol (Icon-Dry™) 30 sn. uygulandı ve hava ile kurutuldu. Düşük viskoziteli rezin (Icon-Infiltrant™) firmanın önerisi doğrultusunda lezyon yüzeyinde 3 dk. boyunca bekletilerek rezinin penetre olmasına izin verildi. Fazla materyal bir pamuk rulo yardımı ile temizlendikten sonra 40 sn. polimerize edildi (Optilux 501, Demetron/Kerr Corp., Danbury, Connecticut, USA) (Resim 32). Polimerizasyonu takiben rezin infiltran firmanın önerileri doğrultusunda tekrar uygulandı, 1 dk. boyunca mine porözitelerini penetre etmesi için bekletildi, materyal fazlalıkları temiz bir pamuk rulo ile alındı ve ardından 40 sn. boyunca polimerize edildi. Polimerizasyonu takiben uygulama yüzeyi sarı cila kupası ile cilalandı. Tüm bu işlemler firma önerileri doğrultusunda gerçekleştirildi.



Resim 32. Çalışmada kullanılan polimerizasyon cihazı

3.2.3. MİKROSERTLİK ÖLÇÜMLERİ

3.2.3.1. ÖRNEKLERİN MİKROSERTLİK ÖLÇÜMÜ İÇİN HAZIRLANMASI

Bu tez çalışmasının mikrosertlik ölçümleri Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nin Sert Doku Laboratuvar'ında gerçekleştirildi. Mikrosertlik ölçümleri için dişler rastgele seçildi ve bir ISOMET (Buehler, Lake Bluff, Illinois, USA) (Resim 33) su soğutmalı mikrotom cihazı ve cihazın çift taraflı kesen elmas ince bıçağı kullanılarak mesio-distal yönde ikiye ayrıldı ve mine örnekleri elde edildi. Elde edilen örnekler, mine dokusu yüzeyde kalacak şekilde soğuk pembe akrilik (Imicryl, Konya, Türkiye) ile metal kalıplar içerisine gömülerek (Resim 34) cilalandı (Resim 35 ve Resim 36). Elde edilen 60 tane mine örneği sağlam mine veya kontrol grubu (n=20), demineralizasyon grubu (n=20) ve Icon® grubu (n=20) olmak üzere rastgele 3 gruba ayrıldı (Resim 36).



Resim 33. ISOMET cihazı ile sığır dişlerinin kesilmesi



Resim 34. Kesilen ve metal kalıplar içersine gömülecek olan örnekler



Resim 35. Cilalama aygıtı



Resim 36. Cilalanan ve mikrosertlik ölçümü için hazırlanan rastgele gruplara ayrılacak olan tüm örnekler



Resim 37. Hiç bir uygulamanın yapılmadığı kontrol grubu



Resim 38. Kontrol grubuna ait ve mikrosertlik değeri ölçülecek olan bir mine örneği

Demineralizasyon ve Icon® gruplarındaki dişlerde yapay beyaz lezyon oluşturmak amacıyla mine yüzeylerine 4x4 milimetre (mm) boyutunda pencere elde etmemize yarayan yapıştırma uygulandı ve 2 kat şeffaf oje sürüldü (Resim 39). Oje kuruduktan sonra yapıştırmalar bir bistüri yardımıyla dikkatlice uzaklaştırıldı ve örnekler yapılan pilot çalışmasına uygun olarak 2 saat boyunca bahsedilen demineralizasyon solüsyonunda bekletildi.

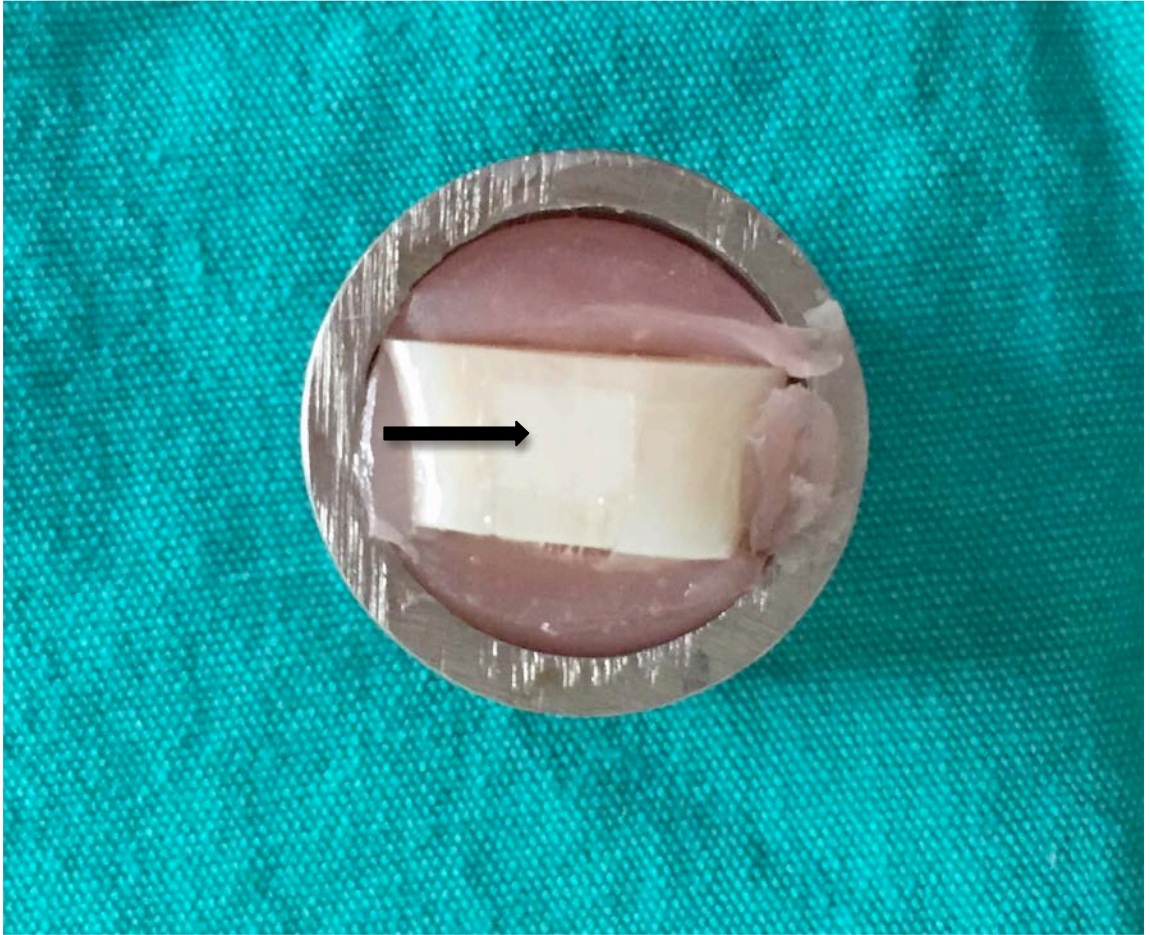


Resim 39. Rastgele 3 gruba ayrılan örnekler. Üstten birinci sıra hiç bir uygulamanın yapılmadığı kontrol (1), ikinci sıra demineralizasyon (2) ve üçüncü sıra Icon® grubu (3). Ok, demineralizasyon ve Icon® gruplarına uygulanan yapıştırmayı göstermektedir.

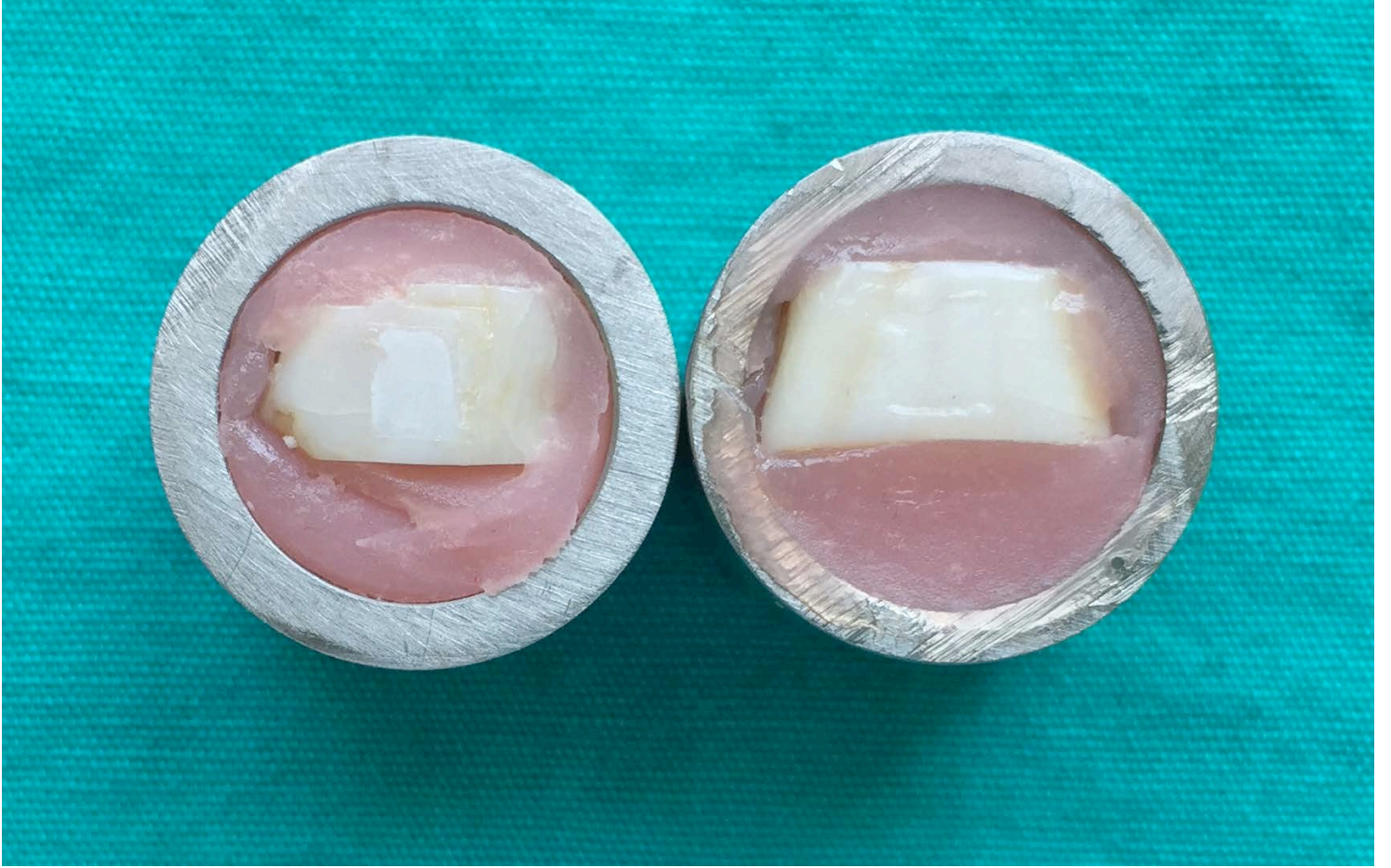
Örnek üzerinde kalan solüsyonun temizlenmesi amacıyla demineralizasyon solüsyonundan çıkarılan örnekler deiyonize su ile iyice yıkandı ve kurutuldu (Resim 40 ve Resim 41). Icon® grubu örneklerinde demineralizasyon pencereleri ile sınırlı beyaz lezyonlar oluşturulduktan sonra üretici firmanın talimatlarına göre Icon® uygulaması yapıldı (Resim 42).



Resim 40. Demineralize edilen ve beyaz lezyon oluşturulan örnekler. Üstten birinci sıradaki örnekler demineralizasyon (1), ikinci sıradaki örnekler ise Icon® grubu (2)



Resim 41. Siyah ok, 4x4 mm'lik demineralizasyon penceresi ile sınırlı olan beyaz lezyonu göstermektedir



Resim 42. Beyaz lezyon (sol) ve Icon[®] tarafından infiltre edilen lezyon (sağ)

60 tane örneğin mikrosertlik değeri analizi bir Vickers ucu bulunan Buehler® Micromet 5114 (Buehler, Lake Bluff, Illinois, USA) cihazı ile belirlendi (Resim 43). Ölçümler 15 saniye boyunca 100 gram (gr.) kuvvet uygulaması ile yapıldı. Her örnek üzerinde 4 farklı nokta ölçülerek her noktadan bir Vickers Sertlik Numarası (VSN) yani yüzey mikrosertlik değeri elde edildi ve kaydedildi.

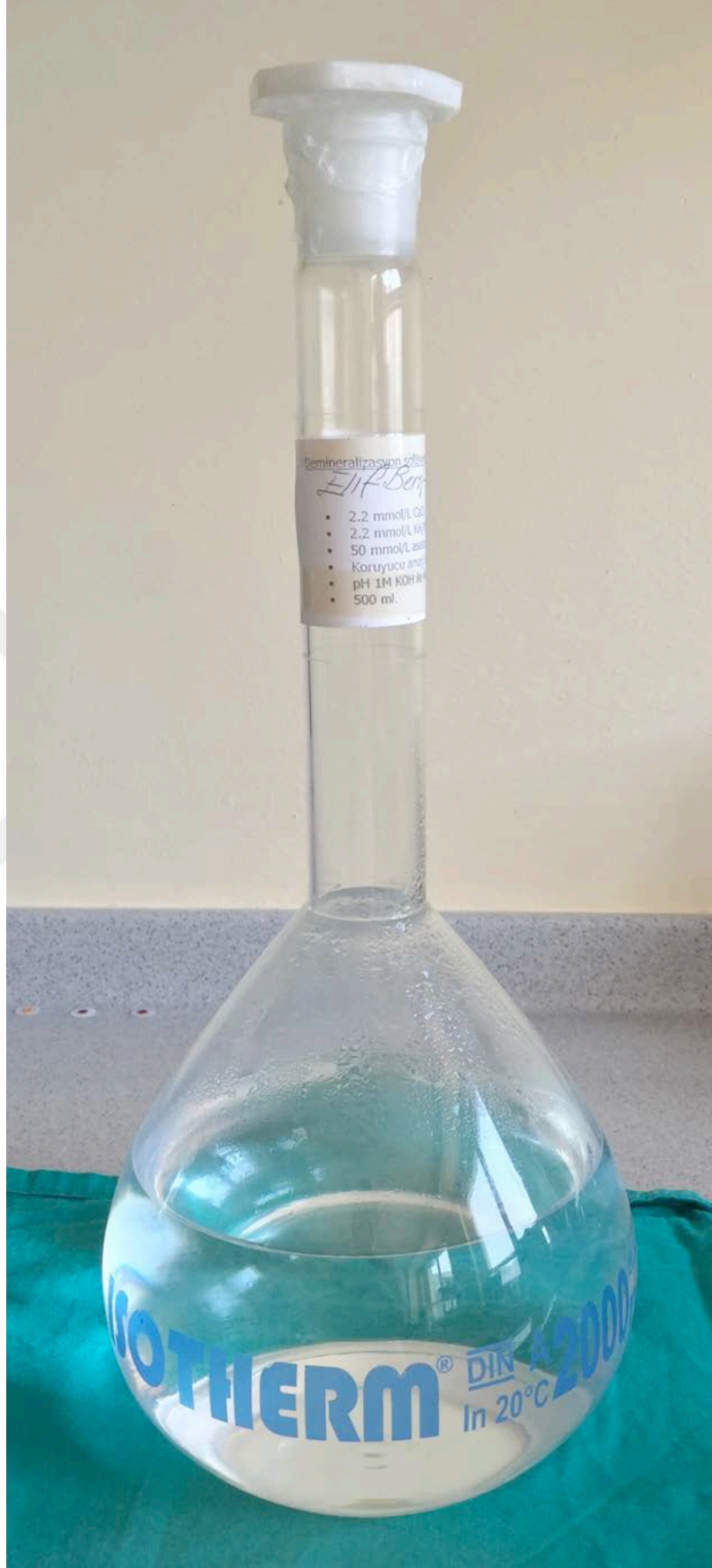


Resim 43. Mikrosertlik ölçme cihazı

3.2.4. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU ÖLÇÜMLERİ

3.2.4.1. DEMİNERALİZASYON SOLÜSYONU VE PİLOT ÇALIŞMASI

Bu tez çalışmasında beyaz lezyon oluşturmak için mine yüzeyinde 4x10 mm boyutunda pencere oluşturuldu ve demineralizasyon solüsyonun içerisinde 2 saat boyunca bekletildi (Resim 44). Asıl çalışmaya başlamadan önce uygun demineralizasyon süresi bir pilot çalışması ile saptandı. ISOMET cihazı yardımıyla bukko-lingual yönde kesilen dişlerden elde edilen mine örnekleri (n=4), mine dokusu yüzeyden hafifçe yukarıda kalacak şekilde şeffaf soğuk akriliğe (SampleKwick Liquid Fast Cure Acrylic, Buehler, Lake Bluff, Illinois, USA) gömüldü. Hazırlanan örnekler sırasıyla 600, 1200, 2500 grenli silikon karbid zımparalar ile su soğutması altında cilalandı (Phoenix Beta Grinder/Polisher, Buehler, Lake Bluff, Illinois, USA). Mine yüzeyine 4x4 mm boyutunda yapıştırma uygulandı ve üzeri renksiz bir oje (Rock Solid, Essie, Astoria, New York, USA) ile kaplandı (Resim 45). İki kat oje dikkatlice uygulandıktan sonra yapıştırıcılar bir bistüri ucu yardımıyla uzaklaştırıldı. 2,2 mmol/L CaCl₂, 2,2 mmol/L KH₂PO₄, 50 mmol/L asetat-asetik asit, koruyucu amaçlı %0,01 NaN₃ ve pH'ı ayarlamak amaçlı 1M KOH içeren ve pH'ı 4 olan demineralizasyon solüsyonu içine daldırıldı (178) (Resim 46). Demineralizasyon süreleri 30, 60, 90 ve 120 dk. olarak belirlendi ve sürelerin sonunda mine örneklerin yüzeyinde oluşan beyaz lezyonlar SEM'de incelendi (Resim 47, Resim 48, Resim 49, 50). 30 dk. boyunca demineralize edilen örnekte çok az miktarda yıkım görülürken (Resim 47) 60 dk. boyunca solüsyonda bekletilen örnekte prizmaların çözülmeye başladığı fakat yetersiz miktarda demineralizasyon olduğu görüldü (Resim 48). 120 dk. bekletilen örnekte ise prizmalarda yıkım meydana geldiği ve tipik bal peteği görünümü gözlemlendi (Resim 49). Bu pilot çalışmasının sonunda demineralizasyon solüsyonunda 120 dk. bekletilen örneklerin Icon[®] uygulaması için yeterli derecede demineralizasyon gösterdiği saptandı (Resim 50).



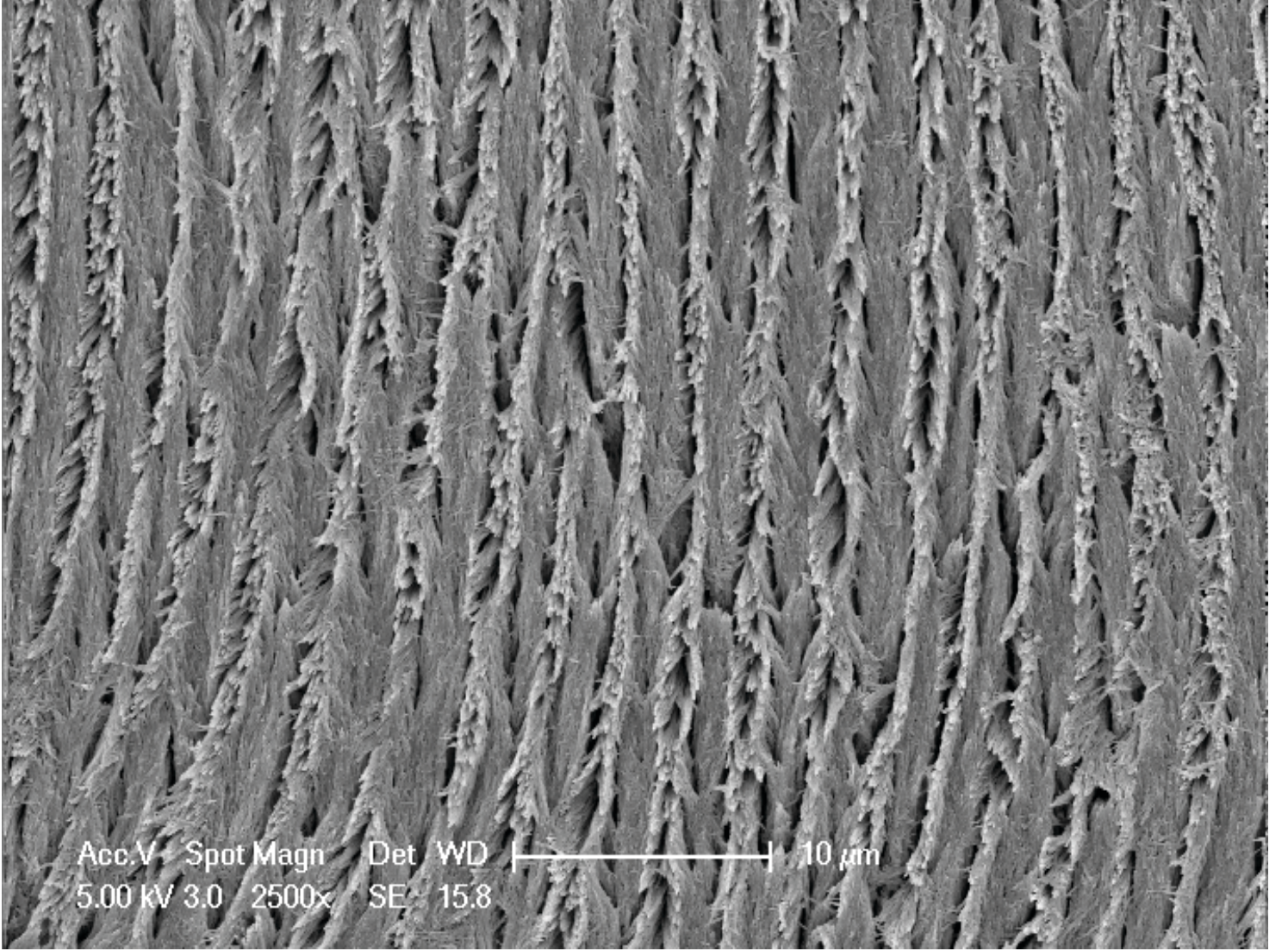
Resim 44. Örneklerin demineralizasyonunda kullanılan demineralizasyon solüsyonu



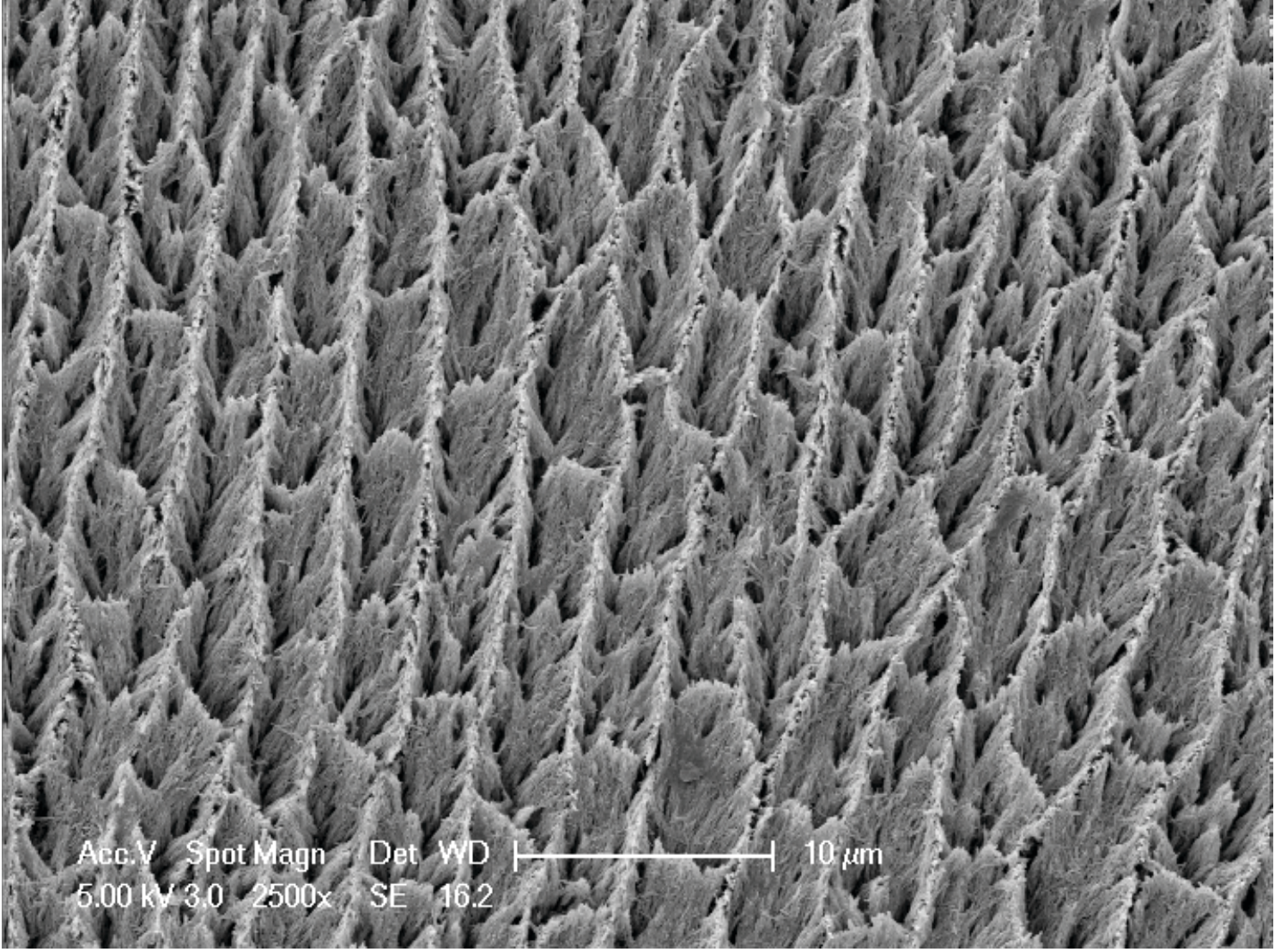
Resim 45. Akriğe gömülen ve yüzeyine 4x4 mm boyutunda yapıştırma uygulanan mine örnekleri



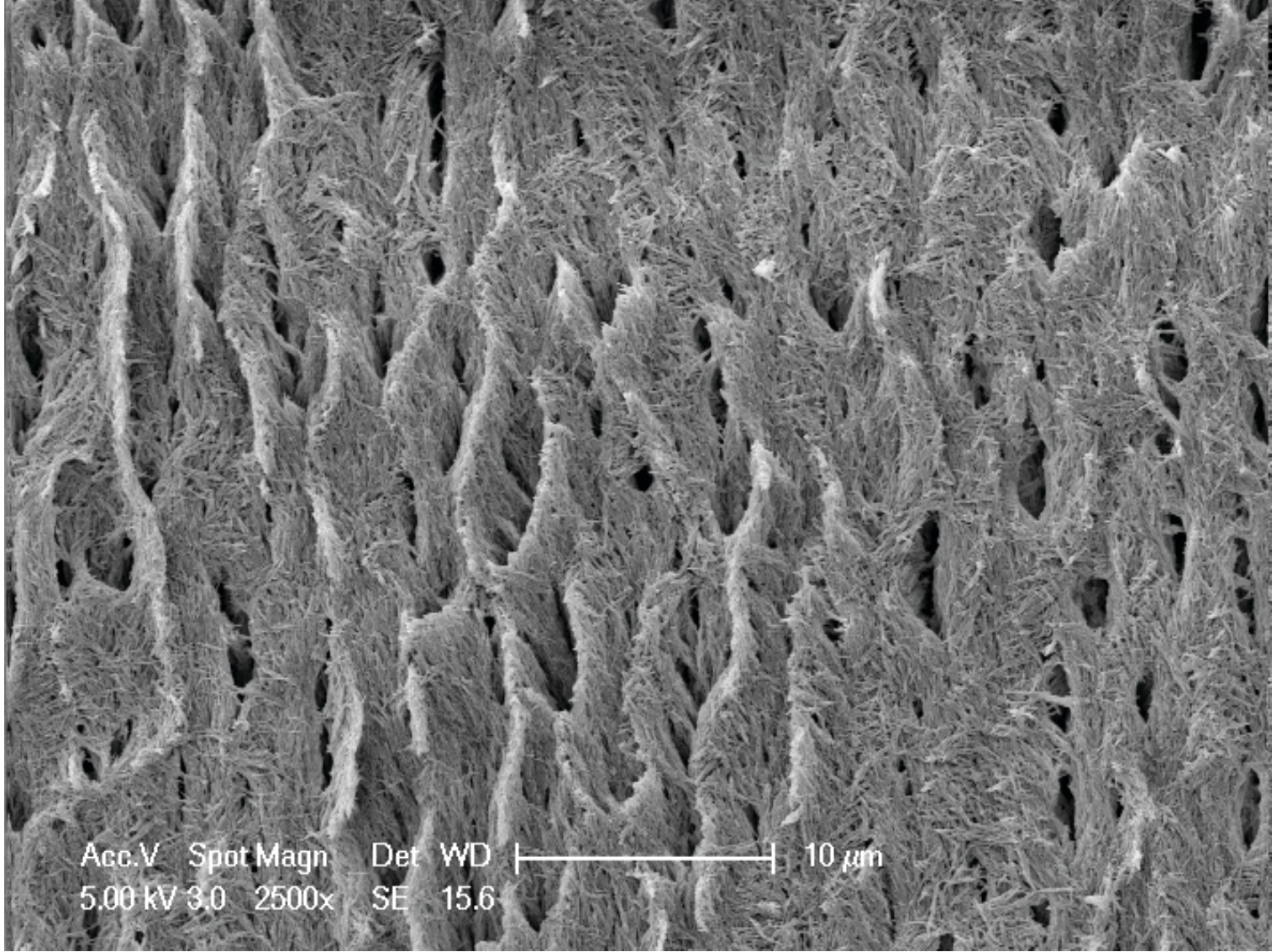
Resim 46. Belirli süreler boyunca demineralizasyon solüsyonunda bekletilecek olan örnekler



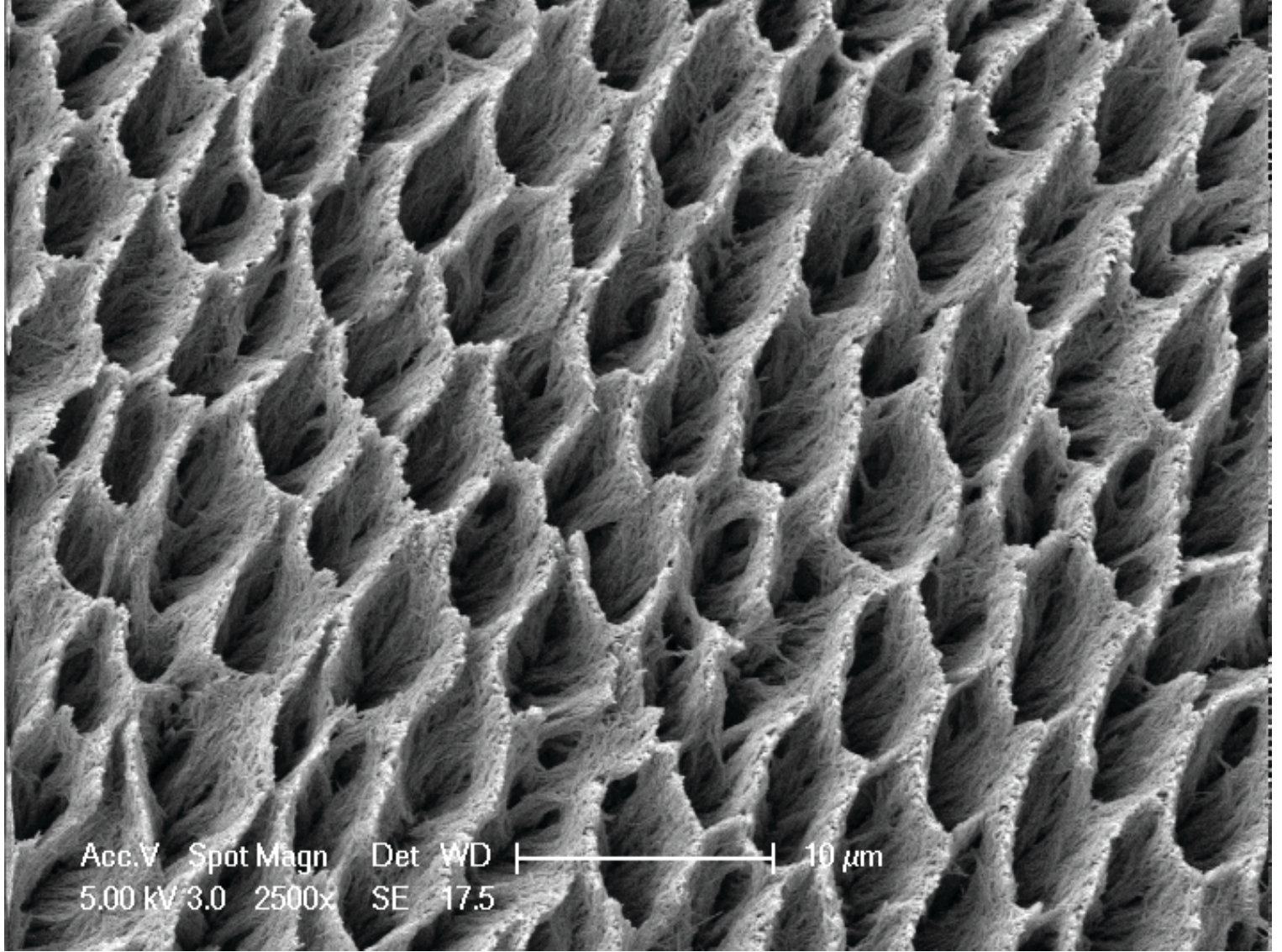
Resim 47. Demineralizasyon solüsyonunda 30 dk. bekletilmiş mine örneğinin SEM görüntüsü



Resim 48. Demineralizasyon solüsyonunda 60 dk. bekletilen mine örneğinin SEM görüntüsü



Resim 49. Demineralizasyon solüsyonunda 90 dk. bekletilen mine örneğinin SEM görüntüsü



Resim 50. Demineralizasyon solüsyonunda 120 dk. bekletilen mine örneğinin SEM görüntüsü

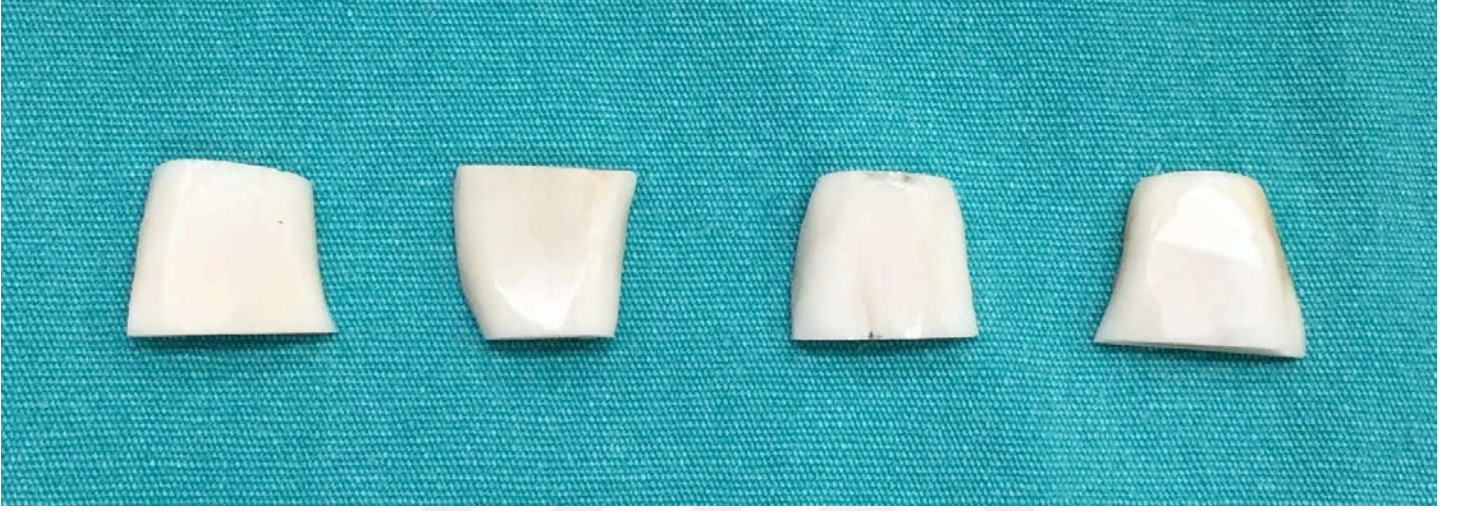
3.2.4.2. ÖRNEKLERİN TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU ÖLÇÜMÜ İÇİN HAZIRLANMASI

SEM incelemesi için örnek hazırlarken dikkat edilmesi gereken bazı önemli noktalar vardır. Örnek hazırlığının temeli, örneğe mümkün olduğu kadar az preperasyonun yapıp az işlem ile uygun boyuta getirilmesi, vakumda stabil kalması, elektriği iletmesi ve doğal haline yakın olmasının sağlanmasıdır. Metal örneklerin çoğu bu şartlara göre rahatlıkla hazırlanabilmektedir. Seramik, plastik ve mineral kaynaklı örneklerin daha önce bahsedildiği gibi iletken bir metal ile kaplanması yeterlidir, ancak biyolojik örneklerin (diş dokuları, yaprak, böcek vb.) bir çok işlemde geçmesi şarttır (164).

Bu tez çalışmasında SEM'e yönelik örnek hazırlarken Icon[®]'un incelenmiş olduğu ve SEM kullanan çalışmaların yöntemine başvurulmuştur (112, 138, 142, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185). Dişler rastgele seçildi ve bir ISOMET su soğutmalı mikrotom cihazı ve cihazın çift taraflı kesen elmas ince bıçağı kullanılarak dişler mesio-distal yönde ikiye ayrıldı (Resim 51) ve 10 tane mine örneği elde edildi. Örnekler sırasıyla 600, 1200, 2500 grenli silikon karbid zımparalar ile su soğutması altında cilalandı (Phoenix Beta Grinder/Polisher, Buehler, Lake Bluff, Illinois, USA) (Resim 52) ve mine yüzeyine 4x10 mm boyutunda yapıştırma uygulandı (Resim 53). Standart demineralizasyon pencereleri dışındaki bölgelerde demineralizasyonun meydana gelmemesi amacıyla örneklerin tüm yüzeylerine iki kat şeffaf oje uygulandı (Rock Solid, Essie, Astoria, New York, USA).



Resim 51. ISOMET ile kesilen sığır dişleri



Resim 52. Cilananan mine örnekleri

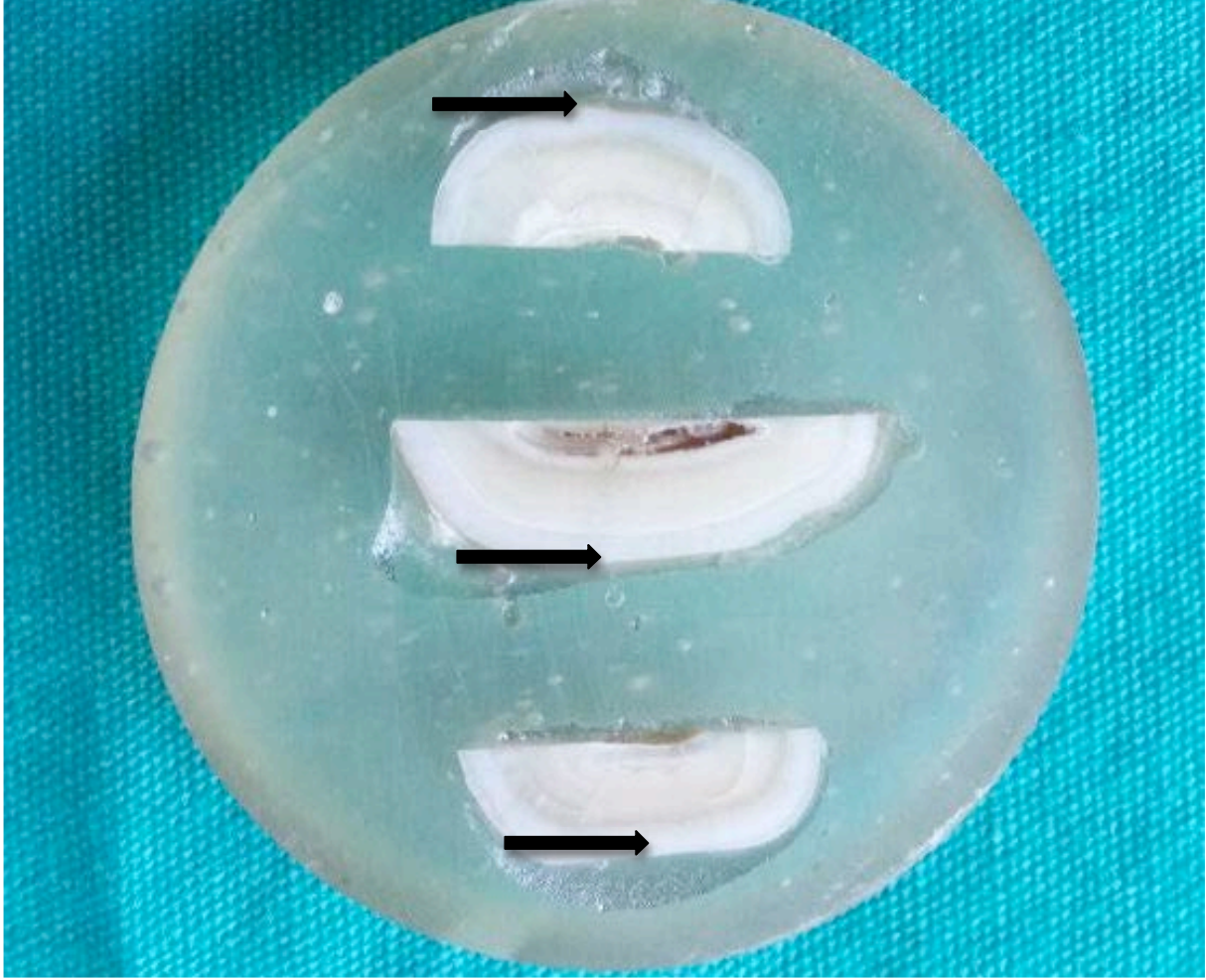


Resim 53. Cilalanan ve üzerine 4x10 boyutunda yapıştırma uygulanan mine örnekleri

Oje kuruduktan sonra yapıştırıcılar bir bistüri ucu yardımıyla uzaklaştırıldı ve örnekler demineralizasyon solüsyonunda 2 saat bekletildi. Daha sonra, yüzeyde beyaz lezyon oluşumu görülen örnekler deiyonize su ile yıkandı, kurutuldu ve Icon® materyali kullanım talimatlarına göre uygulandı. Materyalin penetrasyon derinliğini görüntüleyebilmek amacıyla dişler, ISOMET su soğutmalı mikrotom cihazı ve cihazın çift taraflı kesen elmas ince bıçağı kullanılarak mesio-distal yönde ikiye ayrıldı. Böylelikle Icon® uygulanan her mine örneğinden ikişer tane çapraz kesit gösteren örnek elde edilmiş oldu. Şeffaf ortodontik akrilik rezine (Imicryl, Konya, Türkiye) gömülen örnekler 1200 ve 2500 grenli silikon karbid zımparalar ile su soğutması altında cilalandı (Resim 54 ve Resim 55). Sonrasında örnekler 1 µ'luk elmas süspansiyon (Buehler, Lake Bluff, Illinois, USA) ile parlatıldı ve SEM'de incelendi.



Resim 54. Cilalanan çapraz kesit örnekleri



Resim 55. Cilalanan SEM örnekleri.

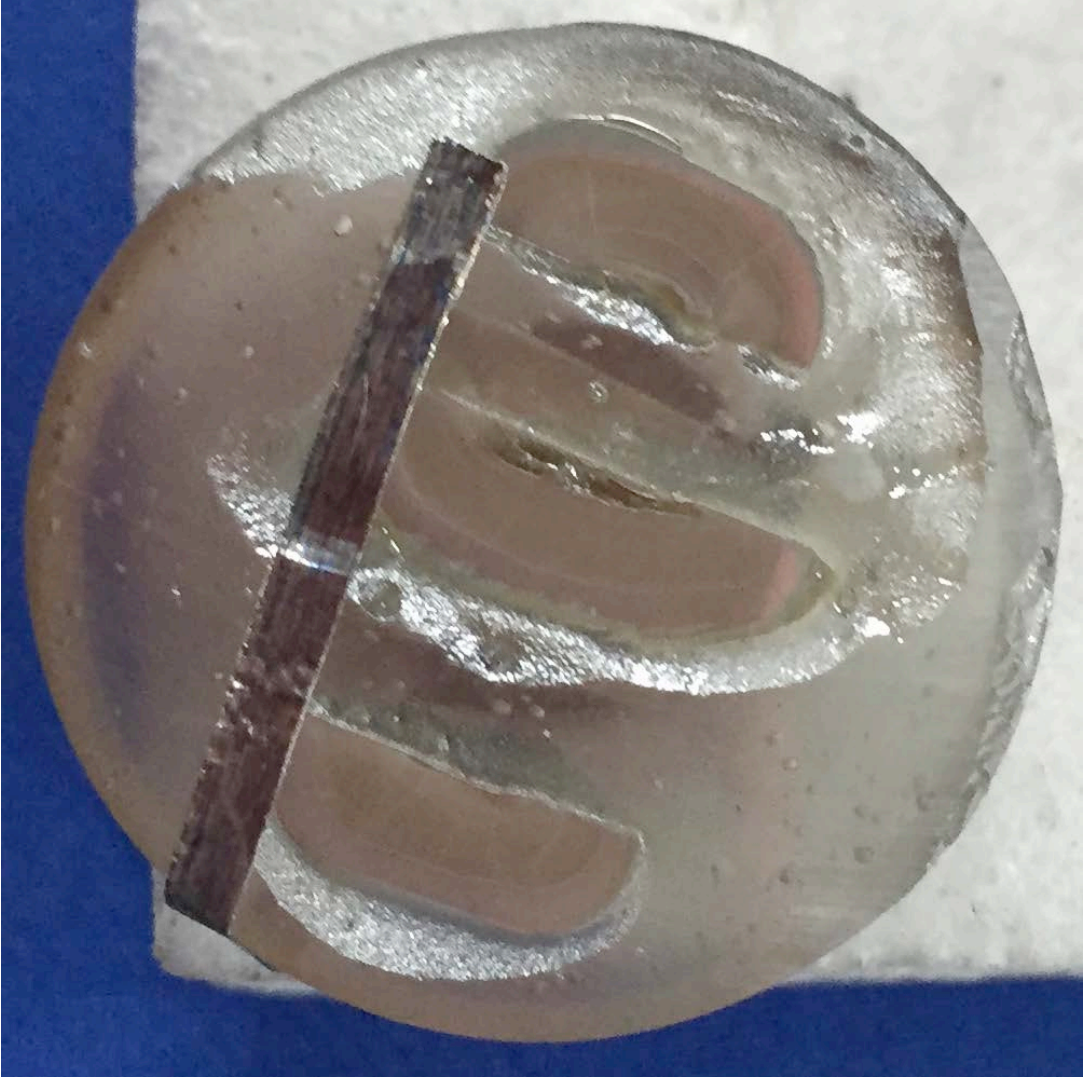
Ok: Materyalin uygulandığı mine yüzeyi

3.2.4.3. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU GÖRÜNTÜLERİNİN ALINMASI

Materyal penetrasyonu incelemesi Boğaziçi Üniversitesi Ar-Ge Merkezi'nde bulunan SEM cihazında (XL30 ESEM-FEG / EDAX, Philips, Amsterdam, Netherlands) gerçekleştirildi. Örnekler örnek tutucusuna yerleştirilerek kaplama için hazırlandılar. Örneklerin iletken hale gelmesi amacıyla örnekler kaplama cihazında (Polaron SC 7640 Sputter Coater, Quorum Technologies Ltd., UK) platin ile kaplandı (Resim 56 ve Resim 57).



Resim 56. Kaplama cihazı



Resim 57. Platin ile kaplanan Icon[®] uygulamalı enine kesit örnekler

Platin ile kaplanan örnekler SEM cihazına yerleştirildi (Resim 58 ve Resim 59). Ardından, örneğin içerisindeki hava ve suyun yok edilmesi amacıyla vakumlama işlemine başlandı. Ortamın basıncı 10^{-4} Torr'a düştükten sonra görüntüleme işlemine geçildi. Standardizasyonun sağlanması amacıyla görüntüler genel olarak 2000 ve 5000x büyütmelerde alındı.



Resim 58. ESEM cihazı



Resim 59. Platin ile kaplanan örneğin SEM cihazına yerleştirilmesi

3.2.5. ATOMİK KUVVET MİKROSKOBU ÖLÇÜMLERİ

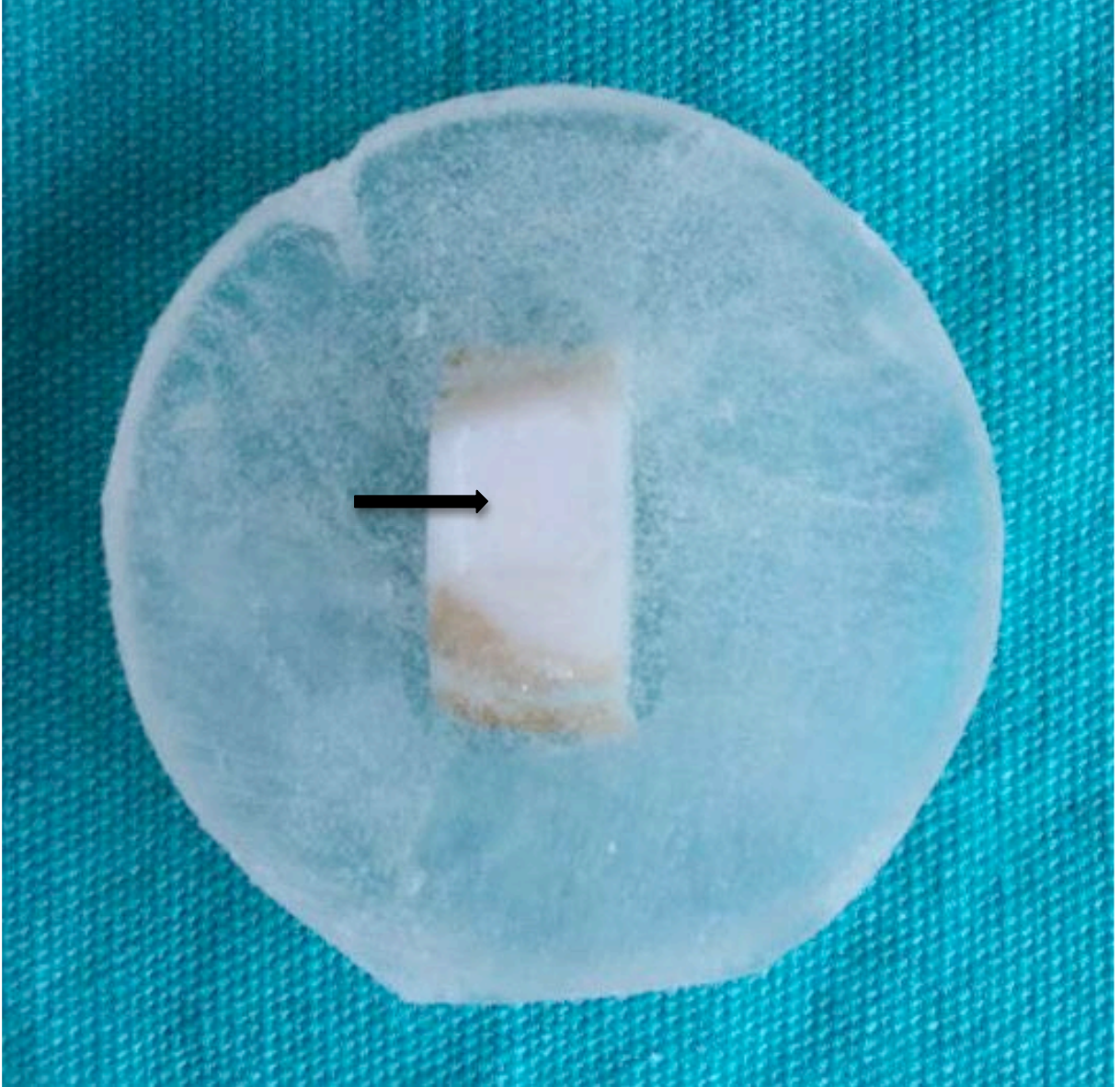
3.2.5.1. ÖRNEKLERİN ATOMİK KUVVET MİKROSKOBU ÖLÇÜMÜ İÇİN HAZIRLANMASI

AFM ölçümü yaparken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta inceleme yapılacak olan yüzeyin son derece iyi parlatılması veya cilalanmasıdır. Ölçümden sorumlu olan kantilever ucu çok hassas ve kırılabilir bir yapıdır. Bu sebeple örnek yüzeyinde bulunan büyük pürüzler ucun kırılmasına yol açabilir.

AFM parametresi grubuna dahil edilen sığır dişleri bir ISOMET su soğutmalı mikrotom cihazı yardımıyla mesio-distal yönde ikiye ayrıldı ve 60 tane mine örneği elde edildi. Elde edilen örnekler şeffaf ortodontik akrilik rezine (Imicryl, Konya, Türkiye) gömüldü ve sırasıyla 600, 1200, 2500 grenli silikon karbid zımparalar ile su soğutması altında cilalandı. Mümkün olduğunca pürüzsüz bir yüzey elde etmek amacıyla örnekler 1 µ'luk elmas süspansiyon ile parlatıldı. Kontrol grubuna ait örneklerde (n=30) cila dışında hiç bir uygulama gerçekleştirilmedi (Resim 60). Icon® grubuna ait örneklerin (n=30) cilalı mine yüzeyine 4x10 mm boyutunda yapıştırıcılar yapıştırıldı ve demineralizasyonun meydana gelebileceği tırnak cilası ile sınırlanmış bir pencere oluşturuldu. İki saat demineralizasyon solüsyonunda bekletilen örnekler deiyonize su ile iyice yıkandı, kurutuldu ve ardından Icon® uygulaması gerçekleştirildi. Materyalin uygulamasını takiben, olası pürüzlülükleri yok etmek adına, uygulama yüzeyi sarı cila kupası (Identoflex, Kerr, Bioggio, Switzerland) ile iyice cilalandı (Resim 61).



Resim 60. AFM ile incelenecek olan kontrol grubuna ait bir örneğin görüntüsü



Resim 61. Icon[®] uygulanan ve AFM’de incelenecek bir örnek

Ok: Materyal uygulama alanı

3.2.5.2. ATOMİK KUVVET MİKROSKOBU GÖRÜNTÜLERİNİN ALINMASI

AFM ölçümleri sonucu elde edilen Root Mean Square (RMS, Rq) veya geometrik ortalama değeri, yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde önemli bir parametredir. Tarama alanı çıplak gözle bakıldığında küçük bir alan gibi görünse de AFM cihazında nano-düzeyde bakıldığında oldukça geniş bir alan karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple RMS değerinin (Rq veya Sq) bir bütün olarak örneği daha iyi temsil ettiği düşünülmektedir (186). Ancak, daha önce de bahsedildiği gibi, RMS yani Rq (ortalama pürüzlülük karelerinin karekökü) ve Ra (ortalama pürüzlülük) değerleri iki boyutlu yüzeyler için daha uygundur. AFM görüntüleri, üç boyutlu olarak yüzeyi yansıtmaktadır. Bu sebeple taranan yüzey ile ilgili elde edilen rakamsal değerler RMS yani Sq (ortalama pürüzlülük karelerinin karekökü) ve Sa (ortalama pürüzlülük) şeklindedir.

Yüzey pürüzlülüğü incelemesi Boğaziçi Üniversitesi Ar-Ge Merkezi'nde bulunan Silisyum (Si) uçlu AFM cihazı (Quesant Instrument Corp., Agoura Hills, CA, USA) (Resim 44 ve Resim 45) ile yapıldı. Örnekten elde edilen AFM görüntüleri ve pürüzlülük ölçümleri tapping modunda elde edildi ve örnekte saptanan pürüzlü noktalar yükseklik veya küçük grenler şeklinde görüntülere yansıtıldı. Tapping modu en sık kullanılan görüntüleme tekniği olmakla birlikte yüzey morfolojisini 3 boyutlu olarak görmemize olanak sağlamaktadır.



Resim 62. AFM cihazı ile görüntülemenin sağlandığı bilgisayar monitörü



Resim 63. AFM cihazı

3.2.6. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışmasında istatistiksel analizler NCSS 2007 Statistical Software (Number Cruncher Statistical System, Utah, USA) paket programı ile yapıldı. Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistiksel metotların (ortalama, standart sapma) yanı sıra çoklu gruplar arası karşılaştırmalarda tek yönlü varyans analizi, alt grup karşılaştırmalarında Tukey çoklu karşılaştırma testi, ikili grupların karşılaştırmasında bağımsız t testi ve normal dağılım göstermeyen değişkenlerin karşılaştırılmasında Mann Whitney-U testi kullanıldı. Sonuçlar $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde, %95'lik güven aralığında değerlendirildi.

4. BULGULAR

Mikrosertlik testleri için sığır dişlerinden elde edilen 60 tane mine örneği kontrol, demineralizasyon ve Icon® grubu olmak üzere 3 gruba ayrıldı. Kontrol grubuna hiç bir uygulama yapılmazken demineralizasyon ve Icon® grupları, beyaz lezyon oluşturmak adına, 2 saat boyunca demineralizasyon solüsyonunda bekletildi. Bu aşamadan sonra demineralizasyon grubunda hiç bir uygulama gerçekleşmedi ve Icon® materyali Icon® grubuna uygulandı. Örnekler üzerine 4 farklı noktadan ölçülen mikrosertlik (VSN) değerleri kaydedilerek 3 grup kendi aralarında karşılaştırıldı.

SEM incelemesinde Icon® materyali uygulanan 10 tane mine örneği incelenerek penetrasyon ve kalitesi açısından değerlendirildi.

AFM incelemesinde ise 30'ar tane mine örneğinden oluşan kontrol grubu ve Icon® grupları incelendi. Elde edilen görüntülerin yüzey pürüzlülüğü ve yüzey kalitesi sayısal (Sa ve Sq değerleri) ve görüntüsel olarak değerlendirildi.

4.1. MİKROSERTLİK ÖLÇÜMLERİ BULGULARI

Her grupta 4 ayrı bölgeden kaydedilen mikrosertlik ölçümlerinin güvenilirliği için sınıfıçi korelasyon katsayısı hesaplandı. Kontrol grubu 0,796 (0,697-0,919), demineralizasyon grubu 0,811 (0,725-0,917) ve Icon® grubu için 0,828 (0,727-0,874) bulundu. Tüm grupta ve çalışma gruplarındaki ölçümlerin güvenilir olduğu ve ölçümlerin birbirleri ile uyumlu olduğu saptandı (Tablo 2).

	Sınıfıçi Korelasyon Katsayısı	%95 GA	
		Alt Sınır	Üst Sınır
Kontrol Grubu	0,796	0,697	0,919
Demineralizasyon Grubu	0,811	0,725	0,917
ICON Grubu	0,828	0,727	0,873
Tüm Grup	0,954	0,932	0,987

Tablo 2. Grupların sınıfıçi mikrosertlik ölçüm güvenilirliği (GA: Güven Aralığı)

VSN DEĞERLERİ					
GRUP	NOKTA 1	NOKTA 2	NOKTA 3	NOKTA 4	ORTALAMA
Kontrol 1	360,1	351,7	375,2	370,4	364,35
Kontrol 2	363,1	375,4	381,4	380,1	355,00
Kontrol 3	364,7	379,4	387,1	382,2	358,35
Kontrol 4	384,4	379,9	390,0	385,1	364,85
Kontrol 5	385,5	389,4	377,7	372,6	361,30
Kontrol 6	392,1	387,1	381,4	380,0	355,15
Kontrol 7	393,3	387,4	388,1	388,5	349,33
Kontrol 8	375,1	374,4	369,4	385,5	336,10
Kontrol 9	359,1	367,8	371,7	370,0	367,15
Kontrol 10	365,5	377,1	375,5	340,9	364,75
Kontrol 11	377,7	381,1	369,1	350,1	339,50
Kontrol 12	368,2	355,1	350,3	356,4	357,50
Kontrol 13	377,2	372,2	388,6	377,1	378,78
Kontrol 14	374,3	368,4	372,0	375,9	372,65
Kontrol 15	366,6	368,9	376,0	363,3	368,70
Kontrol 16	388,8	376,1	379,0	381,1	351,25
Kontrol 17	372,0	378,9	389,2	376,4	349,13
Kontrol 18	363,3	366,6	368,4	351,2	362,38
Kontrol 19	359,3	372,4	370,9	360,4	365,75
Kontrol 20	362,3	374,4	372,2	361,5	367,60
Demineralizasyon 1	255,5	262,1	257,1	243,6	254,58
Demineralizasyon 2	249,1	265,5	257,7	238,9	252,80
Demineralizasyon 3	251,6	249,7	230,0	235,7	241,75
Demineralizasyon 4	278,7	251,4	249,1	250,0	257,30
Demineralizasyon 5	248,5	251,6	253,4	231,6	246,28
Demineralizasyon 6	272,2	270,6	257,4	253,4	263,40
Demineralizasyon 7	237,7	241,4	253,7	251,4	246,05
Demineralizasyon 8	242,4	267,1	262,2	275,5	261,80
Demineralizasyon 9	269,1	271,6	272,4	300,4	278,38

Demineralizasyon 10	267,8	259,4	280,0	279,4	271,65
Demineralizasyon 11	278,6	261,1	263,7	252,9	264,08
Demineralizasyon 12	232,4	245,2	225,9	235,9	234,85
Demineralizasyon 13	254,5	259,6	252,1	261,1	256,83
Demineralizasyon 14	282,1	286,4	273,4	276,2	279,53
Demineralizasyon 15	276,8	254,1	252,6	264,4	261,98
Demineralizasyon 16	267,1	260,0	264,8	261,2	263,28
Demineralizasyon 17	245,4	250,2	259,6	242,0	249,30
Demineralizasyon 18	256,8	264,2	282,4	264,5	266,98
Demineralizasyon 19	232,4	242,2	238,6	261,1	243,58
Demineralizasyon 20	268,5	252,1	250,2	262,4	258,30
ICON 1	317,4	329,1	331,6	292,5	317,65
ICON 2	298,1	301,6	307,4	319,9	306,75
ICON 3	321,4	322,6	311,5	324,4	359,98
ICON 4	339,4	321,3	307,7	309,8	359,55
ICON 5	306,4	319,7	331,7	329,3	321,78
ICON 6	294,9	281,6	297,4	300,1	363,50
ICON 7	304,4	317,7	301,4	285,9	362,35
ICON 8	323,7	321,4	306,0	300,4	372,88
ICON 9	311,1	315,4	298,8	291,6	364,23
ICON 10	309,0	319,9	324,0	296,8	312,43
ICON 11	317,6	316,4	297,4	296,5	376,98
ICON 12	305,4	312,8	352,4	320,7	372,83
ICON 13	322,2	327,4	318,7	321,9	322,55
ICON 14	333,6	317,0	325,7	319,4	373,93
ICON 15	311,5	320,8	324,5	323,6	374,10
ICON 16	328,9	321,3	321,6	322,8	323,65
ICON 17	300,1	296,2	302,6	303,7	360,65
ICON 18	317,2	310,4	308,2	312,4	352,05
ICON 19	328,6	322,5	323,0	324,4	324,63
ICON 20	338,2	324,5	326,3	325,1	328,53

Tablo 3. Her grubun 4 noktadan ölçülen mikrosertlik değerleri (VSN) ve ortalamaları

	N	Mikrosertlik
Kontrol Grubu	20	359,48±10,65
Demineralizasyon Grubu	20	257,63±11,86
ICON Grubu	20	347,55±24,42
p		*0,0001

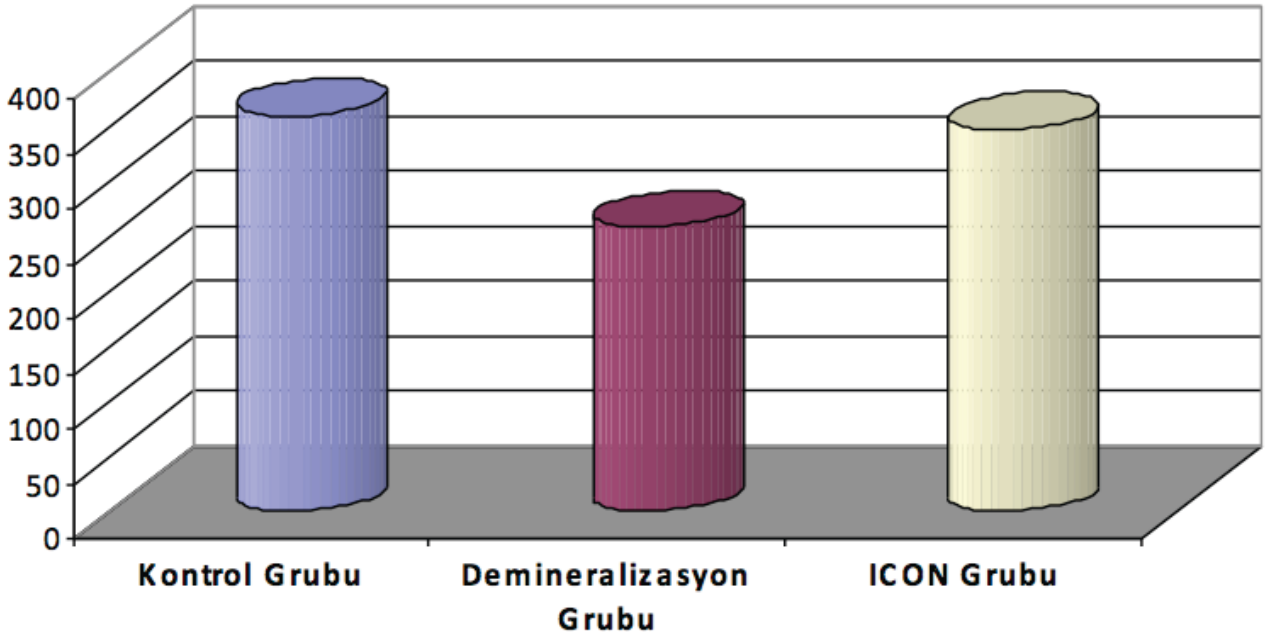
Tablo 4. Grupların mikrosertlik ölçümlerinin ortalamalarının karşılaştırılması (*p<0,05)

Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi	Mikrosertlik
Kontrol Grubu / Demineralizasyon Grubu	*0,0001
Kontrol Grubu / ICON Grubu	0,073
Demineralizasyon Grubu / ICON Grubu	*0,0001

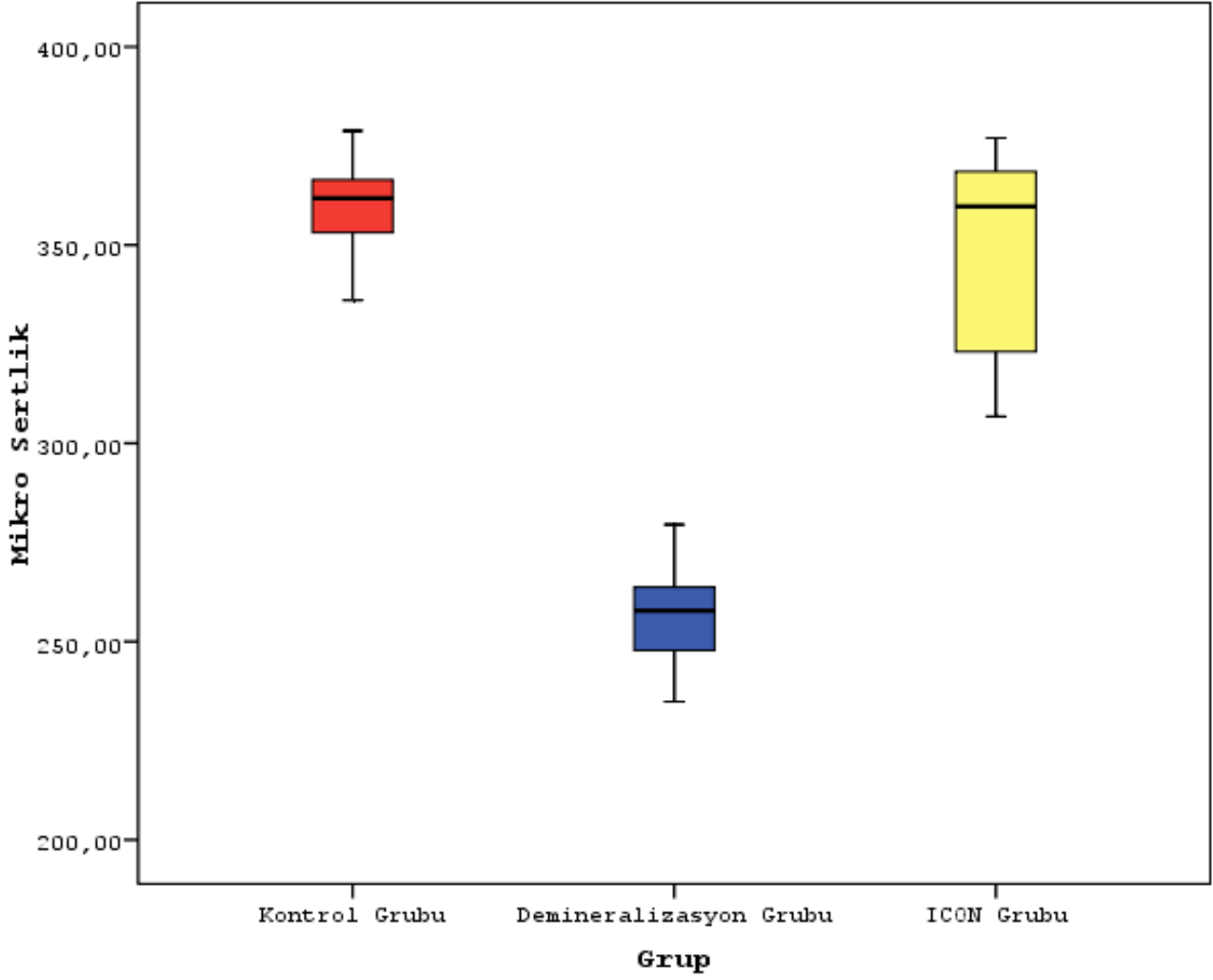
Tablo 5. Grupların mikrosertlik ortalamalarının çoklu karşılaştırılması (*p<0,05)

Kontrol, demineralizasyon ve Icon[®] gruplarının mikrosertlik ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı (p= 0,0001). Demineralizasyon grubunun mikrosertlik ortalamaları, kontrol ve Icon[®] gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulundu (p= 0,0001). Kontrol ve Icon[®] gruplarının mikrosertlik ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı (p= 0,073).

Mikro Sertlik



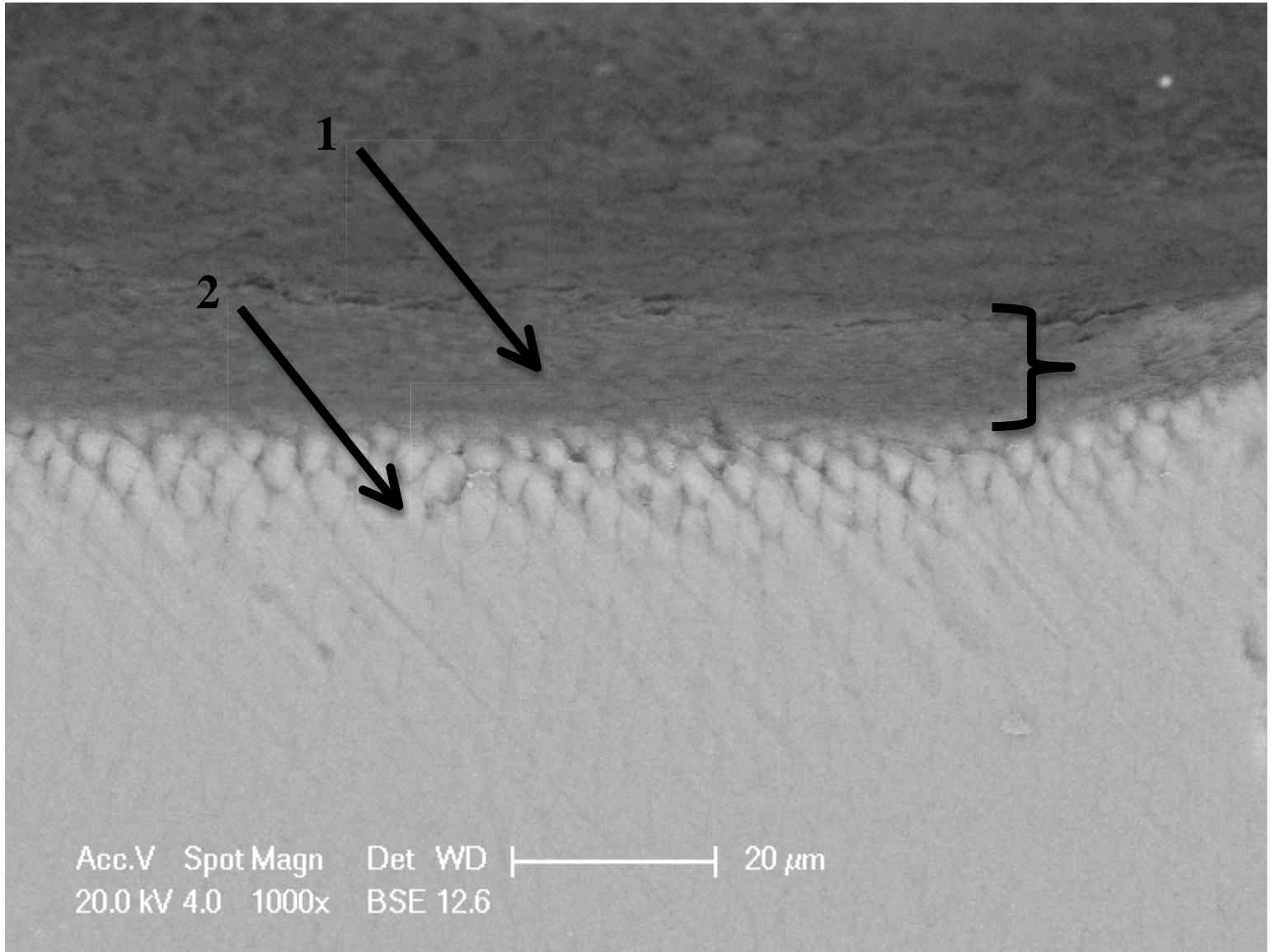
Grafik 1. Grupların mikrosertlik değerlerinin karşılaştırılması



Grafik 2. Mikrosertlik açısından grupların kendi içlerinde karşılaştırılmaları

4.2. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU GÖRÜNTÜLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Beyaz nokta lezyonu oluşturulup Icon® materyali uygulanan 10 örnek SEM ile farklı büyütmelerde incelenerek bir çok görüntü elde edildi. Bu görüntülerde materyalin penetrasyonu ve kalitesi incelendi.



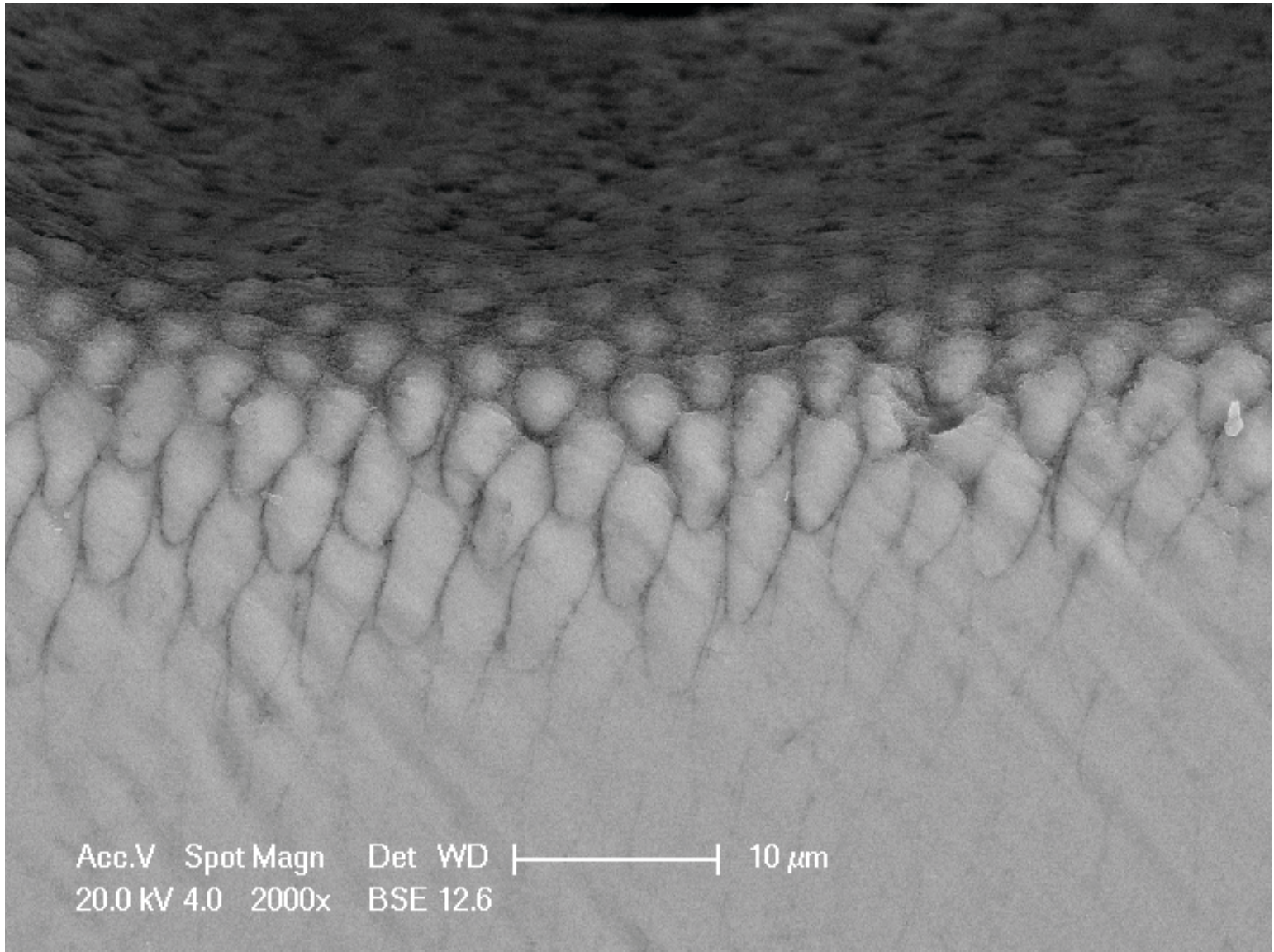
Resim 64. Icon® infiltranının penetrasyonunu gösteren 1000x büyütmedeki SEM görüntüsü.

Ok 1: Icon® uygulanan mine yüzeyi

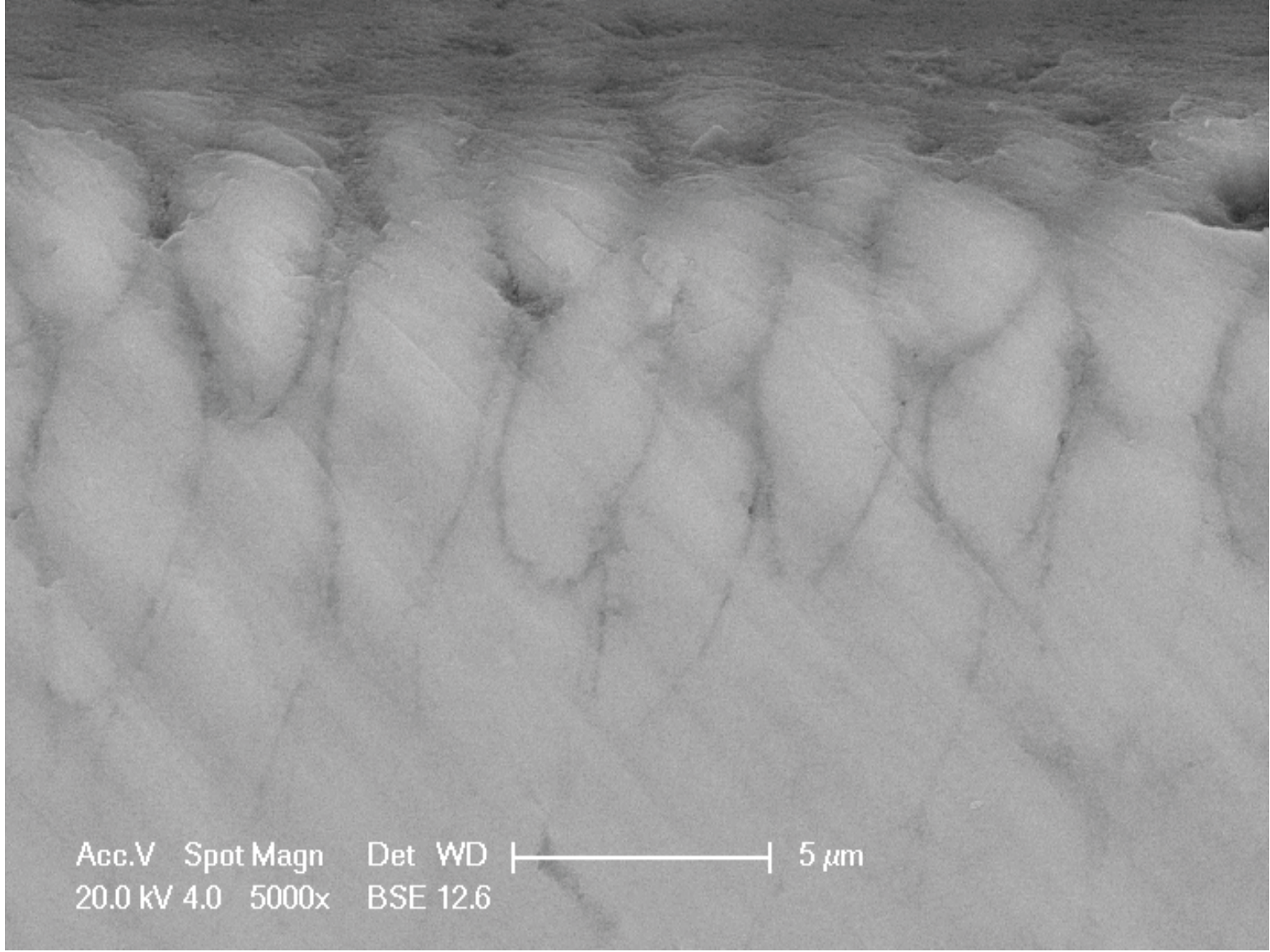
Ok 2: Ara yüzey (çapraz kesit)

Parantez: Demineralize alan (pencere)

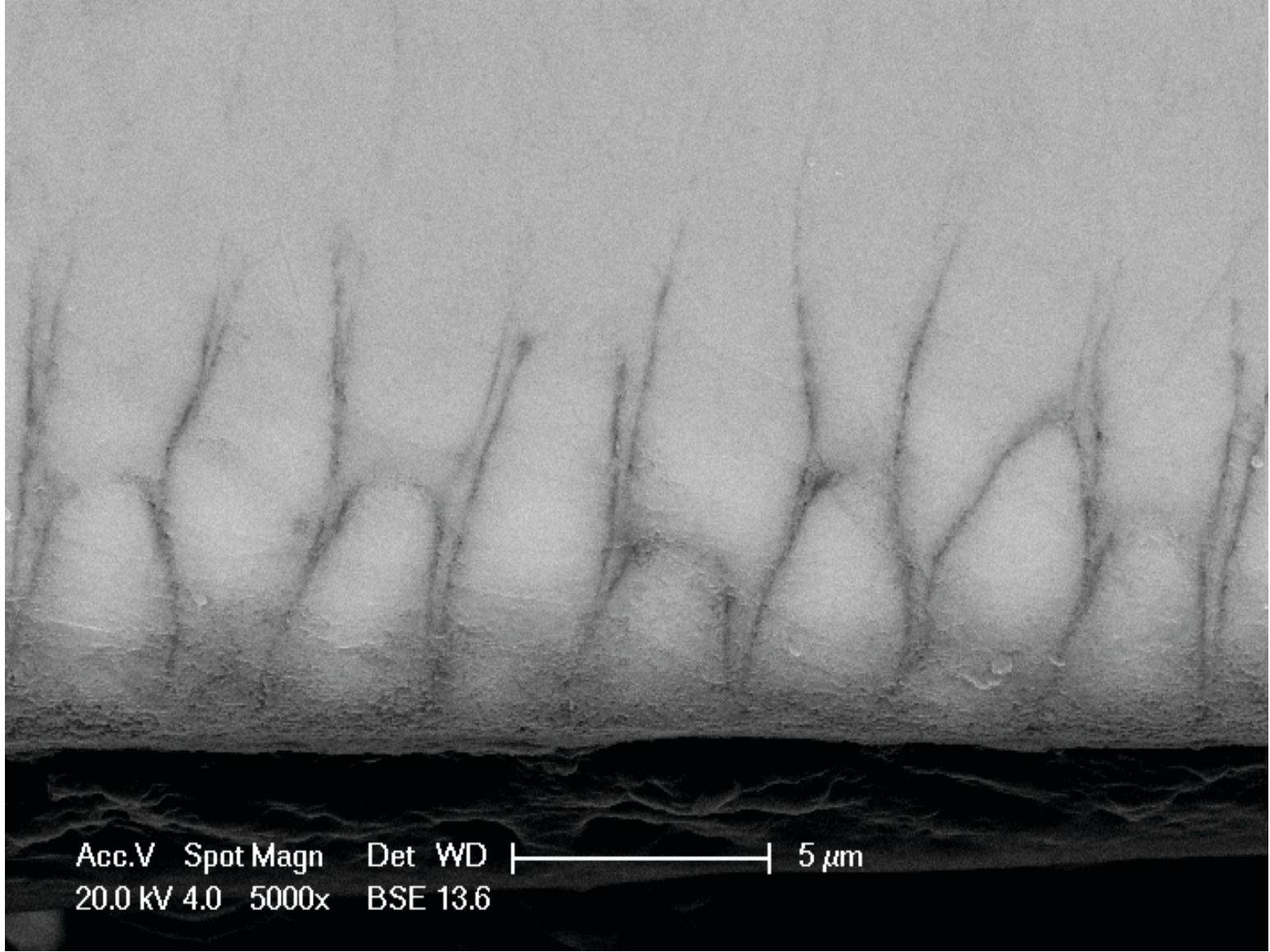
Resim 64’de Icon® materyali uygulanan beyaz lezyonun çapraz kesitinin SEM görüntüsü gösterilmektedir. Mine yüzeyinde ince ve homojen bir Icon® tabakası görüldü ve yüzeysel demineralizasyon sonucu oluşan mikroporözitelerin materyal ile yeterli derecede infiltre olduğu ve tıkanıdığı gözlemlendi (Resim 64). Icon® materyali uygulanan beyaz lezyonların 2000x ve 5000x büyütmelemlerde elde edilen görüntülerinde materyalin interprizmatik bölgeye penetrasyonu görülmektedir (Resim 65, 66, 67 ve 68). Elde edilen görüntülerden infiltran materyalin homojen bir şekilde mine prizmalarını sardığı gözlemlendi (65, 66, 67 ve 68). Resim 66’de mine yüzeyinde infiltran materyalin dolduramadığı ufak çukur alanlar saptandı (Resim 66).



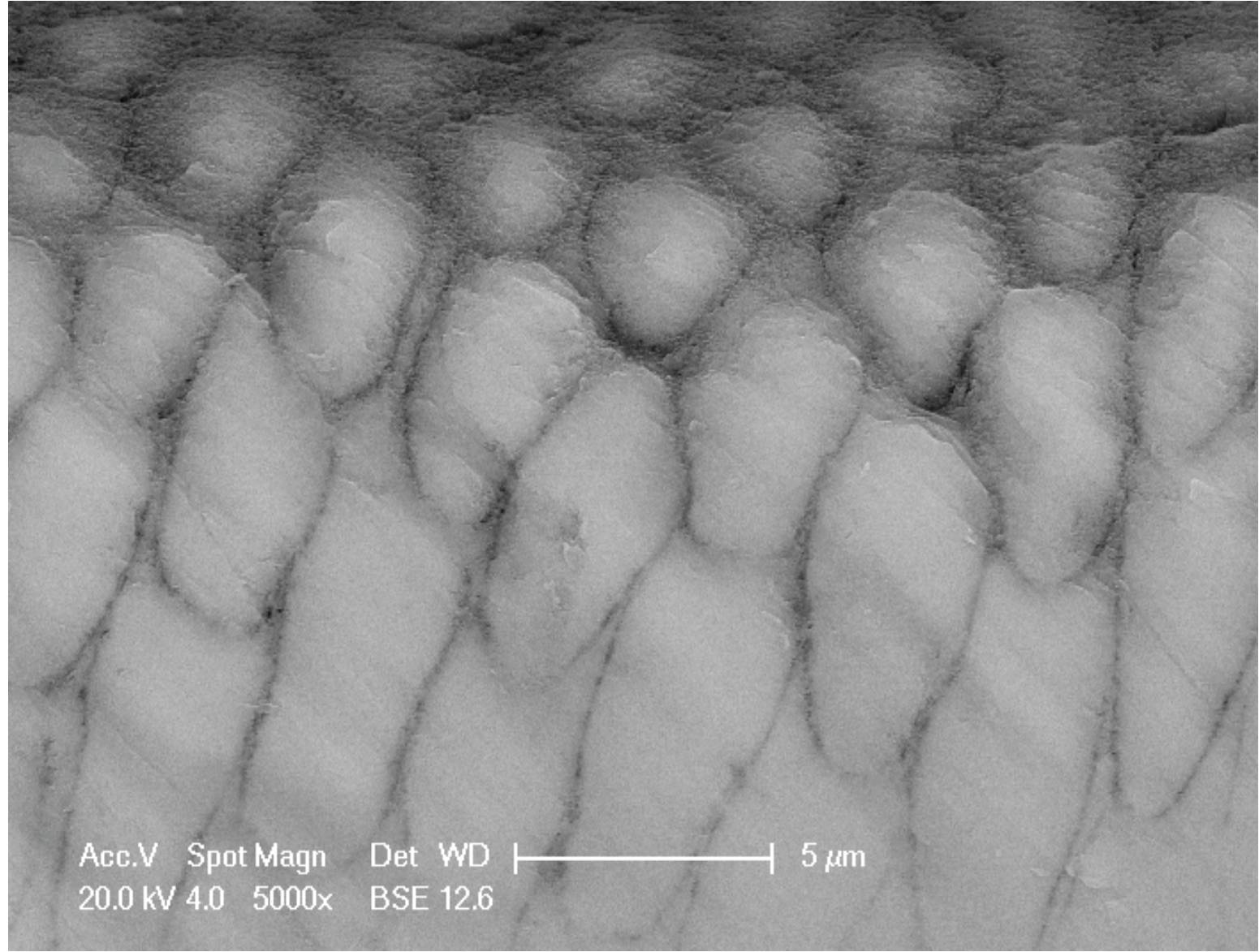
Resim 65. Icon®’un interprizmatik bölgeye penetrasyonunu gösteren 2000x büyütmede alınan SEM görüntüsü



Resim 66. Icon® uygulaması sonrası penetrasyonun SEM ile 5000x büyütmede alınan görüntüsü



Resim 67. Icon®'un penetrasyonunu gösteren 5000x büyütmede alınan SEM görüntüsü

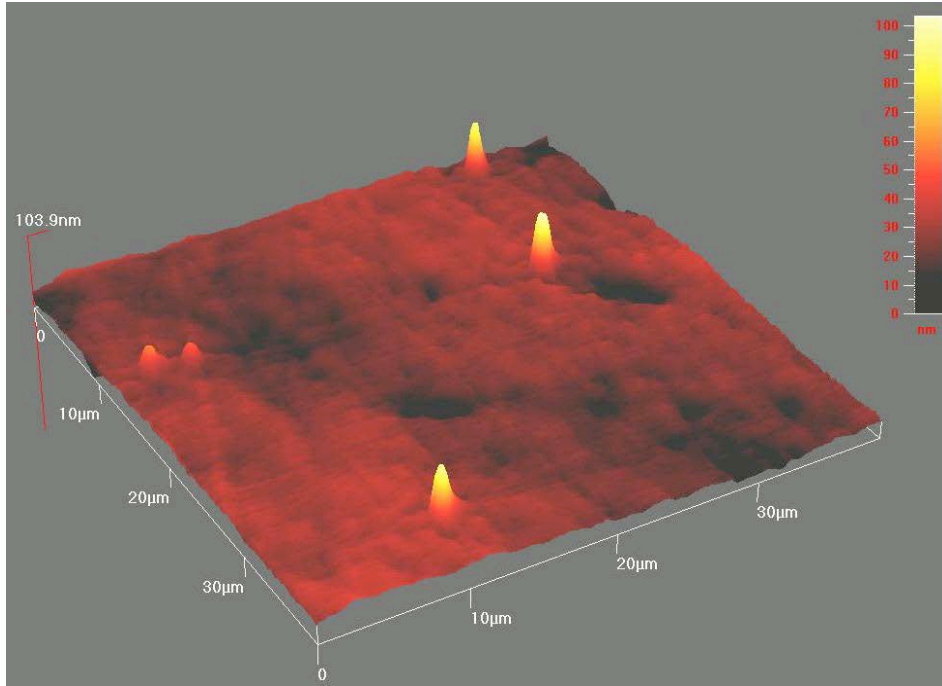
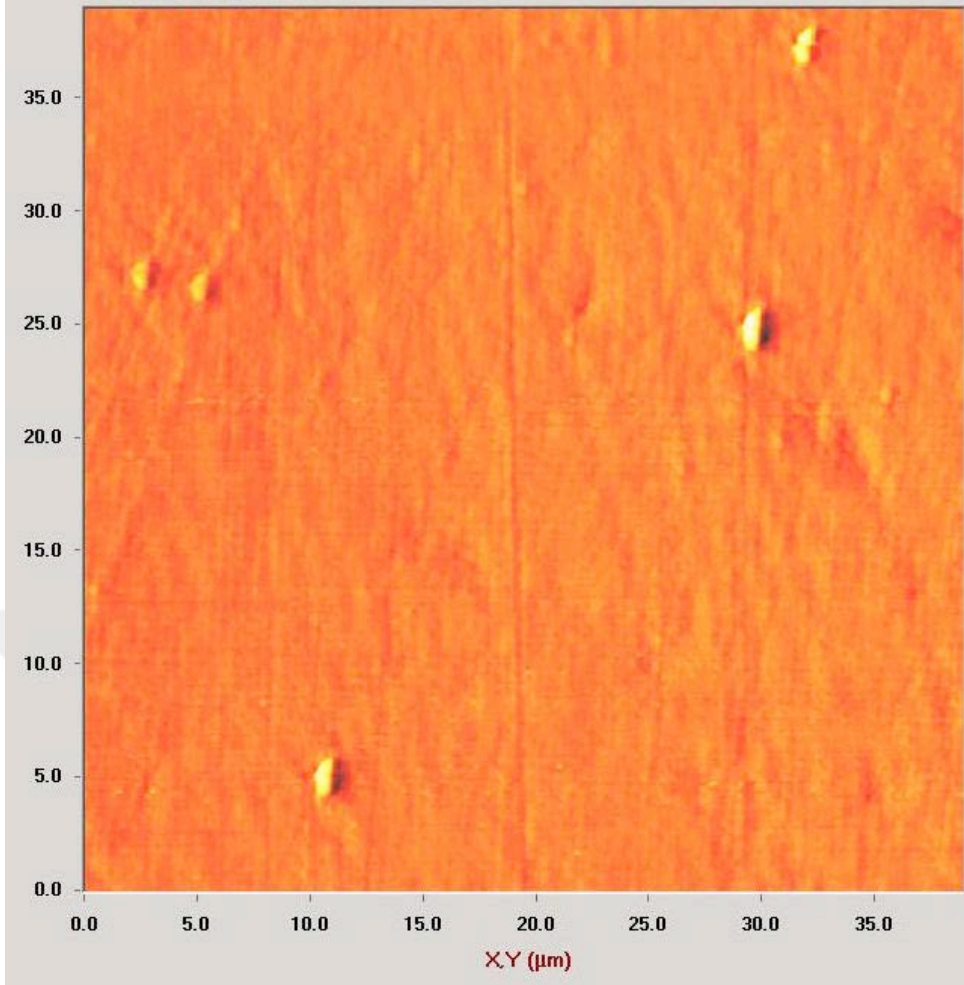


Resim 68. Icon[®]'un penetrasyonunu gösteren 5000x büyütmede alınan SEM görüntüsü

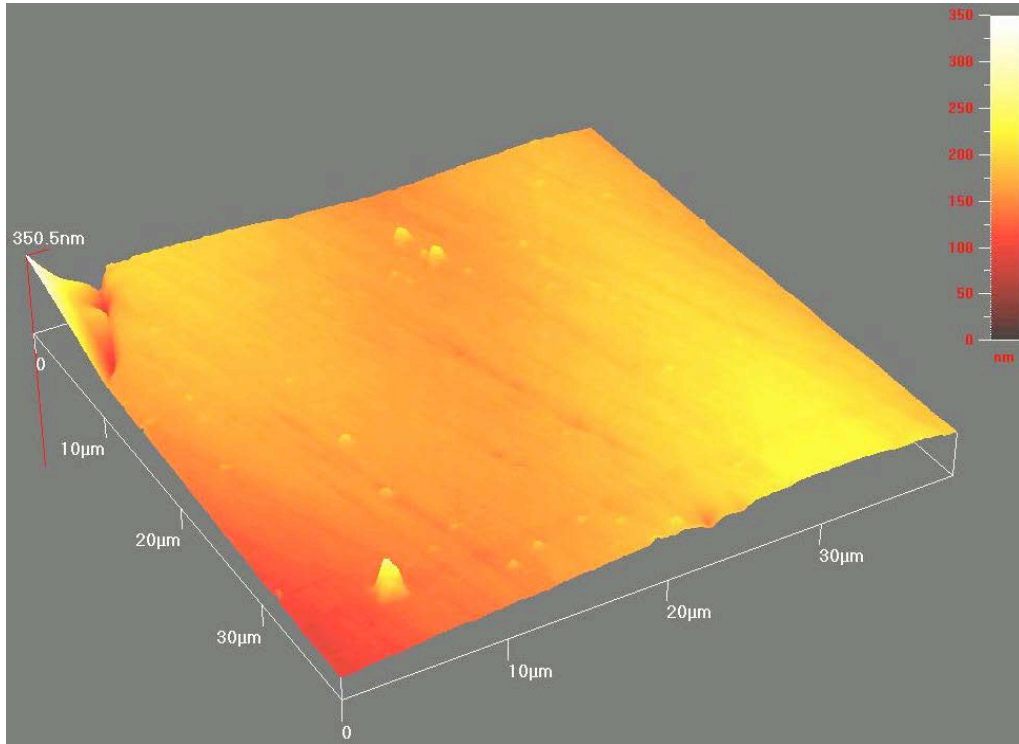
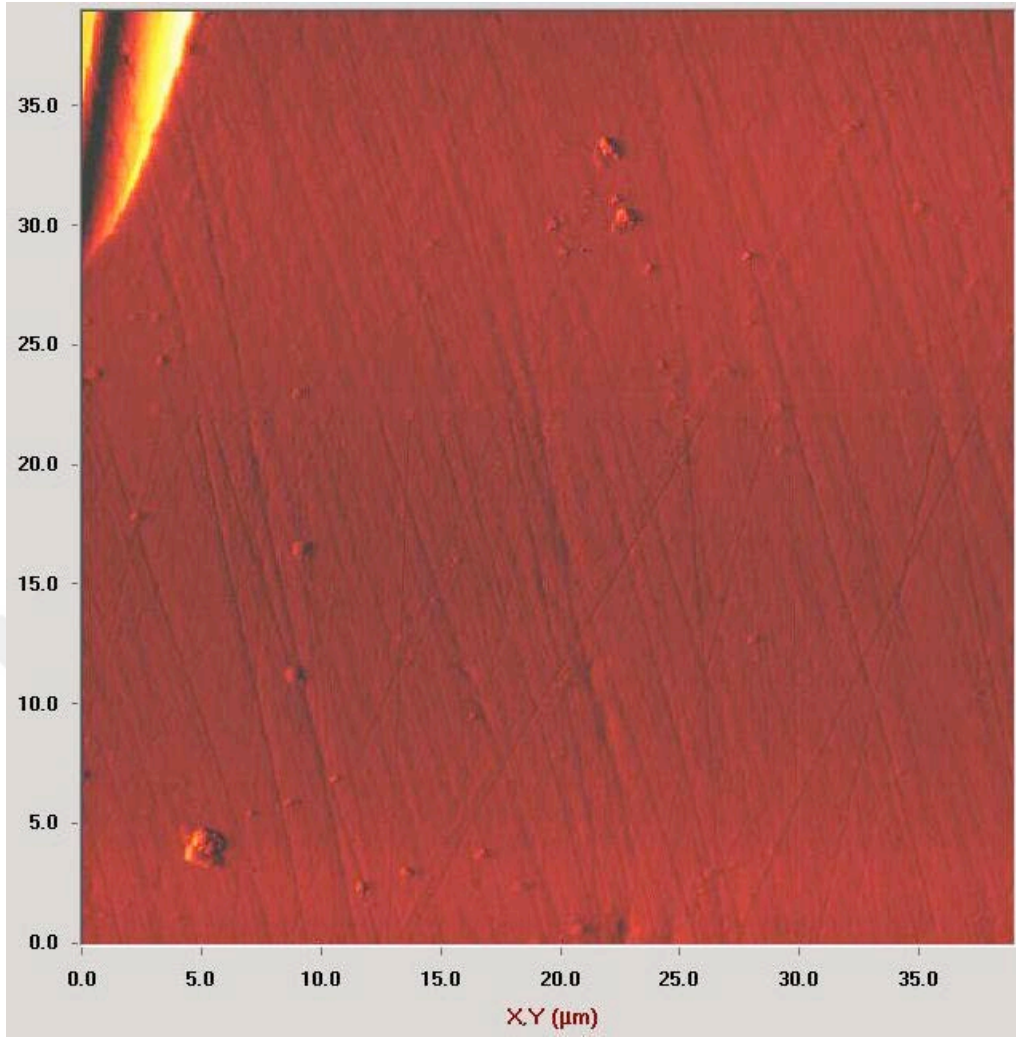
4.3. ATOMİK KUVVET MİKROSKOBU GÖRÜNTÜLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kontrol ve Icon® grupları AFM’de incelenerek yüzey pürüzlülüğü değerlendirildi ve karşılaştırıldı. Tüm örneklerde ayrı ayrı 39 µm’lik alanlar tarandı ve bu alanların faz görüntüsü, üç boyutlu yüzey görüntüsü ve taranan alanın rakamsal olarak yüzey pürüzlülüğünü yansıtan histogram analizi görüntüsü elde edildi. Kontrol grubundan elde edilen bir çok görüntünün arasından seçilen bazı görüntüler ve elde edilen bulgular (Resim 69, 70, 71, 72, 73):

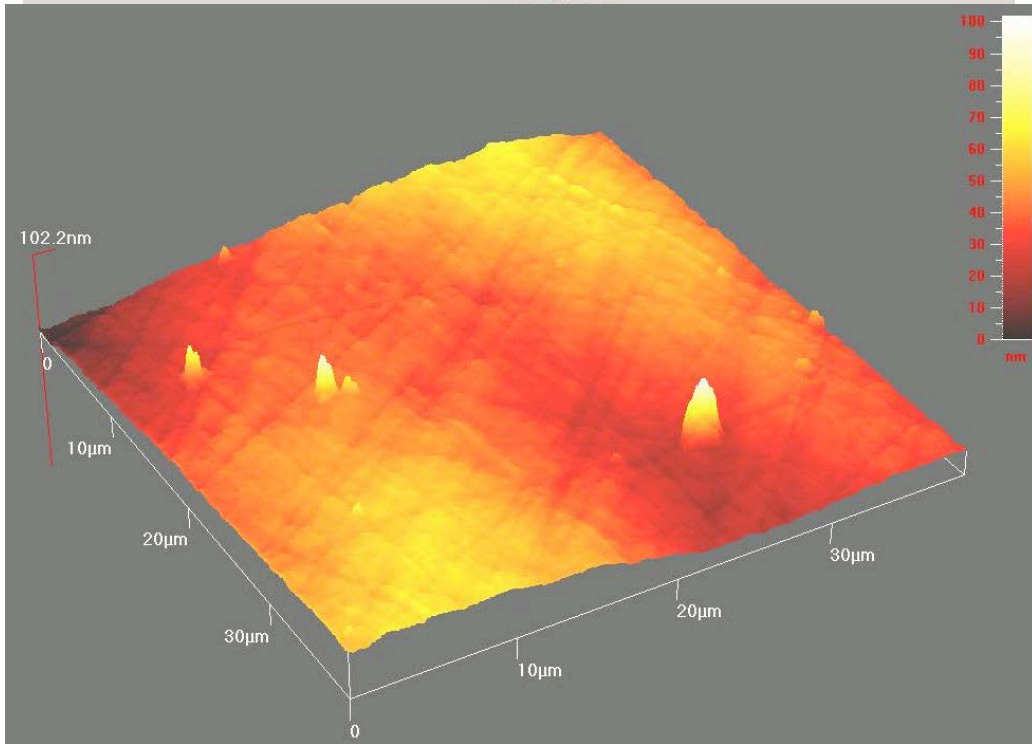
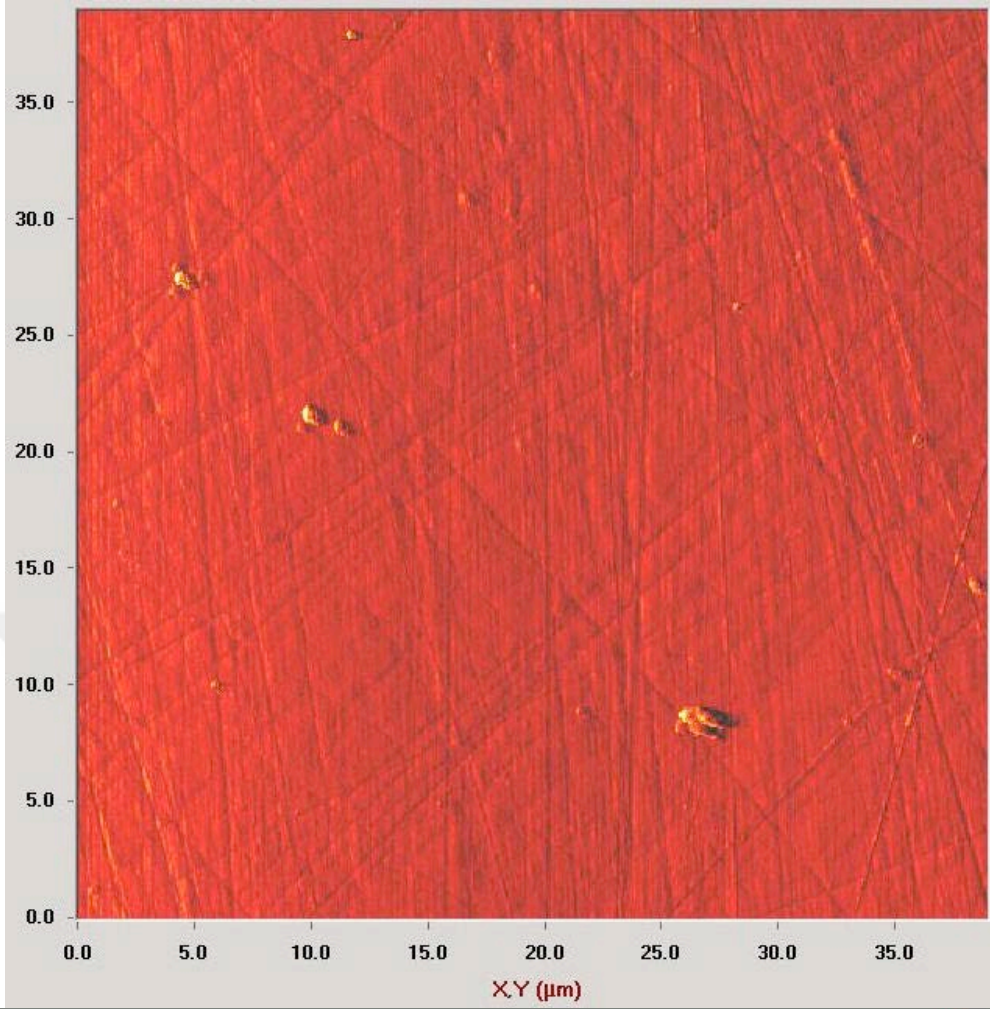
Resim 69’da gösterilen örneğin taranan yüzeyinde minimal derecede pürüzlülük saptandı. Mine yüzeyinde az miktarda pürüzlü nokta görülmesine rağmen yüzeyin genel olarak düz ve bütünlüğünün bozulmamış olduğu görüldü. Yer yer küçük çukur alanlar ve yüzeyin en derin ile en yüksek noktası arasındaki farkın az olduğu (103,9 nm) fakat diğer örneklerin taranan bazı yüzeylerindeki farktan biraz daha fazla olduğu gözlemlendi (Resim 69). Resim 70’de mine yüzeyinde küçük partikül veya gren kümeleri dışında herhangi bir pürüzlü yüzeye rastlanılmadı. Bu partiküllerin yaklaşık 70 nm yüksekliğinde olduğu gözlemlendi. AFM örneklerinin hazırlığı sırasında yapılan cila işlemini yansıtan çizik fakat derin olmayan alanlar dikkat çekti (Resim 70). Resim 71’de farklı bir örnekten elde edilen faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü gösterilmektedir. Taranan yüzeyde, Resim 70’deki yüzeye benzer olarak, küçük partikül kümeleri ve minimal derecede pürüzlülük gösteren bir yüzey görüldü. Partikül yüksekliğinin 70 nm üzerinde olduğu gözlemlendi. Taranan yüzeydeki en derin ile en yüksek noktalar arasındaki farkın (102,2 nm) diğer örneklere göre nispeten az olduğu saptandı (Resim 71). Resim 72’de gösterilen yüzey ise Resim 70 ve 71’e benzer olarak küçük fakat yüzeye dağılmış grenler gösterdi. Yüzeydeki partiküllerin 30-60 nm arasında değişen yüksekliklere sahip oldukları saptandı. Yüzeydeki en derin ile en yüksek noktaları arasındaki farkın (88,74 nm) az olduğu ve hafif pürüzlü yüzeye rağmen yüzey kalitesinin iyi olduğu görüldü (Resim 72). Resim 73’teki gibi bazı örneklerde neredeyse hiç pürüzlü alana rastlanılmadı. Yüzeydeki bazı pürüzlü defektlere rağmen yüzeyin en derin ile en yüksek noktaları arasındaki farkın (83,58 nm) az olduğu saptandı (Resim 73).



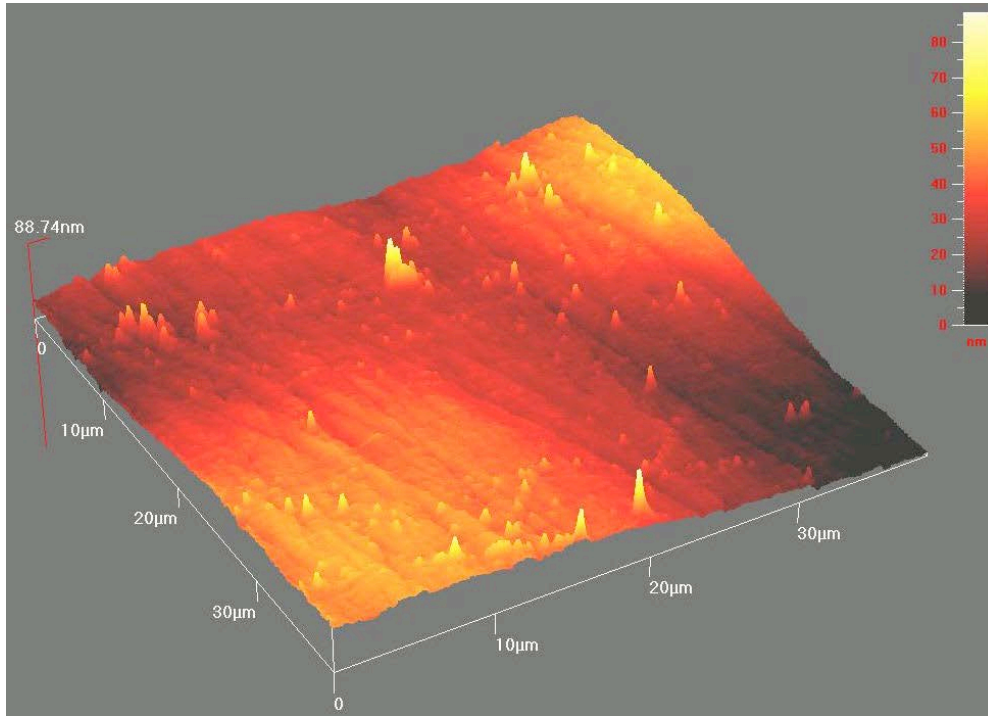
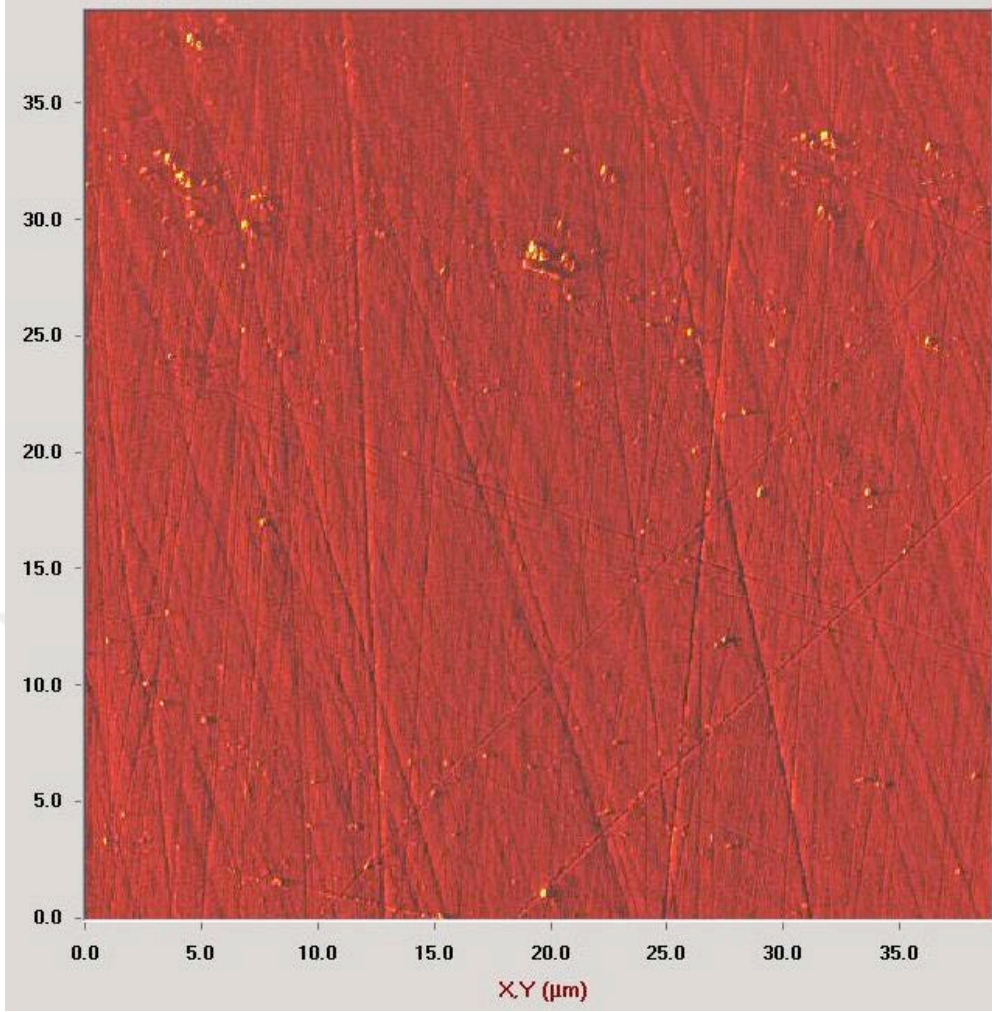
Resim 69. Kontrol grubunda olan bir örnekten elde edilen faz görüntü ve üç boyutlu yüzey görüntüsü



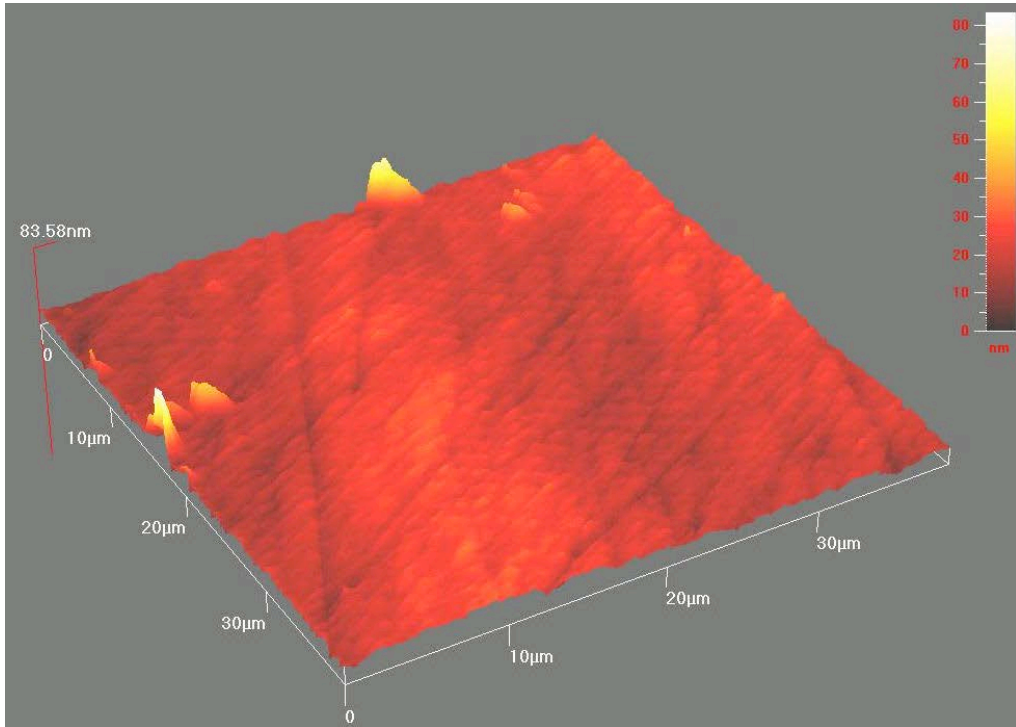
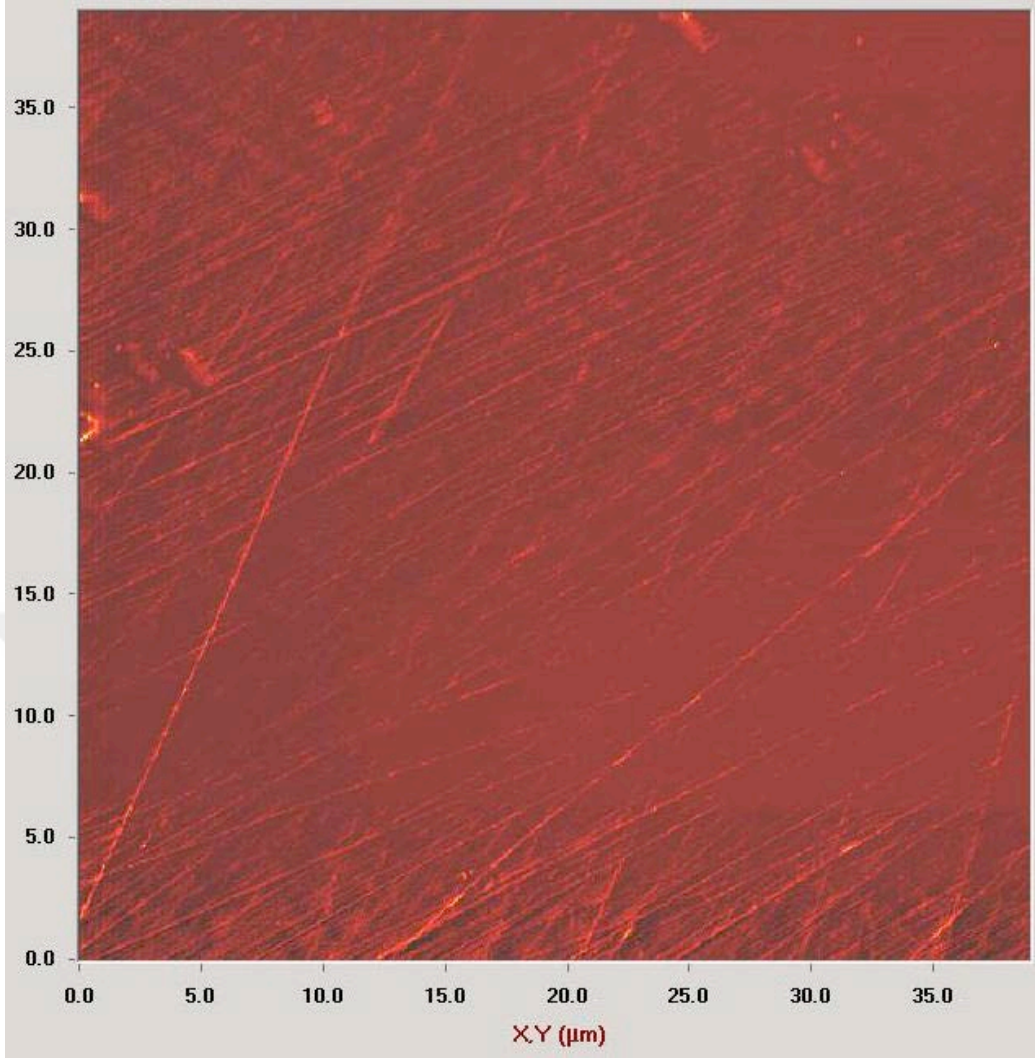
Resim 70. Kontrol grubunda bulunan bir örnekten alınan faz ve üç boyutlu görüntü



Resim 71. Kontrol grubuna ait bir örnekten elde edilen faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü



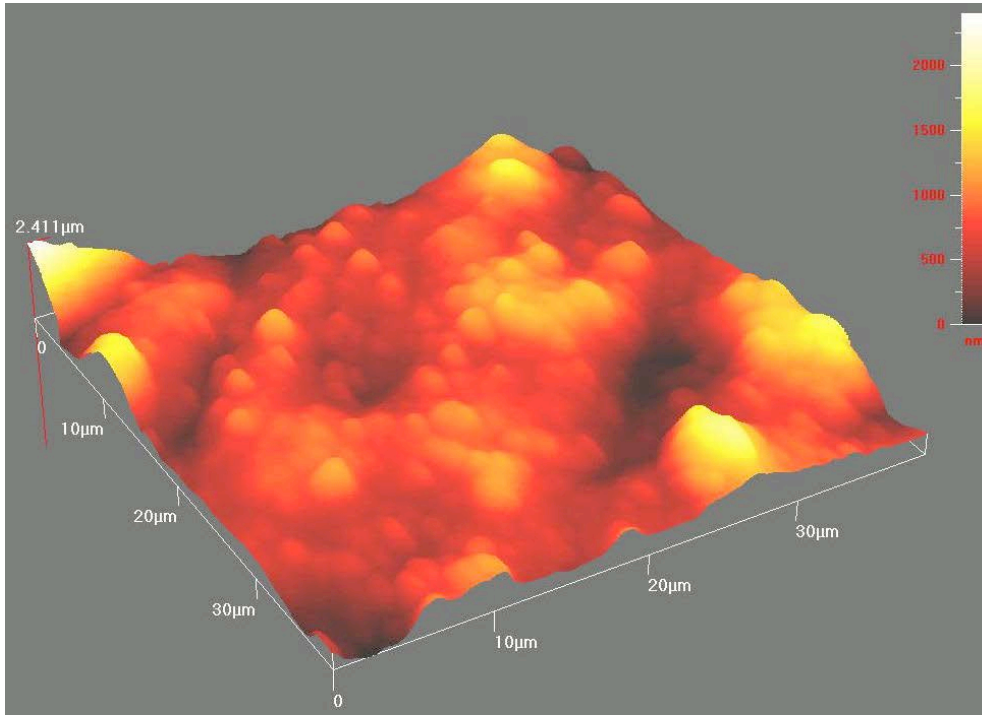
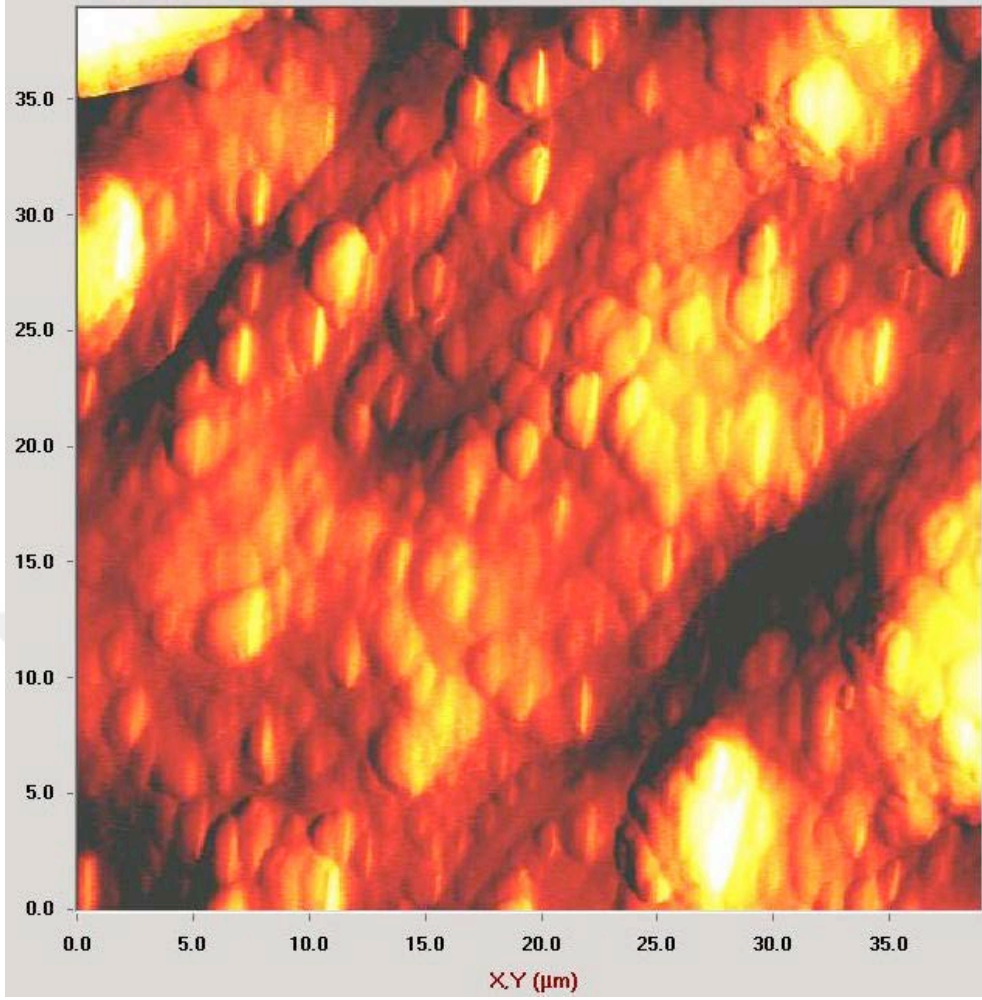
Resim 72. Kontrol grubundaki bir örnekten elde edilen faz görüntüsü ve üç boyutlu yüzey görüntüsü



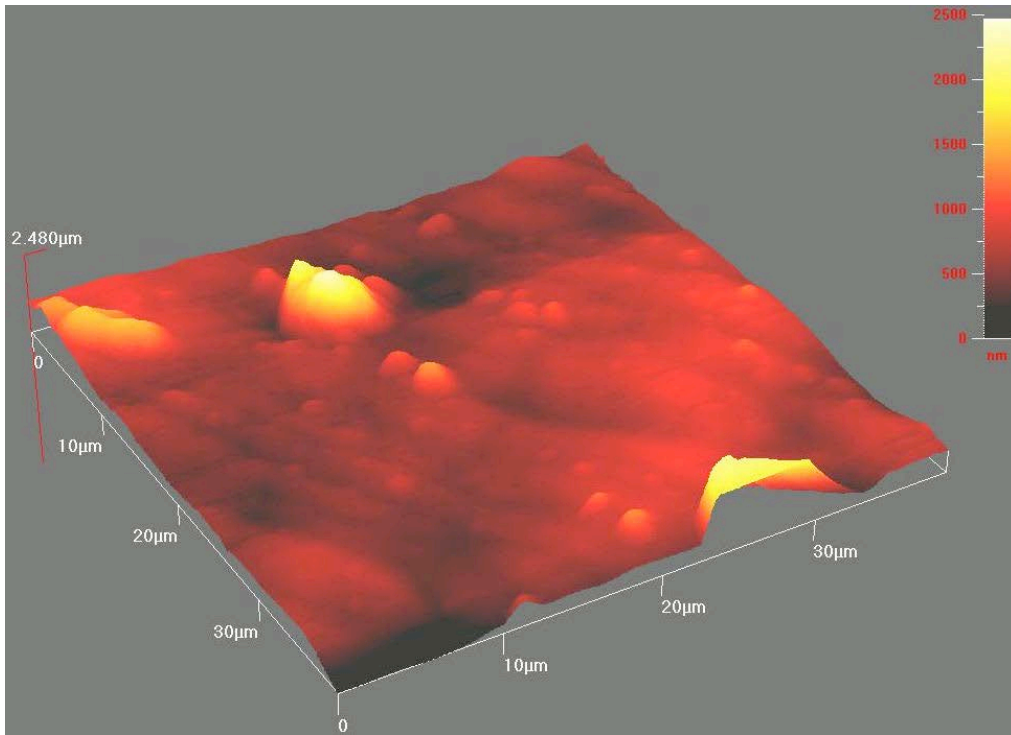
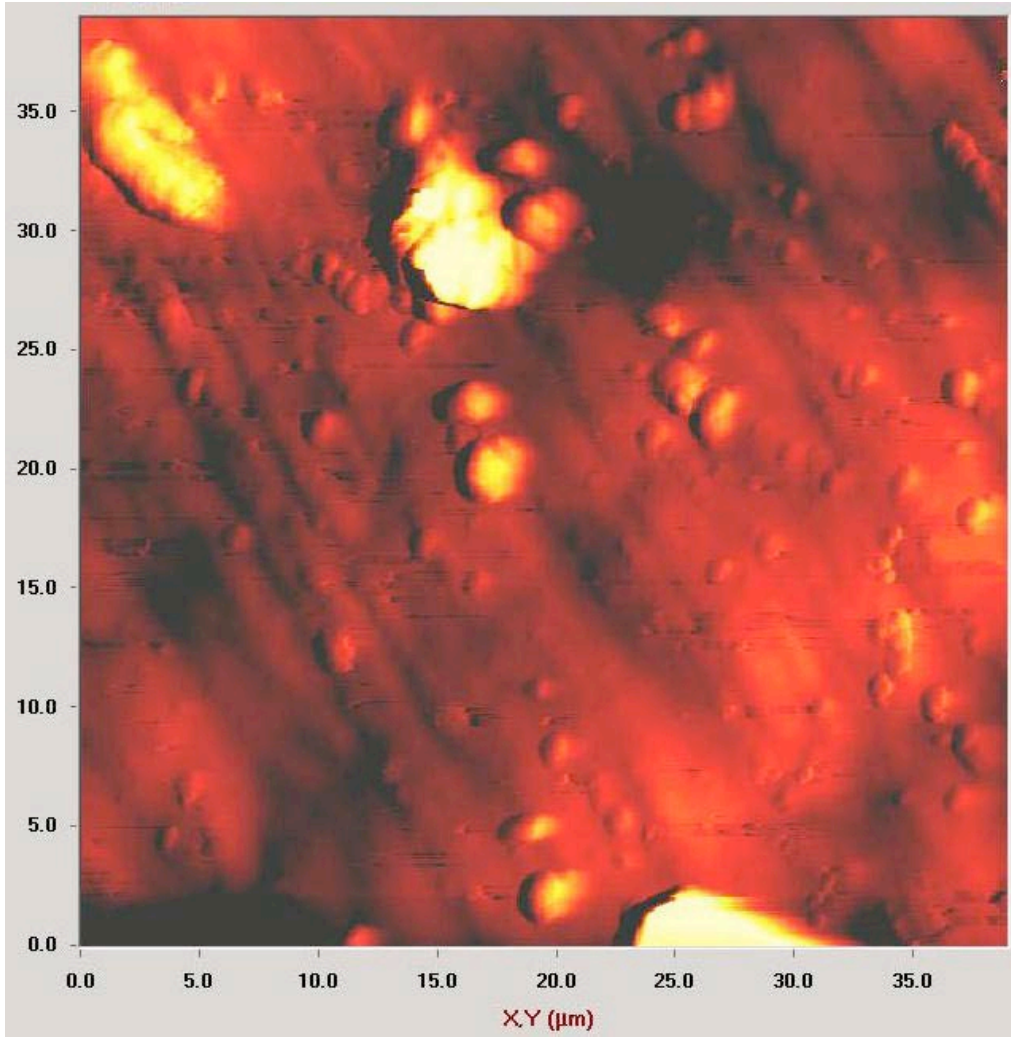
Resim 73. Kontrol grubunda bulunan bir örnekten alınan faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü

Icon[®] grubunun AFM ile incelenmesi sonucunda elde edilen görüntüler aşağıdaki gibidir (Resim 74, 75, 76, 77, 78). Kontrol grubundaki gibi, 30 örneğin her birinden faz görüntüsü, üç boyutlu yüzey görüntüsü ve taranan alanın rakamsal olarak yüzey pürüzlülüğünü yansıtan histogram analizi görüntüsü olmak üzere 3 tane görüntü elde edildi.

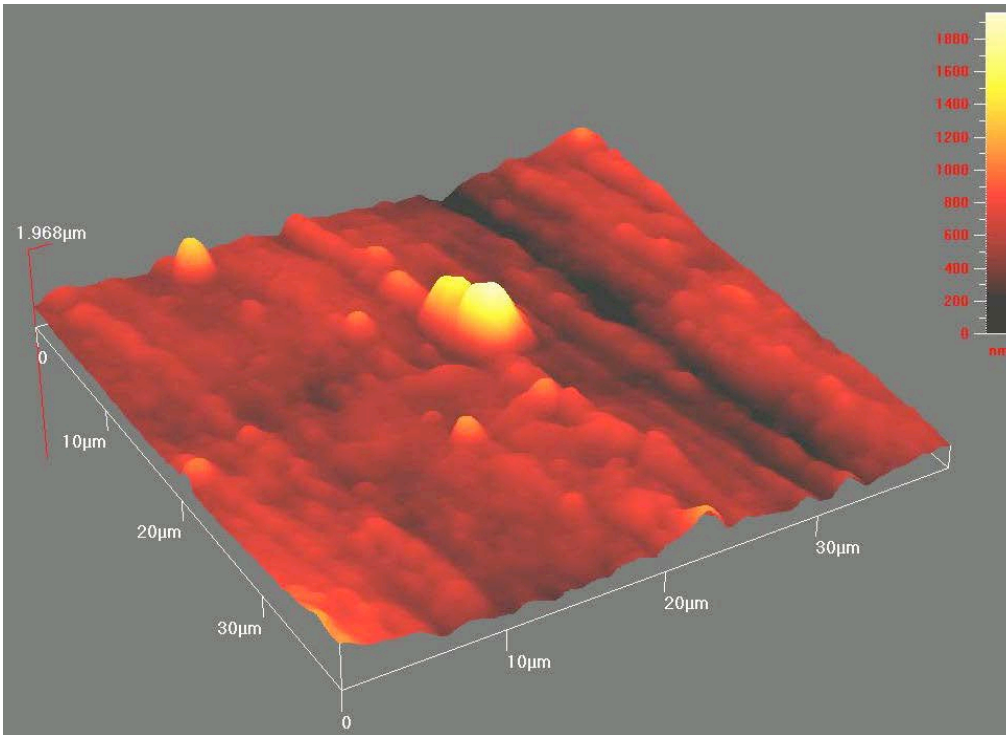
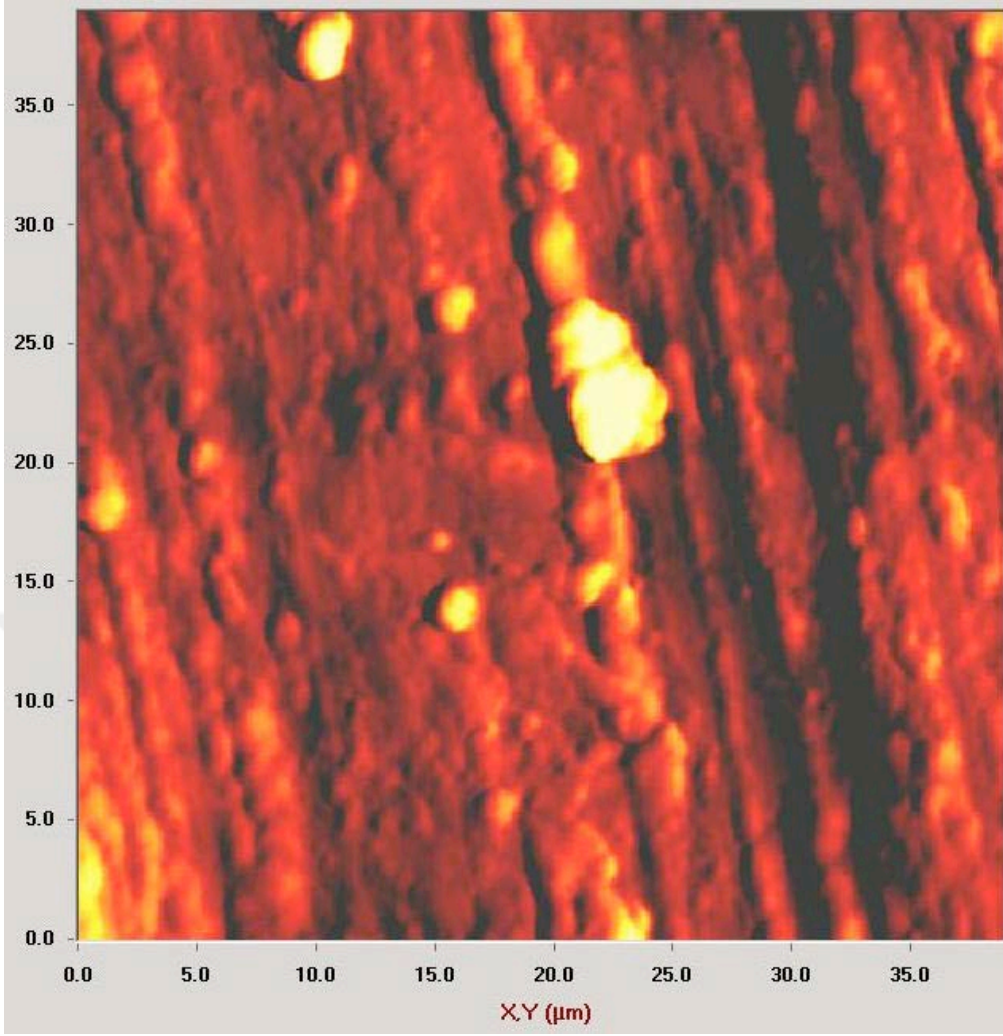
Resim 74'deki örnekte Icon[®] materyalinin homojen olmadığı ve yüzeydeki pürüzlü noktalar görülmektedir. Materyal bütünlüğünün bozulmuş olduğu yani rezin ile kaplanma göstermeyen siyah renkli çukurcuk alanların varlığı gözlenmiştir. Taranan yüzeydeki en derin ile en yüksek noktalar arasındaki fark 2,411µm olarak saptandı (Resim 74). Resim 75'deki örneğin incelenmesi sonucu, Resim 74'deki örneğe göre daha düzgün bir yüzeye sahip olduğu gözlemlendi. Yüzeyde saptanan pürüzlü bir noktanın yüksekliği yaklaşık 1500 nm olarak saptandı. Taranan yüzeyde saptanan pürüzlü noktaların en derin ve en en yüksek noktaları arasındaki farkın (2,480 µm) olduğu görüldü. Yüzeyde homojen olmayan bir Icon[®] materyali tabakası olduğu gözlemlendi (Resim 75). Resim 76'daki örnek incelendiğinde yüzeyin oldukça pürüzlü olduğu görüldü. Taranan mine yüzeyinde granüler tarzda ve farklı yükseklikte yapıların bulunduğu gözlemlendi. Yüzeydeki en büyük pürüzlü noktanın yüksekliğinin 1600 nm üzerinde olduğu gözlemlendi. Yüzeydeki en derin ve en yüksek noktalar arasındaki fark incelendiğinde 1,968 µm olduğu saptandı (Resim 76). Resim 77'de taranan yüzeyin ise alt sağ köşesinde bulunan pürüzlü nokta dışında oldukça pürüzsüz olduğu görüldü. Yüzeyde bu tarzda yükseltilerin bulunması elde edilen RMS (Sq) değerini arttırmaktadır. Bu örneğin faz görüntüsünde yüzeyde az miktarda grenli yapıların bulunduğu ve yüzeyin genel olarak pürüzsüz olduğu gözlemlendi. Taranan yüzeydeki en derin ile en yüksek noktalar arasındaki farkın 2,881 µm olduğu saptandı (Resim 77). Resim 78'de oldukça pürüzlü görüntüye sahip bir örnek görülmektedir. Taranan mine yüzeyinde çeşitli yüksekliklerde granüllü yapıların bulunduğu saptandı. Üç boyutlu yüzey görüntüsü incelendiğinde engebeli bir yüzeyin bulunduğu görüldü. Yüzeydeki en derin ile en yüksek noktaları arasındaki farkın 2, 872 µm olduğu saptandı (Resim 78).



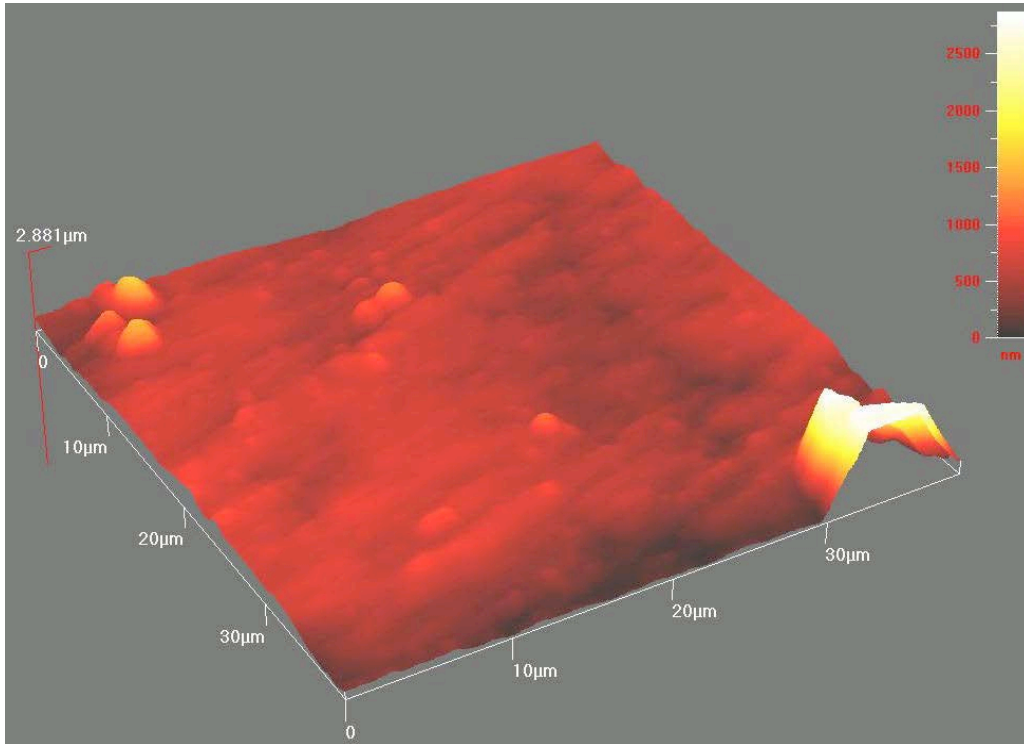
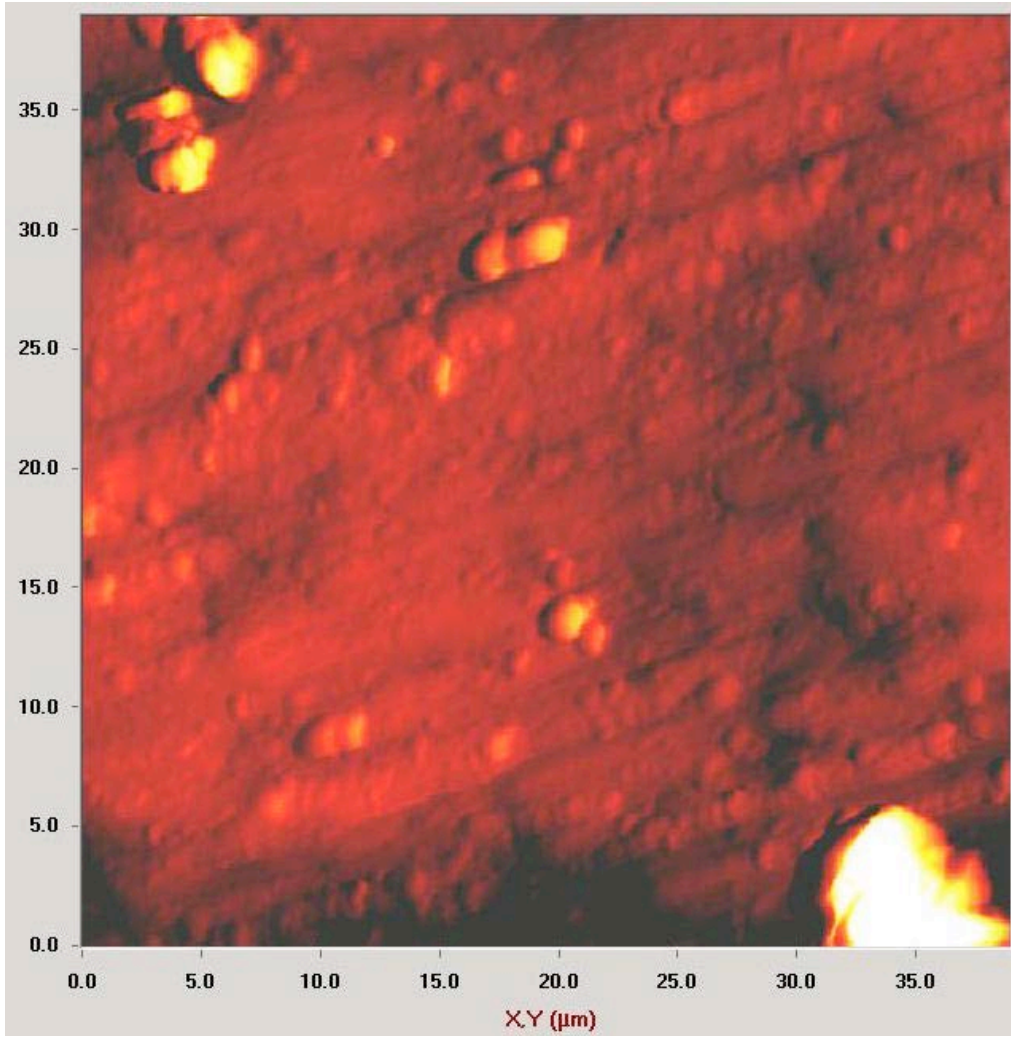
Resim 74. Icon[®] grubunda bulunan bir örnekten elde edilen faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü



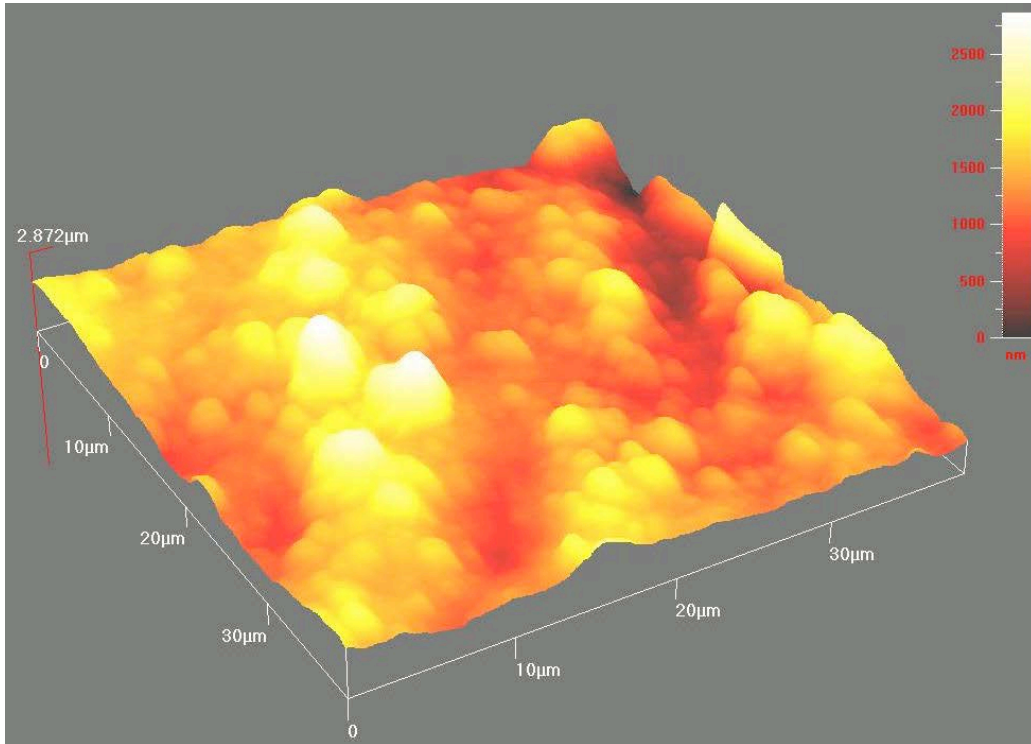
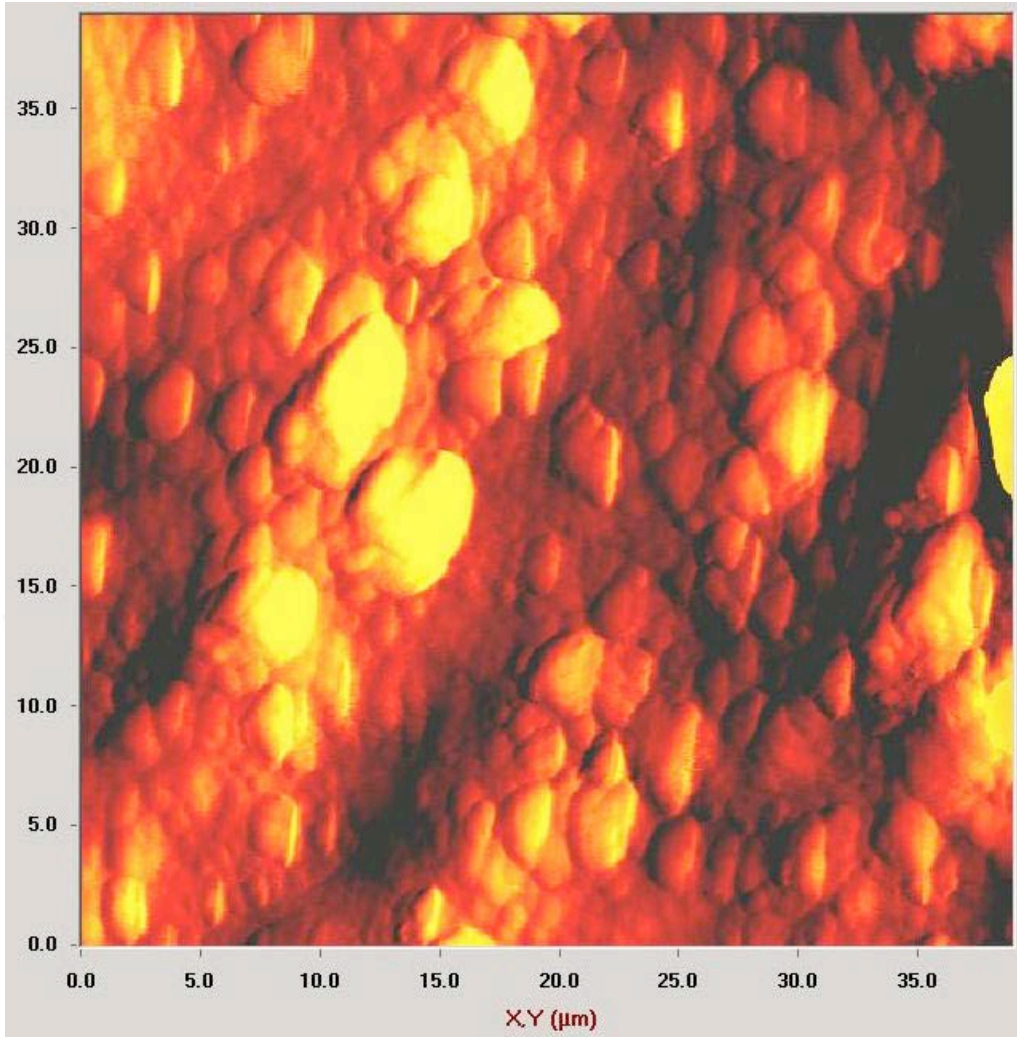
Resim 75. Icon[®] grubundaki bir örnekten alınan faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü



Resim 76. Icon® grubundaki bir örnekten alınan faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü



Resim 77. Icon[®] grubundaki bir örnekten alınan faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü



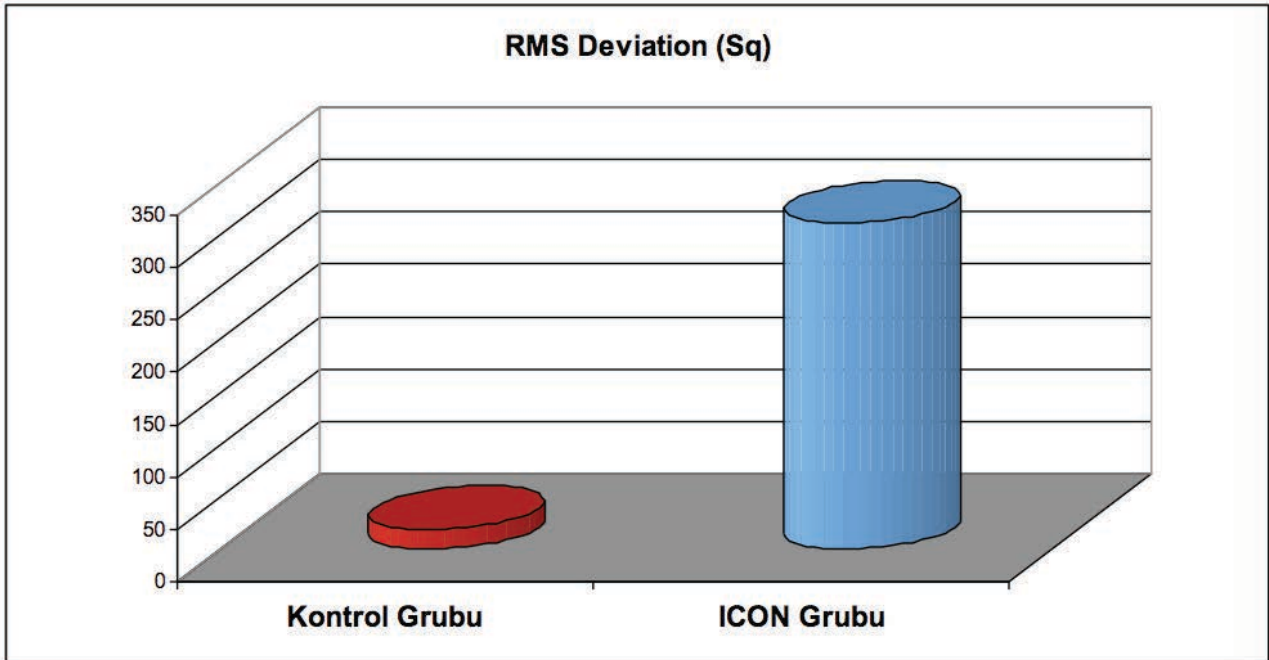
Resim 78. Icon® grubundaki bir örnekten alınan faz ve üç boyutlu yüzey görüntüsü

Rakamsal olarak elde edilen RMS deviasyon veya sapma değerleri (Sq) istatistiksel olarak değerlendirildi. RMS (Sq), değişen miktarların büyüklüğünün ölçülmesinde kullanılan istatistiksel bir ölçüt olup istatistiksel analizlerin yapılmasında en sık kullanılan ölçüttür.

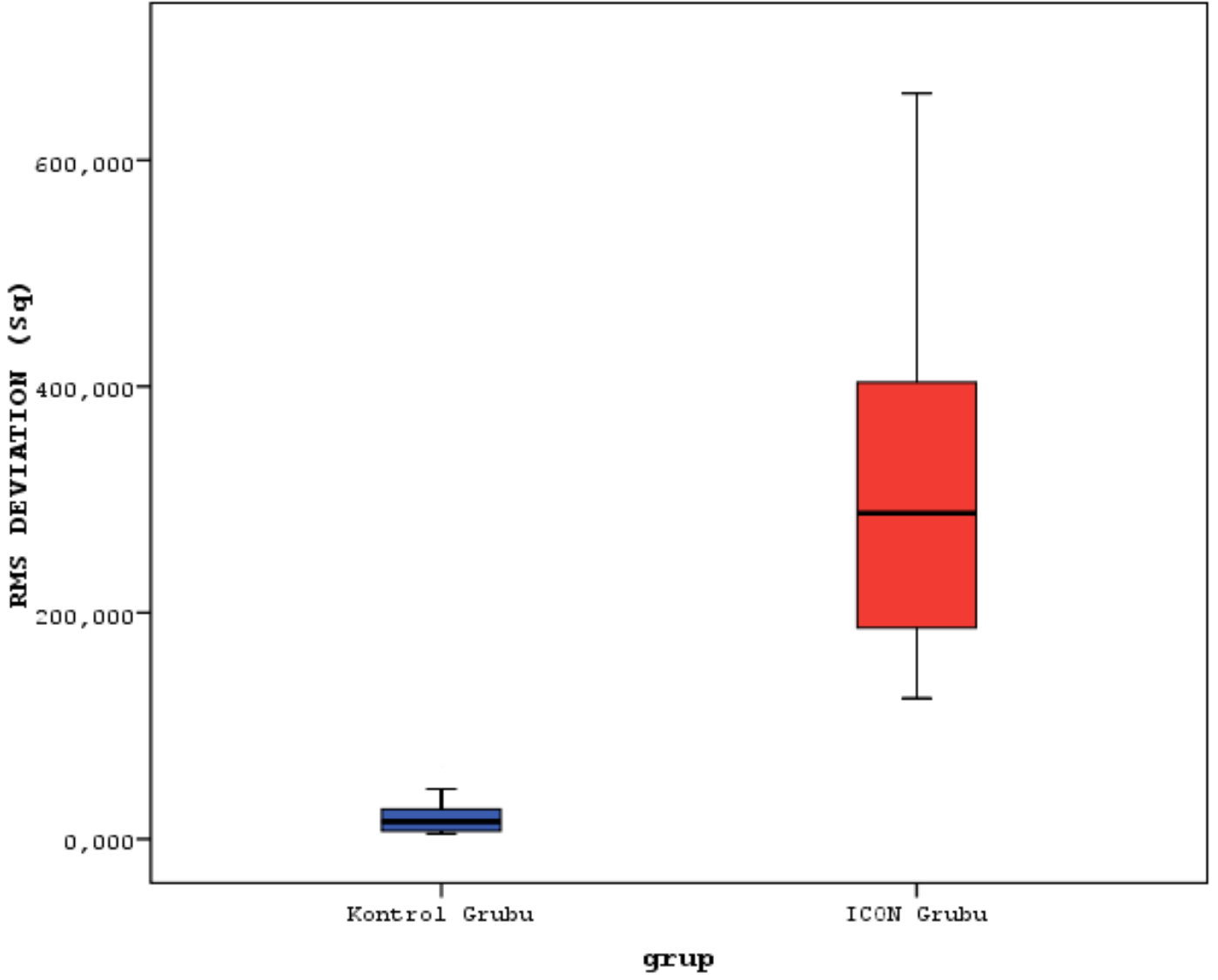
	N	RMS Deviasyonu (Sq)
Kontrol Grubu	30	19,15±14,77
ICON Grubu	30	311,71±147,03
p		0,0001

Tablo 6. Kontrol ve Icon® gruplarının Sq değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması (*p<0,05)

Icon® grubunun Sq ortalamaları yani ortalama yüzey pürüzlülüğü, kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu (p=0,0001).



Grafik 3. İki grup arasındaki RMS deviasyon farkının şematize edilmesi



Grafik 4. İki grup arasındaki Sq değeri farkının şematize edilmesi

	Nanometre (nm)	Mikrometre (μm)
GRUP	RMS DEVIASYONU (Sq)	
KONTROL 1	6,302	0,006302
KONTROL 2	6,352	0,006352
KONTROL 3	9,295	0,009295
KONTROL 4	7,327	0,007327
KONTROL 5	5,794	0,005794
KONTROL 6	17,37	0,01737
KONTROL 7	19,13	0,01913
KONTROL 8	14,66	0,01466
KONTROL 9	62,39	0,06239
KONTROL 10	41,14	0,04114
KONTROL 11	34,86	0,03486
KONTROL 12	23,89	0,02389
KONTROL 13	5,647	0,005647
KONTROL 14	11,66	0,01166
KONTROL 15	18,71	0,01871
KONTROL 16	11,64	0,01164
KONTROL 17	40,44	0,04044
KONTROL 18	16,26	0,01626
KONTROL 19	31,90	0,0319
KONTROL 20	4,628	0,004628
KONTROL 21	26,36	0,02636
KONTROL 22	9,492	0,009492
KONTROL 23	5,258	0,005258
KONTROL 24	17,89	0,01789

KONTROL 25	44,17	0,04417
KONTROL 26	37,469	0,037469
KONTROL 27	5,291	0,005291
KONTROL 28	7,332	0,007332
KONTROL 29	24,753	0,024753
KONTROL 30	6,998	0,006998
ICON 1	403,5	0,4035
ICON 2	138,4	0,1384
ICON 3	317,1	0,3171
ICON 4	536,1	0,5361
ICON 5	553,6	0,5536
ICON 6	186,7	0,1867
ICON 7	521,2	0,5212
ICON 8	421,9	0,4219
ICON 9	659,1	0,6591
ICON 10	320,4	0,3204
ICON 11	388,8	0,3888
ICON 12	288,1	0,2881
ICON 13	124,2	0,1242
ICON 14	294,1	0,2941
ICON 15	287,6	0,2876
ICON 16	429,7	0,4297
ICON 17	178,6	0,1786
ICON 18	303,9	0,3039
ICON 19	260,5	0,2605
ICON 20	265,2	0,2652

ICON 21	178,7	0,1787
ICON 22	289,7	0,2897
ICON 23	212,0	0,212
ICON 24	183,4	0,1834
ICON 25	141,8	0,1418
ICON 26	215,3	0,2153
ICON 27	569,0	569,0
ICON 28	138,4	0,1384
ICON 29	251,3	0,2513
ICON 30	230,1	0,2301

Tablo 7. Kontrol ve Icon® gruplarında bulunan örneklerden elde edilen RMS deviasyon (Sq) değerleri

Kontrol ve Icon® gruplarından elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü deviasyonu (Sa), ortalama yükseklik ve maksimum deviasyon değerleri istatistiksel olarak karşılaştırıldı. Sa (ortalama pürüzlülük), sık kullanılan istatistiksel olarak güvenilir ve tekrarlanabilen bir parametredir.

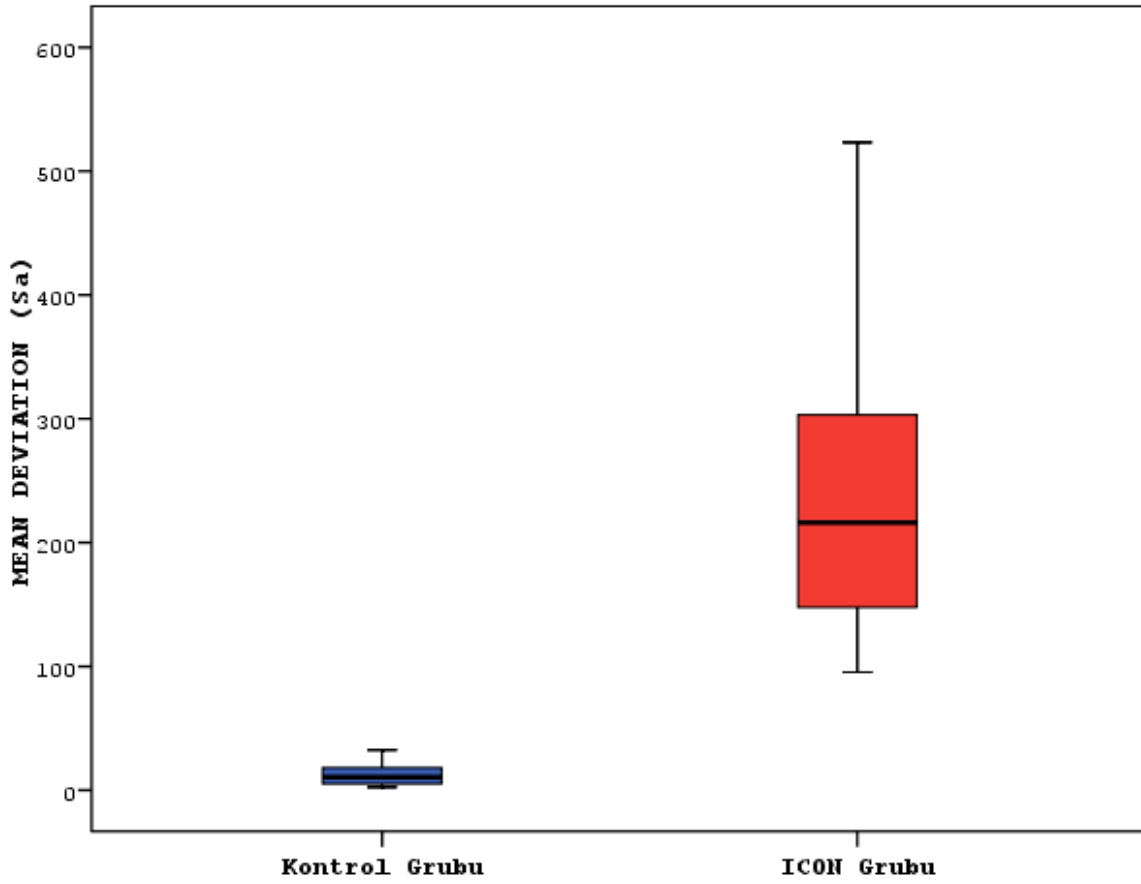
		Kontrol Grubu	ICON Grubu	p
Ortalama	Ort±SS	13,26±9,65	229,85±108,13	
Deviasyon (Sa)	Median (IQR)	10,58 (5,05-19,2)	216,10 (144,15-303,8)	0,0001
Ortalama	Ort±SS	82,7±60,53	541,9±338,82	
Yükseklik	Median (IQR)	74,04 (26,32-111,75)	622 (316-75-740,6)	0,0001
Maks.	Ort±SS	138,02±129,95	229,75±356,47	
Deviasyon	Median (IQR)	100,89 (55,18-189,48)	1,98 (1,44-608,15)	0,01

Tablo 8. Kontrol ve Icon gruplarının ortalama deviasyonu, ortalama yüksekliği ve maksimum deviasyonu (*p<0,05)

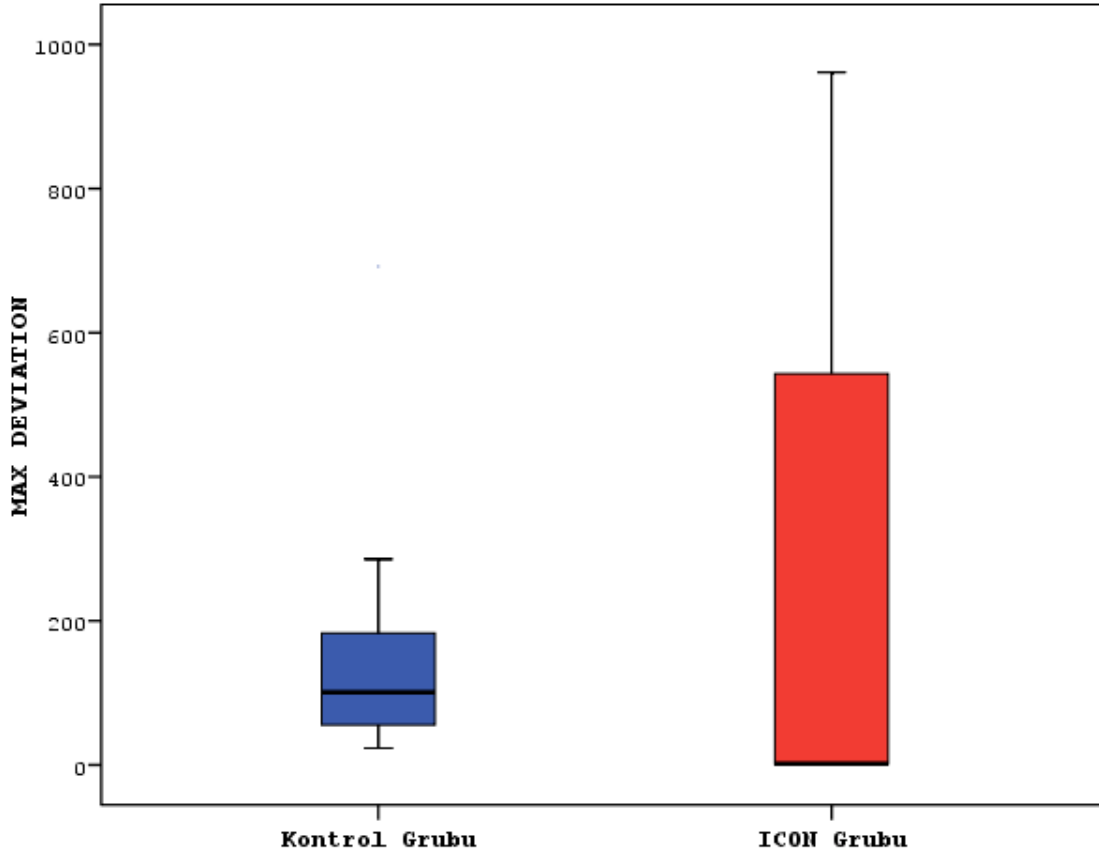
ICON grubunun Sa ortalamaları ($229,85 \pm 108,13$) kontrol grubundan ($13,26 \pm 9,65$) istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,0001$).

ICON grubunun ortalama yükseklik ortalamaları ($541,9 \pm 338,82$) kontrol grubundan ($82,7 \pm 60,53$) istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,0001$).

ICON grubunun maksimum deviyasyon ortalamaları ($229,75 \pm 356,47$) kontrol grubundan ($138,02 \pm 129,95$) istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,01$).



Grafik 5. İki grup arasındaki Sa değerleri farkının şematize edilmesi

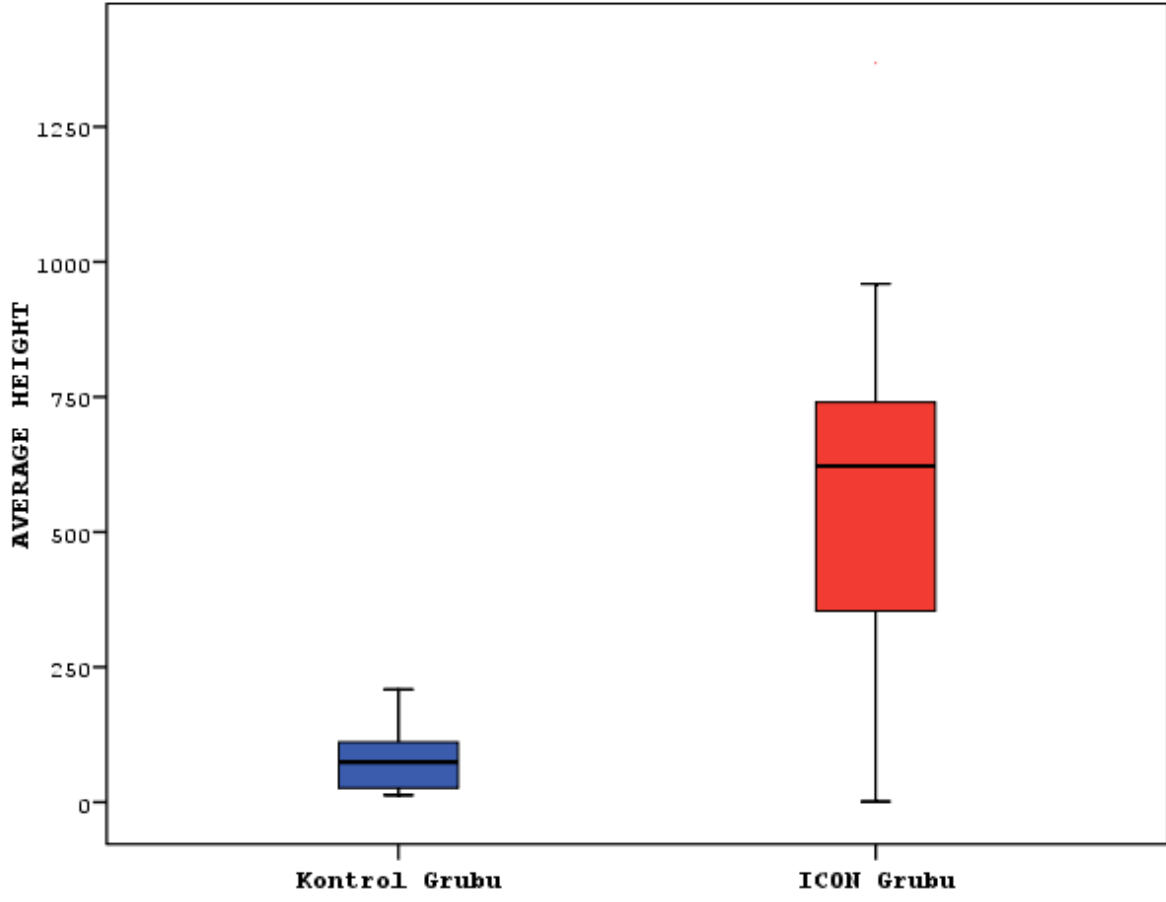


Grafik 6. İki grup arasındaki maksimum deviasyon farkının şematize edilmesi

	NANO- METRE (nm)	MİKRO- METRE (µm)	NANO- METRE (nm)	MİKRO- METRE (µm)	NANO- METRE (nm)	MİKRO- METRE (µm)
GRUP	ORTALAMA DEVIASYON (Sa)		ORTALAMA YÜKSEKLİK		MAKSİMUM DEVIYASYON	
KONTROL 1	5,184	0,005184	21,07	0,02107	30,51	0,03051
KONTROL 2	4,645	0,004645	26,42	0,02642	77,47	0,07747
KONTROL 3	7,346	0,007346	25,94	0,02594	85,67	0,08567
KONTROL 4	5,474	0,005474	49,5	0,0495	49,5	0,0498
KONTROL 5	4,314	0,004314	15,7	0,0157	53,68	0,05368
KONTROL 6	10,37	0,01037	72,79	0,07279	236,6	0,2366
KONTROL 7	12,1	0,0121	183	0,183	183	0,183
KONTROL 8	10,79	0,01079	60,06	0,06006	80,45	0,08045
KONTROL 9	28,71	0,02871	87,74	0,08774	692,1	0,6921
KONTROL 10	32,47	0,03247	208,9	0,2089	208,9	0,2089
KONTROL 11	27,83	0,02783	197,2	0,1972	231,7	0,2317
KONTROL 12	18	0,018	178,9	0,1789	177,2	0,1772
KONTROL 13	3,956	0,003956	103,6	0,1036	62,9	0,0629
KONTROL 14	9,401	0,009401	33,07	0,03307	55,68	0,05568
KONTROL 15	14,33	0,01433	113,1	0,1131	131,5	0,1315
KONTROL 16	9,301	0,009301	42,42	0,04242	59,8	0,0598
KONTROL 17	32,15	0,03215	105,6	0,1056	105,8	0,1058
KONTROL 18	12,86	0,01286	95,98	0,09598	95,98	0,09598
KONTROL 19	24,87	0,02487	160,1	0,1601	219,1	0,2191
KONTROL 20	3,562	0,003562	21,54	0,02154	62,04	0,06204
KONTROL 21	18,1	0,0181	87,74	0,08775	280	0,28
KONTROL 22	6,736	0,006736	29,98	0,02998	133,1	0,1331
KONTROL 23	4,283	0,004283	13,08	0,01308	23,34	0,02334
KONTROL 24	13,35	0,01335	111,3	0,1113	118,8	0,1188
KONTROL 25	31,5	0,0315	167,4	0,1674	285,8	0,2858
KONTROL 26	22,5	0,0225	110,2	0,1102	32,8	0,0328
KONTROL 27	2,475	0,002475	35,7	0,0357	43,3	0,0433
KONTROL 28	11,1	0,0111	26	0,026	152,3	0,1523
KONTROL 29	4,204	0,004204	21,6	0,0216	38,9	0,0389

KONTROL 30	5,746	0,005746	75,3	0,0753	132,7	0,1327
ICON 1	305,9	0,3059	108,6	0,1086	1,888	0,001888
ICON 2	113,4	0,1134	353,9	0,3539	543,2	0,5432
ICON 3	243,8	0,2438	741,0	0,741	1,670	0,00167
ICON 4	381,1	0,3811	1,328	0,001328	1,943	0,001943
ICON 5	420,3	0,4203	1,464	0,001464	2,354	0,002354
ICON 6	151,3	0,1513	631,8	0,6318	677,5	0,6775
ICON 7	389,2	0,3892	959,1	0,9591	1,831	0,001831
ICON 8	330,5	0,3305	868,2	0,8682	1,310	0,00131
ICON 9	523,2	0,5232	1,562	0,001562	2,365	0,002365
ICON 10	237,4	0,2374	840,8	0,8408	1,340	0,00134
ICON 11	303,1	0,3031	1,368	0,001368	1,439	0,001439
ICON 12	216,4	0,2164	892,2	0,8922	1,978	0,001987
ICON 13	95,34	0,09534	521,7	0,5217	521,7	0,5217
ICON 14	227,4	0,2274	740,2	0,7402	951,6	0,9516
ICON 15	200,2	0,2002	639,6	0,6396	1,554	0,001554
ICON 16	300,5	0,3005	1,559	0,001559	2,431	0,002431
ICON 17	133,5	0,1335	441,8	0,4418	861,7	0,8617
ICON 18	227,4	0,2274	840,7	0,8407	1,977	0,001977
ICON 19	182,9	0,1829	704,2	0,7042	1,776	0,001776
ICON 20	215,8	0,2158	644,3	0,6443	1,086	0,001086
ICON 21	122,0	0,122	580,4	0,5804	1,388	0,001388
ICON 22	154,9	0,1549	622,0	0,622	2,259	0,002259
ICON 23	171,4	0,1714	593,0	0,593	679,0	0,679
ICON 24	147,7	0,1477	637,9	0,6379	758,8	0,7588
ICON 25	110,7	0,1107	449,1	0,4491	961,5	0,9615
ICON 26	97,63	0,09763	279,6	0,2796	673,1	0,6731
ICON 27	232,5	0,2325	701,4	0,7014	1,429	0,001429
ICON 28	175,4	0,1754	548,3	0,5483	1,329	0,001329
ICON 29	362,8	0,3628	1,261	0,001261	1,432	0,001432
ICON 30	121,9	0,1219	401,5	0,4015	1,639	0,001639

Tablo 9. Kontrol ve Icon gruplarında bulunan her bir örneğe ait Sa, ortalama yükseklik ve maksimum deviasyon değerleri (nm ve µm cinsinden)



Grafik 7. Kontrol ve Icon grupları arasındaki ortalama yükseklik farkı

5. TARTIŞMA

Kavitasyon göstermeyen başlangıç çürük lezyonların tedavi edilmesinde ağız hijyeninin geliştirilmesi, diyet düzenlenmesi, florid, CPP-ACP ve çeşitli antibakteriyel ajanların kullanımı gibi invazif olmayan yöntemler uygulanmıştır (187). Günümüzde önemli olan, başlangıç çürüğünün ilerlemeden saptanması, ilerlemesinin durdurulması, remineralizasyonunun sağlanması ve böylece doğal diş dokusu kaybının önlenmesidir. Bu şekildeki tedavi yaklaşımları sayesinde özellikle çocuk hastalar için daha zor olan ve yüksek maliyetli tedavilerin önüne geçilebilmektedir.

Backer-Dirks'a göre (1966), oluşan beyaz nokta lezyonların %51'i doğal bir şekilde kendilerini onarabilmekte veya durdurabilmektedirler (80). Bu lezyonların kendi kendini onarmasını beklemek hekimin insiyatifine kalmıştır; ayrıca hekimin onarım işlemini hızlandırabileceği çeşitli remineralizasyon ajanlarının bulunması etkili tedavi stratejileridir. Ancak bu stratejilerin etkili olabilmesi için lezyonun erken safhada olması gerekçesi ve geniş bir zaman dilimi ile hasta uyumunun şart olması bu tedavi yöntemlerini zor kılmaktadır. Bu yöntemlerin her hastaya uygun olmamalarının yanı sıra, bir diğer dezavantajı, kaybolan diş dokusunu mineraller ile telafi etmeleri ve bu minerallerin devam eden asit ataklarına karşı zayıf olmalarıdır (83). Bazı araştırmacılar, bu dezavantajların yok edilmesi ve başlangıç çürük lezyonun durdurulması adına **Buonocore (1955)** (25) tarafından önerilen klasik fissür örtücü uygulamasını kavitasyon göstermeyen başlangıç çürük lezyonlarına uygulamışlardır (188, 189). Fissür örtücüler, bir başka deyişle örtücüler, profilaktik veya terapötik amaçla kullanılabilen materyaller olup genellikle BIS-GMA rezin, cam iyonomer, kompomer ve akışkan kompozit materyallerdir (189). Bu tedavi yöntemindeki amaç, başlangıç çürük lezyonu ile asidik ortam arasında, yani çürük yapıcı mikroorganizmalar ile besin kaynakları arasındaki bağlantıyı keserek arada bir koruyucu bariyerin oluşturulmasıdır (138). Resin infiltrasyon yöntemi ile fissür örtücü uygulaması arasındaki en büyük fark; infiltrasyon yönteminde lezyon içerisinde difüzyon bariyeri oluşturulurken, fissür örtücü uygulamasında bariyerin lezyon yüzeyinde oluşturulmasıdır. Resin infiltrasyon ile ilgili yapılan çalışmalarda fissür örtücüler de kullanılmış ve fissür örtücülerin kısmen lezyonu penetre edebildiğini ancak bu penetrasyonun çürük lezyonunu durdurmak için yetersiz olduğu bildirilmiştir (82, 104).

Günümüze kadar, başlangıç çürük lezyonların infiltre edilmesinde infiltran olarak çeşitli materyaller kullanılmıştır. Bunlardan ilki asidik şartlarda demineralizasyonu engelleyebilen ve lezyondaki por hacminin %60 kadarını tıkayan resorcinol-formaldehit'dir. **Robinson ve ark. (1976)**, kendi belirtmiş oldukları ideal infiltran materyalinde olması gereken kriterlerin büyük bir çoğunluğuna sahip olması nedeniyle bir resorcinol-formaldehit rezini seçmişlerdir. Ancak bu materyalin oksidasyon sonucu meydana gelen kırmızı rengi, polimerizasyon sırasında büzülme ve kök ucu etrafında irritasyon oluşturma gibi istenmeyen etkileri olduğundan kullanımı terk edilmiştir (81, 82).

Daha sonraki yıllarda piyasada mevcut olan bazı adeziv materyallerin rezin infiltrasyondaki kullanımı da araştırılmıştır (89, 104, 108, 190). Çürük lezyonların adeziv materyaller ile infiltre edilmesi, fissür örtücüler ile infiltre edilmesinden daha avantajlı bulunmuştur. Adeziv materyaller, daha düşük viskoziteye sahip olmaları, proksimal bölgeye daha kolay bir şekilde uygulanmaları ve daha retantif olmaları nedeniyle tercih edilmişlerdir (191). Yapılan çalışmalar, adeziv materyallerin yapay olarak oluşturulan sığ lezyonları tamamen penetre edebildiğini ancak doğal ve daha derin olan başlangıç çürük lezyonlarını yetersiz miktarda penetre edebildiğini bildirmişlerdir (83, 100, 104). Doğal lezyonlarda bulunan kalın yüzey tabakası bu materyallerin penetrasyonunu engellemektedir. Bu sebeple asit uygulaması yapılarak sert yüzeyel tabakanın kaldırılması gerekmektedir. Asit, yüzey tabakasının porözitesini arttırarak materyalin lezyon göndesine infiltrasyonunu kolaylaştırmaktadır (192). Adeziv ve fissür örtücü materyalleri geliştirilirken daha çok adezyon kabiliyetleri göz önünde bulundurulduğundan yetersiz penetrasyon özelliği göstermeleri bu sebeple normal kabul edilmektedir (193, 194).

Daha önce bahsedilen invazif olmayan yöntemler kaviteleşmemiş başlangıç lezyonlarını durdurmak veya kontrol altına almak için yetersiz kalabileceğinden, **Robinson ve ark.'nın (1976)** (81) temelini attığı 'çürük lezyonun infiltrasyonu' konsepti modifiye edilmiştir (195). Günümüzde minimal invazif tedaviler arasında yerini alan rezin infiltrasyon tekniği, kavitasyonun henüz gerçekleşmediği başlangıç çürük lezyonlarına düşük vizkoziteli rezinlerin uygulanması ile sağlanmaktadır. Bu tedavi yöntemi ile ilgili bazı çalışmalar yapılarak 2009 yılında Alman DMG firması tarafından özellikle çürük lezyonun infiltre edilmesi amacıyla TEGDMA bazlı olan Icon[®] materyali piyasaya sunulmuştur (77).

Icon® materyali ile yapılan sınırlı sayıdaki çalışmalarda penetrasyon derinliği ve miktarı (106, 112, 113, 148, 196, 197), penetrasyon homojenitesi ve kalitesi (123, 179, 184), mikrosertlik (153, 154, 155, 182, 198, 199), *S. mutans* adezyonu (179), yüzey pürüzlülüğü (138, 200, 201), renk stabilitesi (202), aşınma direnci (142), materyal uygulamasını takiben devam eden demineralizasyon koşullarındaki lezyon ilerleyişi (115, 199, 203, 204) ve bağlanma dayanımı (205, 206) incelenmiştir. Materyalin nano boyuttaki yüzey kalitesi ile rakamsal olarak pürüzlülüğünü büyük bir örnek grubunda araştıran bir çalışmaya rastlanılmadığından ve aynı zamanda Icon® infiltranının mikrosertliği çalışmalarda değişkenlik gösterdiğinden infiltranın uygulanmadığı sağlam mine ve yapay çürük lezyonlarını, materyalin uygulandığı yapay çürük lezyonları ile karşılaştırmak amacıyla bu çalışma planlanmıştır. Ayrıca Icon® materyalinin penetrasyon kalitesini SEM ile inceleyen çalışma az olduğundan bu tez çalışmasına bu parametre dahil edilmiştir.

Doğal lezyonlarda biyofilm kalıntıları, karbonhidrat, lipid ve proteinlerin iç mine yüzeylerine bağlanıp bağlanmadığı çalışmalarla araştırılmıştır (207, 208). Bu yapıların doğal lezyonlarda bulunan porları tıkayabileceğinden dolayı bazı durumlarda etkin olmayan, eksik bir penetrasyon meydana gelebilmektedir. Doğal lezyonlarda bulunan yüzey tabakasının organik hacmi de oldukça yüksek olduğundan, yapay lezyonlar ile karşılaştırıldığında daha az remineralizasyon, geçirgenlik ve infiltrasyon görülmektedir (208). Yapay lezyonlarda bu dezavantajın olmaması ile birlikte yapılan infiltrasyon çalışmasını standardize etmek amacıyla ve kolay ve tekrar edilebilir bir işlem olması açısından, bu tez çalışmasında, laboratuvar ortamında yapay beyaz lezyonlar oluşturmak tercih edilmiştir.

Yapay çürük benzeri lezyonları, homojen bir şekilde demineralize olmuş mine alanlarıdır. Örneklerin farklı içeriklere sahip demineralizasyon solüsyonlarında farklı süreler boyunca bekletilmeleri sonucu lezyon derinliği değişkenlik göstermektedir. Ancak örneklerin demineralizasyon solüsyonunda uzun süre boyunca bekletilmesi durumunda mine yüzeyinde yıkım meydana gelmektedir. Bu sebeple yapay lezyon oluşturmak bir nevi sınırlı bir olaydır ve doğal lezyonlardan daha sığ lezyonlar elde edilmektedir (185).

Bu tez çalışmasında oluşturulan beyaz lezyonlar, sığır dişlerin vestibüler yüzeyleri kullanılarak meydana getirilmiştir. Başlangıç mine çürüklerinin infiltre edilmesi üzerine yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğunda sığır dişi kullanılmıştır (3, 85, 104, 115, 209). Ulaşılabilirliğin kolay olması, yüzeylerinin geniş olması, insan minesine benzer kimyasal

yapıda olmaları ve oluşturulan yapay lezyonların insan mine lezyonlarına benzemesi açısından kullanımları avantajlıdır. Ancak sığır dişlerinin minesini insan minesine göre daha poröz yapıdadır ve demineralizasyon solüsyonlarından daha kolay etkilenmektedirler (210).

Sığır dişlerinde oluşturulan yapay lezyonlar standardize, doğal lezyonlardan (yaklaşık 40-50 µm) daha ince bir yüzey tabakasının oluşması (yaklaşık 20 µm) (211), güvenilir desikasyon (kurutma) işleminin gerçekleşebilmesi ve oluşan lezyonların doğal lezyonlara göre daha sığ olmasından kaynaklanan daha etkin bir penetrasyon göstermeleri açısından doğal insan dişi lezyonlarından farklılık göstermektedir (199). Yapay lezyonlarda yaklaşık 20 µm kalınlığına sahip olan yüzey tabakasının uzaklaştırılması amacıyla %15'lik hidroklorik asit uygulaması önem taşımaktadır. Ayrıca klinik şartlarda, ortodontik tedavi sırasında oluşan ve yüzeysel olarak bir miktar remineralize olmuş olan beyaz nokta lezyonların kalın bir yüzey tabakası bulunmaktadır. Bu tür lezyonların bir defadan fazla asitlenmesi gerekebileceği çalışmalarla bildirilmiştir (212).

Rezin infiltrasyon tekniği ve Icon® materyalinin incelendiği çalışmalarda yapay beyaz lezyonların oluşturulması amacıyla örneklerin farklı demineralizasyon süreleri boyunca demineralizasyon solüsyonuna maruz bırakıldıkları görülmüştür (115, 153, 179, 183, 206, 213). Bu süreler 6 saatten (179) 200 güne (213) kadar değişkenlik gösterebilmektedir. Demineralizasyon süresinin artması sonucu demineralizasyon derinliği de artmaktadır. Bu tez çalışmasında derin lezyonlara gereksinim olmadığından sığ bir demineralizasyon derinliği uygun bulunmuştur. Yapılan pilot çalışma sonucu 2 saat boyunca demineralize edilen mine yüzeylerinin Icon® uygulaması için yeterli olduğu saptanmıştır. Seçilen bu demineralizasyon modeli tüm parametrelerin incelenmesi için yeterli bulunmuştur.

Icon® infiltranının mikrosertliğini inceleyen bir çok çalışma bulunmaktadır (138, 153, 154, 155, 182, 198, 199, 204). İnfiltran sağlam mine ile karşılaştırıldığı bu çalışmalarda yüzeyler, mikrosertlik değerleri açısından farklılık göstermişlerdir. Çalışmaların büyük bir çoğunluğu Icon® materyalinin mikrosertliğini sağlam mineye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulmuştur; ancak infiltran mikrosertliğinin sağlam mine ile aynı olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur.

Rezin infiltrasyon tekniğinde, polimerizasyon büzülmesinin kompanse edilebilmesi ve mikroporöziteleri tıkayabilmesi için infiltranın iki defa uygulanması gerekmektedir (133). Demineralize minenin mikroporöziteleri infiltran ile başarılı bir şekilde dolduğunda, minenin yüzey pürüzlülüğünde bir azalmanın gözlenmesi beklenmektedir (2). Dental tedavilerin oluşturduğu yüzey pürüzlülüğü materyale bağımlı olan bir parametredir. Bazı dental materyaller pürüzsüz yüzeylere yol açarken bazı materyaller oldukça pürüzlü yüzeyler yaratabilmektedir. Pürüzlü yüzeyler bakteriyel adezyonu arttırarak plak oluşumunu hızlandırmaktadır. Plak oluşumu sonucunda minede demineralizasyon riski artmaktadır (214). Literatürde AFM kullanılarak Icon® uygulaması sonrası yüzey pürüzlülüğü inceleyen sadece bir çalışma mevcuttur (201). Bu sebeple, bu tez çalışmasında AFM kullanarak büyük bir örnek grubunun yüzey pürüzlülüğü incelemek amaçlanmıştır.

Mine dokusu ile sınırlı olan başlangıç çürük lezyonları, lezyon gövdesinde meydana gelen mineral kaybı ve bir pseudo-sağlam yüzey tabakası ile karakterizedir. Lezyon içerisindeki mikroporlar, asit ve çözünmüş mineraller için bir geçiş yolu oluşturmaktadır. Bu geçiş yolları ile demineralizasyonun devam etmesi ve dolayısıyla çürük lezyonun ilerlemesi mümkün olmaktadır. Kapiller kuvvetlerin etkisiyle ışıkla polimerize olan düşük viskoziteli rezin yani infiltran materyalin uygulanması ile mikroporların tıkanması gerçekleşerek çürük lezyonun ilerlemesi azaltılmakta veya engellenmektedir (213). Ayrıca polimerize edilmiş infiltranın zayıflamış olan mine yapısını güçlendirdiği bildirilmiştir (199). Rezin infiltrasyon tekniğinde, kaybolan mineraller rezin ile telafi edilmektedir (79).

Piyasada bulunan infiltran materyalin mikrosertliği ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (138, 179, 215). Doğal lezyonlara uygulanan infiltran materyalin zayıflayan diş dokusunu etkin bir şekilde destekleyip desteklemediğini ve yüzey pürüzlülüğü değerinin kabul edilebilir bir aralıkta olup olmadığını gösteren yeterli sayıda kalitatif (nitel) ve kantitatif (nicel) analizlerin henüz yapılmadığı bildirilmiştir (200).

Bu tez çalışmasındaki mikrosertlik testleri, Vickers ucu bulunan mikrosertlik cihazı ile yapılmıştır. Materyal uygulamalarından ve mikrosertlik incelemesinden önce kontrol, demineralizasyon ve Icon® gruplarındaki örnekler sırasıyla 600, 1200 ve 2500 grenli zımparalar ile su soğutması altında cilalanmışlardır. Cilalama işleminin yapıldığı açı ve uygulanan kuvvet, mikrosertlik ölçümlerinde farklı ölçüm sonuçlarına yol açabileceğinden, büyük önem taşımaktadır. Cilalama işleminin mümkün olduğunca yere paralel olarak

yapılması gerekmektedir. Mikrosertlik ölçümü için hazırlanan örnekler soğuk akrilik yardımıyla metal halkaların içerisine gömülmüştür. Fazla kuvvet yanlış açı ile uygulandığında veya eşit olmayan cilalama yapıldığında metal halkaların bir yüzeyi daha parlak görünmektedir. Bu parlaklıklar sayesinde rahatça cila ve zımparalama kontrolü yapılarak yere paralel ve pürüzsüz mine yüzeyleri elde edilmiştir.

Rezin infiltrasyon tedavisinin en önemli hedefleri poröz lezyon gövdesinin güçlendirilmesi ve mikrosertliğin artırılmasıdır. İnfiltran rezinlerin penetrasyon derinliği, polimerizasyon büzülmesi ve mikrosertliği gibi özelliklerinin infiltran materyalin içeriğine bağlı olabileceği yönünde görüşler bulunmaktadır. **Paris ve ark.'na göre (2013)**, infiltran materyalin ikinci kez tekrar uygulanması bu parametreleri etkilemektedir. Rezin infiltranın tekrar uygulanması halinde polimerizasyon büzülmesi veya yetersiz penetrasyon durumları telafi edilebilmektedir (199).

Paris ve Meyer-Leuckel (2008), yaptıkları çalışmada Icon® materyalinin uygulanma sıklığının yapay lezyona ve mikrosertliğe etkisini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda iki defa uygulanan Icon® materyalinin lezyon ilerleyişini azaltma ve mikrosertliği artırma kapasitesinin olduğunu bildirmişlerdir (215).

Bu tez çalışmasında kontrol, demineralizasyon ve materyalin iki kez uygulanmış olduğu Icon® grupları arasında mikrosertlik ortalaması açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p=0,0001$). Beklendiği gibi demineralizasyon grubunun mikrosertlik ortalamaları, kontrol ve Icon® gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,0001$). Kontrol ve Icon® gruplarının mikrosertlik ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığa rastlanılmamıştır. Yani bu tez çalışmasında, Icon®'un sağlam mine yüzeyine benzer mikrosertliği olduğu ve yapay beyaz lezyonların mikrosertliğini arttırdığı saptanmıştır. Bu tez çalışmasının mikrosertlik bulguları, daha önce yapılan çalışmalar ile uyum içerisindedir:

Pancu ve ark. (2011), yapay beyaz lezyonlara uygulanan Icon®'un yalnızca demineralize edilen mine yüzeyinden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bir mikrosertlik değerine sahip olduğunu bildirmişlerdir (155).

Torres ve ark. (2012), sığır dişlerinde oluşturuıkları yapay beyaz lezyonları ve Icon® uygulanmış beyaz lezyonları mikrosertlik açısından karşılaştırıp değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda Icon® materyali uygulanan yüzeylerin, demineralize mine yüzeylerinden daha yüksek mikrosertliğe sahip olduğu bildirilmiştir (154).

Taher ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada Icon® ve Seal-Rite materyallerini (Pit & Fissure sealant, Pulpdent, Watertown, MA, USA) mikrosertlik açısından sağlam mine yüzeyi ile karşılaştırmışlardır. İki kez uygulanan Icon® materyalinin mikrosertlik değerleri ile sağlam minenin mikrosertlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa rastlanılmadığı bildirilmiştir. Ancak Icon® materyalinin mikrosertlik değerinin fissür örtücünün mikrosertlik değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (138).

Bu tez çalışmasının mikrosertlik bulguları **Paris ve ark.'nın (2013)** mikrosertlik bulguları ile kısmen uyumludur. Sağlam mine ve demineralize minenin mikrosertlik değerleri bu tez çalışmasının değerlerine benzer olsa da araştırmacılar, infiltranın sağlam ve demineralize mineye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek mikrosertlik değerine sahip olduğunu saptamışlardır (199).

Tostes ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada Icon® materyalini sığır dişlerinde oluşturulan beyaz lezyonlarına uygulamış ve mikrosertlik açısından değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda Icon® uygulanan dişlerin mikrosertliği infiltranın uygulanmadığı başlangıç lezyonlarına göre daha yüksek bulunmuştur (204).

Bu tez çalışmasının sağlam mineye ait mikrosertlik değerleri bulguları **Ma ve ark. (1997)**, **Schmitt ve ark. (2008)**, **Mugisa ve ark. (2010)** ve **Borges ve ark. (2010)**'nın çalışmaları ile de benzerlik göstermektedir (216, 217, 218, 219).

İnfiltran materyallere etanolün eklenmesi çalışmalarla incelenmiştir (90, 102). Etanolün materyal penetrasyonunu artırırken mikrosertliği azalttığı bildirilmiş olsa da porların içerisinde bulunan sıvının kurutulması için şarttır. İnfiltran içeriğinin modifiye edildiği ve infiltranın uygulama sıklığının mikrosertliğe etkisi deneysel çalışmalarla incelenmiştir (199). **Paris ve ark. (2013)'na göre**, infiltranın iki defa uygulanması mikrosertliği arttırmaktadır. İnfiltran, ilk uygulama sırasında dolduramadığı poroziteleri ikinci

uygulamada telafi etmektedir ve devam eden demineralizasyon şartlarında bile mineral kaybını azaltmaktadır. Bu tez çalışmasında, materyal kitapçığındaki talimatlarla uyumlu olarak, Icon® materyali iki defa uygulanmıştır. Kontrol ve Icon® grupları mikrosertlik açısından karşılaştırıldığında gruplarının mikrosertlik ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır (p= 0,073).

Belli ve ark. (2011), sığır minesinde çürük olayını hızlandırabilecek makroskopik boyutta boşlukların olduğunu bildirmişlerdir. Bu büyük boşlukların rezin ile infiltre olması güçtür; dolayısıyla minede zayıf mekanik özellikler gösteren infiltran ile doldurulamamış demineralize alanlar gözlenebilmektedir. Aynı zamanda mine yüzeyinde mekanik özellikleri güçlü olan mineral yoğunluğu yüksek rezin ile doldurulmuş alanlar da görülebilmektedir (142). Bu etkiler çalışmalarda değişkenlik gösteren mikrosertlik değerlerinin sebepleri olarak düşünülebilmektedir.

SEM, mine dokusundaki yapıların ve detayların incelenmesi için sık kullanılan güvenilir bir araçtır (220). Yüzey topografisi incelemesi için etkili bir yöntem olsa da beraberinde çeşitli sınırlamalar getirmektedir. Bunlardan en önemlisi yüzeyi iki boyutlu olarak görüntülemesidir (221). Bu sebeple yüzey topografisini AFM ile, penetrasyon kalitesini ise SEM ile araştırmak bu tez çalışmasında tercih edilmiştir.

İnfiltranlar, adeziv ve fissür örtücülerden penetrasyon hızlarının daha fazla olması, düşük viskoziteye sahip olmaları, mine yüzeyi ile düşük kontakt açısı yapmaları ve yüksek yüzey gerilimi göstermeleri açısından farklılık göstermektedirler (84). İnfiltranlar, bu üstün özellikleri sayesinde başarılı penetrasyon özellikleri sergilemektedirler (82, 100).

SEM kullanılarak Icon® infiltranı incelenmiştir (112, 138, 142, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185). Bu tez çalışmasında Icon® materyalinin penetrasyon miktarı rakamsal olarak hesaplanmamıştır; yalnızca SEM kullanarak penetrasyonun kalitesi incelenmiştir. Penetrasyon miktarını sayısal olarak hesaplayan çalışmalarda en sık kullanılan Konfokal Lazer Taramalı Mikroskopi'nin (CLSM) yanı sıra (106, 113, 148, 196, 197) Stereomikroskopi (222) ve Polarize Işık Mikroskobu ile Floresans Mikroskopi'nin birlikte kullanıldığı görülmüştür (184). Konvansiyonel floresan boya tekniği kullanılarak infiltranın lezyon içerisine penetre olma miktarını CLSM ile ölçmek mümkündür. CLSM, dental materyallerin incelenmesinde yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. En büyük dezavantajı optik tomografi şeklinde görüntü

vermesidir. Dolayısıyla örneklerden ince kesitlerin alınması ve ışığın farklı dalga boyları karşısında farklı renkler gösteren özel floresan boyalarla işaretlenmeleri gerekmektedir (223). Ancak **Paris ve ark. (2009)** konvansiyonel yöntemlerle boyamanın yani infiltrana floresan boya katılmasının penetrasyon özelliklerini olumsuz etkilediğinden yeni bir boyama tekniği olan indirekt boya tekniğini geliştirmişlerdir. Bu teknikte infiltrana boya eklemek yerine floresan boya direkt lezyon yüzeyine uygulanmaktadır. Araştırmacılar, bu tekniğin penetrasyon miktarını daha doğru bir şekilde yansıttığını bildirmişlerdir (111, 224).

Icon® infiltranının penetrasyon derinliğini yapay ve doğal lezyonlarda inceleyen bir çok çalışma bulunmaktadır (114, 224). **Meyer-Lueckel ve ark. (2011)**, derinliği 400 µm ve 500 µm'den fazla olan başlangıç çürük lezyonlarına Icon® uygulamış ve infiltranın sayısal olarak penetrasyon miktarını araştırmışlardır. Lezyon içerisindeki difüzyon yollarında etkin tıkanmanın gerçekleşmesi için bu iki derinlik yeterli bulunmuştur. Tüm lezyonlarda nerdeyse tam bir penetrasyon gözlemlendiği bildirilmiştir. Çalışmada 3 dakikalık bir penetrasyon süresinin sonunda infiltranın doğal lezyonlara penetrasyon miktarının 600 µm'ye kadar ulaşabildiği saptanmıştır (114). **Pancu ve ark. (2011)** ise yüksek viskoziteye sahip olan Icon® infiltranının maksimum 800 µm derinliğine kadar penetre olabildiğini bildirmişlerdir (155).

Paris ve ark. (2011), sürekli dişlerdeki kaviteleşmemiş başlangıç lezyonlarına 3 dakika boyunca Icon® uygulamış ve infiltran materyalin ortalama olarak lezyonun %70 kadarını penetre edebildiğini saptamışlardır (121).

Ogodescu et al. (2012), süt dişlerdeki doğal beyaz lezyonlara 2 dakika boyunca Icon® uygulamış ve penetrasyon miktarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda 2 dakika uygulanan Icon®'un 300 µm'den fazla derinliğe sahip lezyonların %85,7'sini penetre edebildiği bildirilmiştir (224).

Paris ve ark. (2012) ise süt dişlerindeki doğal beyaz lezyonlara yarım, bir, üç ve beş dakika boyunca Icon® infiltranının penetre olmasını sağlayarak penetrasyon derinliklerini hesaplamış ve değerlendirmişlerdir. 3 ve 5 dakika penetrasyona bırakılan lezyonların neredeyse tamamen rezin ile infiltre oldukları görülmüştür. 1 dakika boyunca penetrasyona bırakılan infiltranın lezyonun %60'ını penetre ettiği bildirilmiştir (148). Süt dişlerinde bu kadar kısa sürede bu yüksek oranın görülmesinin sebebi yapısal farklılıklar ve mineral yapı olarak düşülmektedir. Süt dişi minesini, sürekli diş minesine göre organik yapıdan daha zengin,

daha az mineralize ve daha porözdür. Dolayısı ile difüzyon katsayısı süt dişlerinde daha yüksektir (225, 226). Ayrıca süt dişlerinde daha ince bir yüzey tabakasının bulunduğu da bildirilmiştir (110).

Paris ve ark. (2014), Icon® materyali ve bir fissür örtücünün (Helioseal, Ivoclar, Vivadent) penetrasyon kabiliyetlerini ICDAS 0, 1 ve 2 koduna sahip lezyonlarda incelemiştir. ICDAS kod 0 lezyonlarının ortalama lezyon derinliği 117 µm iken, ICDAS kod 1 lezyonların ortalama lezyon derinlikleri 731 µm olarak saptanmıştır. ICDAS kod 2 lezyonların ortalama lezyon derinlikleri ise 1192 µm olarak bildirilmiştir. Icon®'un uygulandığı ICDAS 2 lezyonlarında, fissür örtücülere göre daha derin bir penetrasyon gözlenmiştir. Icon® grubunda penetrasyon yüzdesi %41, fissür örtücünün ise %11 olduğu saptanmıştır. Ancak sığ lezyonlar olan ICDAS kod 0 ve 1 lezyonlarında, Icon® ve fissür örtücülerin penetrasyon miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (197).

Bu tez çalışmasında SEM ile inceleme sonucunda materyalin homojen ve yüzeysel bir penetrasyon gösterdiği saptanmıştır. Bu yüzeysel penetrasyonun demineralizasyon süresinden kaynaklandığı ve örneklerin daha uzun süre solüsyonda bırakılması halinde daha derin lezyonların oluşacağı ve daha derin bir penetrasyon gözleneceği düşünülmektedir. Bu tez çalışmasının sonucunda söz konusu materyalin beyaz lezyonlara penetrasyonu başarılı olarak değerlendirilmiştir. Mikroporözitelerin homojen bir şekilde tıkanması mekanik olarak yapıyı güçlendirirken, porlarda kalmış olan mikroorganizmaları besinsiz bırakmakta ve devam eden demineralizasyon koşullarında lezyonun stabilitesini korumasına sebep olmaktadır.

Yüzey pürüzlülüğünü nano boyutta ölçmek amacıyla SEM gibi kalitatif (nitel) veya profilometri gibi kantitatif metodlar kullanmak mümkündür. Yakın zamanda kullanımı yaygınlaşan AFM, diş hekimliğinde kullanılan çeşitli materyallerin özelliklerinin incelenmesi amacıyla kullanılmıştır. AFM, nanometrik çözünürlükte üç boyutlu yüzey görüntüsü elde etmemize olanak sağlayan bir cihazdır. Ayrıca SEM'in dezavantajları olan vakum ve örneğin kaplanması gibi ihtiyaçları bulunmamaktadır. Yüzey pürüzlülüğün saptanmasında en etkili yöntem olduğu bildirilmiştir (221, 227).

Bu tez çalışmasında kullanılan Taramalı Elektron Mikroskobu ve Atomik Kuvvet Mikroskobu gibi nano ölçekte ölçme ve inceleme yapabilen mikroskoplar ile mine yüzeyleri başarıyla incelenebilmektedir (220). SEM ve AFM'nin yanısıra kontakt veya kontakt olmayan profilometri cihazı ve CLSM kullanılarak diş yüzeylerini incelemek mümkündür. SEM ile yüzey topografisi incelemenin çeşitli zorlukları ve sınırlamaları olduğundan (221) bu tez çalışmasında yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi için AFM seçilmiştir.

Yüzey özelliklerin profilometrik araçlarla incelenmesi materyalin yüzey pürüzlülüğü hakkında bilgi vermektedir. Yüzeyde görülen deviasyonlar rakamsal olarak ifade edilmektedir. Eğer deviasyon, yani normalden sapma değerleri büyük ise yüzey pürüzlü olarak, küçük ise de pürüzsüz bir yüzey olarak kabul edilmektedir (228). Bu tez çalışmasında AFM'den elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde literatürde en çok kullanılan parametrelerden biri olan RMS değeri (S_q), yani bütün yüzeyin nano-düzeydeki ortalama pürüzsüzlük değeri dikkate alındı.

RMS (R_q veya S_q), yani karekök pürüzlülük değeri, farklı alanlarda kullanılan bir istatistiksel ölçüm birimidir. AFM'den elde edilen değerler arasında en sık kullanılan büyüklük parametresi S_q 'dur (229). S_q , ölçümlerin karesini alan bir fonksiyondur. Bir yüzeyin RMS pürüzlülüğü ortalama pürüzlülük (S_a) değerine benzerdir. Aralarındaki tek fark, RMS'te ortalama değerlerin karesinin alınmasıdır (230). Formüldeki değerlerin karesinin alınması sebebi ile S_q değeri yüzeylerdeki yükseklik ve vadilere daha duyarlıdır. Dolayısıyla bu parametre ortalama değerlere göre daha büyük deviasyonları saptanamaya yaramaktadır. AFM kullanarak diş yüzeylerinin incelendiği ve yüzey pürüzlülüğünün saptandığı çalışmalar mevcuttur (201, 227, 231, 232). Ancak AFM kullanarak Icon® ile rezin infiltrasyonun ve yüzey pürüzlülüğünün incelendiği bir tane çalışma bulunmaktadır (201). İnfiltrasyon uygulanan dişlerin yüzey pürüzlülüğü hakkında az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda materyal, sıgır dişlerinde oluşturulan yapay beyaz lezyonlara veya sağlam insan dişlerine uygulanmıştır; bu sebeple insan dişi kullanarak doğal lezyonların yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmalıdır (175, 201).

AFM'den alınan görüntüler cihazın tapping modu sayesinde elde edilmiştir. Tapping modu en sık kullanılan görüntüleme yöntemi olmakla birlikte örnek yüzeyinden çok detaylı görüntüler elde etmemizi sağlayan bir yöntemdir. AFM incelemelerinde sık olarak bir yüzeyde bulunan yükseklikler veya pürüzler, bazen de yüzeyde bulunan porların hacmi değerlendirilmektedir. Bu incelemelerde iki ve üç boyutlu görüntüler alınmaktadır. Bu görüntülerde yüksek noktalar açık renk (örnek: sarı), alçak noktalar ise daha koyu renkler (örnek: koyu kırmızı, siyah) ile belirtilmektedir. Böylece yüzey görüntülerini ve görüntülerindeki yapıları nitelik ve nicelik olarak değerlendirmek ve karakterize etmek (partiküllerin boyut, şekli ve yüksekliği) mümkündür (231). Yükseklik ve yüzey pürüzlülüğü değerleri tek başına değerlendirilemez, ancak gruplar arası karşılaştırma yapılarak bu iki değer birbiri göre büyüklüğü değerlendirilmektedir (233).

Bu tez çalışmasında AFM'den elde edilen bazı görüntülerde, diğer görüntülerden farklı olarak taranan yüzeylerin bazılarında yüzey pürüzlülük değerlerini arttıran defektler olduğu gözlenmiştir. Pürüzlülük değerini arttıran faktörlerin yüzeydeki materyal kalıntıları ve/veya cilalama sırasında meydana getirilen defektler olduğu düşünülmektedir. Resim 70'deki yüzeyin en derin ile en yüksek noktaları arasındaki mesafenin fazla (350,5 nm) olduğu görüldü. Bu durumun örnek üzerindeki (taranan alanın en üst sol köşesi) derin bir bozukluktan meydana geldiği düşünüldü (Resim 70). Resim 75'deki örneğin incelenmesi sonucu, Resim 74'deki örneğe göre daha düzgün bir yüzeye sahip olduğu gözlendi. Yüzeyde saptanan pürüzlü bir noktanın yüksekliği yaklaşık 1500 nm olarak saptandı. Taranan yüzeyde saptanan pürüzlü noktaların en derin ve en en yüksek noktaları arasındaki farkın (2,480 µm) az olduğu fakat kontrol grubundaki örneklere kıyasla bu farkın daha fazla olduğu görüldü.

Kontrol grubundaki örneklerin yüzeyi ile görüntüsel olarak karşılaştırıldığında Icon® grubundaki örneklerin daha pürüzlü yüzeylere sahip olduğu gözlendi (Resim 69-78). İncelenen 30 örneğin tümünden benzer görüntüler elde edilmiştir. Mine yüzeyinin genel olarak homojen olmadığı ve yüzeyde çeşitli granüler tarzda yükseltelerin bulunması dikkat çekmiştir; ancak bu granüllerin görüntüsel olarak miktarı ve dağılımı farklılık göstermiştir. Taranan yüzeylerin en derin ile en yüksek noktaları arasındaki farklar kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Kontrol grubundaki örneklerin tümünde bu farkların nanometre (nm) boyutunda olduğu saptanırken, Icon® grubundaki örneklerde görülen pürüzlü noktaların mikrometre (µm) boyutunda olması göze çarpmaktadır.

Bu tez çalışmasında AFM ile incelenen kontrol grubu örneklerinden elde edilen bulgular ve görüntüler **Pyne ve ark. (2009)**'nın bulguları ile uyum içerisindedir. **Pyne ve ark. (2009)**, hiç bir uygulamanın yapılmadığı sığır dişlerin mine yüzeylerini AFM ile incelemiştir. Bu tez çalışmasında olduğu gibi taranan mine yüzeylerinde ufak pürüzlü noktaların varlığı dışında genel olarak yüzeyin düz olduğu ve cila işleminden kaynaklanan lokalize depresyonların varlığı saptanmıştır (232). **Batina ve ark. (2004)**, sağlıklı bir insan dişi ile yaptıkları AFM çalışmasında tapping modunu kullanarak minenin ortalama yüzey pürüzlülüğünü 116,50 nm (0,1165 µm) olarak bildirmişlerdir (231).

Cross ve ark. (2009), sığır dişleri kullanarak yaptıkları çalışmada AFM kullanarak yüzey pürüzlülüğünü incelemiştir. Sağlam sığır dişlerinin RMS (Sq) değerini 42,8±26,5 nm olarak bildirmişlerdir (233). Bu tez çalışmasında ise sağlıklı sığır dişleri minesini incelenerek yüzey pürüzlülüğün, yani RMS (Sq) ortalamalarının, 19,15±14,77 nm değerleri arasında değişkenlik gösterdiği bulunmuştur.

Taher ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada Icon® ve Seal-Rite materyallerini (Pit & Fissure sealant, Pulpdent, Watertown, MA, USA) yüzey kalitesi açısından karşılaştırmışlardır. Icon® materyali uygulanmış yüzeylerin pürüzlülüğü, sağlam mine ile karşılaştırıldığında, herhangi bir artış göstermemiş olup aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa rastlanılmadığı bildirilmiştir (138).

Taher (2013), yaptığı çalışmada Icon® ve Seal-Rite materyallerini insan premolarlarına uygulamış ve 6 ay boyunca 37° C'da steril suda bekletip AFM yoluyla yüzey pürüzlülüğü açısından karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda materyaller arasında anlamlı bir farklılığa rastlanılmamıştır. Seal-Rite materyalinin sağlam ve homojen bir tabaka, Icon® materyalinin ise ince ve homojen olmayan bir tabaka şeklinde görüldüğü bildirilmiştir. Aynı zamanda Icon® materyalinin uygulandığı örneklerde hafif düzeyde mine pürüzlülüklerine rastlandığını bildirmiştir (201). Bu tez çalışmasında, **Taher ve ark.'nın (2013)** sonuçlarına benzer olarak homojen olmayan bir Icon® yüzeyi ile nanometre boyutunda mine pürüzlülüklerine rastlanılmıştır.

Ulrich ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada üç boyutlu taramalı mikroskop (Focus Variation 3D Scanning Microscope, Alicona Imaging) kullanarak doğal lezyonlara Icon® uygulaması sonucunda ortalama yüzey pürüzlülük değerini (Sa) araştırmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda sağlam kontrol grubunun ortalama Sa değerleri 0,99-1,77 µm arasında değişkenlik gösterirken Icon® grubundaki örneklerin ortalama Sa değerleri 2,26-2,81 µm arasında değişkenlik göstermiştir. Sağlam mine grubuna göre Icon® grubunda istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek Sa değerleri saptanmıştır (200). Bu tez çalışmasında kontrol grubunun ortalama Sa değerleri 0,03247-0,002475 µm arasında değişkenlik göstermiştir. Daha önce yapılan çalışmalara göre, çalışmamızda saptanan Sa değerleri daha küçük bulunmuştur. Ancak infiltran materyalin kontrol grubuna göre pürüzlü bulunması benzer bir bulgudur.

Paris ve ark.'na göre (2006), materyalin ışıkla polimerize edilmesinden önce yüzeyde kalan fazla infiltran materyalin silinerek uzaklaştırılması gerekmektedir. Uzaklaştırılmadığı takdirde yüzeyde kalan ince materyal tabakası retansiyona sebep olarak plak birikimine ve çürüğe yol açabilmektedir (234). Bu tez çalışmasında da materyal polimerize edilmeden önce mine yüzeyinde kalan infiltran bir pamuk rulo yardımıyla silinerek uzaklaştırılmıştır. AFM ile inceleme sonucunda yüzeyde hala bir miktar materyalin kaldığı ve cila yapılmasına rağmen mikrometre boyutunda pürüzlü noktalara rastlanılmıştır. Icon® materyalinin uygulandığı yüzeylerdeki RMS deviasyonu (Sq) ortalaması 311,71±147,03 nm olarak bulunmuştur. Kontrol grubuna (19,15±14,77) kıyasla bu değer oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Yüzey pürüzlülüğünün 200 nm'den (0,2 µm) düşük olması durumunda yüzeydeki pürüzlülüğün plak birikiminde etkisiz olduğunu ancak bu değer üzerindeki değerlere sahip yüzeylerde mutlaka plak birikimi olacağını bildiren çalışmalar bulunmaktadır (214, 235, 236, 237, 238).

Bu tez çalışmasında, daha önce yapılan çalışmalarla uyumlu olarak, 0,2 µm (200 nm) baz alınarak yüzey pürüzlülük değerleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre Icon® materyalinin uygulandığı yüzeyler hafif pürüzlü olarak değerlendirilmiştir. Yapılan istatistiksel analizde Icon® grubunun (n=30) ortalama karekök pürüzlülük yani Sq veya RMS değeri ortalaması kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (p= 0,0001). Elde edilen Sq değerinin her biri 0,2 µm ile karşılaştırıldığında, bir çok değer 0,2 µm'den büyük olduğu saptanmıştır. Bu bilgiye göre, bu tez çalışmasında incelenen Icon® materyalinin biyofilm ve plak birikimi açısından orta risk grubunda olduğu düşünülebilir. Bu

materyalin uygulandığı yüzeyler standart sarı cila kupası ile cilalanmıştır. Daha farklı bir cila sisteminin kullanılması sonucu daha iyi sonuçlar alınabileceği ve dolayısıyla çürük ve periodontal hastalık riskinin azaltılabileceği düşünülmektedir. Bu materyalin uzun dönemdeki başarısını anlayabilmek adına daha çok uzun süreli klinik takip çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu tez çalışmasının pilot çalışmasında, Icon[®] materyali uygulaması sonrası cila işlemi görmeyen yüzeyler AFM ile yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmiştir (n=6). Ancak AFM ile incelenebilmesi ve iğne ucun kırılmaması için örneklerin mümkün olduğunca pürüzsüz olması gerekmektedir. Cilalanmayan örneklerden başarılı sonuçlar elde edememe ve tarama işlemini gerçekleştiren ucun kırılma riski bulunduğundan çalışmaya yalnızca cila işlemi görmüş örnekler dahil edilmiştir. AFM ile az sayıda incelenen cilalanmamış örnekler cilalanan örnekler ile görsel olarak karşılaştırıldığında cilalanmamış örneklerin aşırı pürüzlü bir yüzeye sahip oldukları görülmüş ve AFM cihazında incelenemeyecek kadar pürüzlü olduklarına karar verilmiştir.

Burgess ve Cakir (2009), Icon[®] materyalini doğal lezyonlara uygulamış ve uygulama sonrası yüzeyi cilalanan ve cilalanmayan dişlerin yüzey pürüzlülüğünü beyaz lezyonların ve hiç bir uygulamanın yapılmadığı sağlam mine yüzeylerinin yüzey pürüzlülükleri ile karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada kontakt olmayan profilometri kullanılarak yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda Icon[®] uygulanmış yüzeyi cilalanan ve cilalanmayan dişlerin yüzey pürüzlülük değerleri ile sağlam mine ve beyaz lezyon değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Sonuç olarak Icon[®] materyalinin sağlam mine ile benzer yüzey özellikleri gösterdiğini ve yüzey pürüzlülüğünü arttırmadığını bildirmişlerdir (174).

Bu tez çalışmasının AFM'den elde edilen ortalama pürüzlülük değerleri (Sa) **Yang ve ark.'nın (2010)** IFM (Üç Boyutlu Işık-Optik Mikroskopu) kullanarak elde ettikleri Sa değerleri ile uyum içerisindedir (239). İnfiltrat olmuş lezyonların ortalama Sa değerlerinin kritik değer olarak kabul edilen 0,2 μm 'yi aştığı ve kontrol gruplarının ortalama Sa değerlerinin 0,2 μm 'den az olduğu saptanmıştır. Ayrıca bu tez çalışmasında elde edilen ortalama yükseklik değeri (541,9 μm) **Yang ve ark.'nın (2010)** çalışmasında elde edilen ortalama yükseklik değerinden oldukça büyüktür. Bu tez çalışmasının AFM incelemesinde

materyale ait yüzey pürüzlülüğü değerlerin yüksek çıkmasının sebebinin yüzeydeki materyal kalıntılara bağlı olduğu belirtilmiştir.

Yuan ve ark. (2013), yapay başlangıç mine lezyonlarına rezin infiltrasyon uygulaması ve farklı materyaller ile cilalamanın yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Sığır dişlerinde oluşturulan lezyonlara rezin infiltrasyon uygulandıktan sonra örnekler cila işlemi görmeyen grup, cila kupası kullanılan grup, cila diskleri kullanılan grup ve HiLuster (KerrHawe, Bioggio, Switzerland) cila sistemi kullanılan grup olmak üzere 4 gruba ayrılmışlardır. Çalışmanın sonucunda, cila işlemi gören örneklerin cila işlemi görmeyen örneklerle göre daha düşük yüzey pürüzlülüğüne sahip olduğu saptanmıştır. Cilalanan örnek grupları kendi aralarında karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Araştırmacılar, infiltrasyon işlemi sonrası yüzey pürüzlülüğünün arttığını ve uygulamanın yapıldığı yüzeylerin mutlaka cilalanması gerektiğini bildirmişlerdir. Özellikle küçük grenli cila kupaları ve disklerinin daha etkili olduğunu vurgulamışlardır (240).

Ionescu ve ark.'na göre (2012), rezin bazlı materyallerin yüzeyinde kalan rezin matriks ve doldurucu partiküller *Streptococcus mutans* biyofilmlerin oluşumunu etkilemektedir. Resin bazlı materyallerin yüzeyinde açıkta kalan rezin matriks miktarının ve biyofilm oluşumunun azaltılması amacıyla cila işleminin yapılması önerilmektedir (241).

Bu tez çalışmasında Icon® materyalinin pürüzlü bir yüzeye sahip olduğu gözlemlenmiştir. **Schmidlin ve ark.'na göre (2012)**, infiltran uygulanan yüzeyin üzerine bir adezivin uygulanması yüzey kalitesini arttırmakta ve yüzey pürüzlülüğünü azaltmaktadır (180). İnfiltrat olmuş lezyonların yüzey pürüzlülüğünün artış gösterdiği bildirilmiştir (175). Icon® uygulanan yüzeyin üzerine bir tabaka adezivin uygulanması ile yüzey pürüzlülüğünü azaltmak mümkün olabilir ancak bu konuda daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır (180). **Yetkiner ve ark.'nın (2013)** bulguları, **Schmidlin ve ark.'nın (2012)** bulguları ile benzerlik göstermektedir. Çalışmanın sonucunda Icon® ile beraber uygulanan Transbond XT primer ve Heliobond adezivlerinin yüzeyde homojen bir tabaka oluşturarak devam eden demineralizasyon koşullarına karşı etkin bir koruma sağladığı ve materyalin aşınma direncini arttırdıkları bildirilmiştir (242). Icon® materyalinin penetrasyon süresinin kısaltılmasına yönelik çalışmaların yapılması önerilmiştir (114). Penetrasyon süresinin azaltılması, özellikle çalışma süresininin kısa tutulması gerektiği çocuk hastalarda büyük fayda sağlayacaktır.

Çürük lezyonun rezin ile infiltre edilmesinde Icon® gibi TEGDMA bazlı, düşük viskoziteye sahip ışıkla sertleşen rezinler kullanılmalıdır. **Araujo ve ark. (2013)**, Icon® materyali ile farklı konsantrasyonlarda BisEMA, TEGDMA, UDMA, HEMA ve etanol içeren deneysel infiltranları polimerizasyon kabiliyetleri, penetrasyon homojenitesi ve derinliği, mikrosertlik ve fiziksel özellikleri açısından değerlendirilmiş ve karşılaştırılmışlardır. Penetrasyon derinliği açısından Icon® grubu en yüksek homojeniteyi (%100) göstermiştir. Deneysel infiltran materyalleri homojen (%100) ve homojen olmayan (%70) olmak üzere değişkenlik göstermişlerdir. Penetrasyon homojenitesi açısından deneysel infiltran materyalleri kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemişlerdir. Bu da bazı monomerlerin eklenmesi sonucu materyal özelliklerinin zarar görebileceğini göstermektedir. Bu sonuçların zamanla daha çok yıkıma sebep olabileceği düşünülmektedir; bu sebeple deneysel infiltranların fiziksel ve kimyasal özellikleri ve modifikasyonları ile ilgili daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışma sonucunda bazı hidrofobik monomerlerin TEGDMA'ya eklenmesi sonucu fiziksel özelliklerinin bozulduğu ve hidrofobik monomerlerin TEGDMA'ya eklenmesinin penetrasyon derinliğini ve infiltranların homojenitesini olumlu yönde etkilemediği saptanmıştır (123).

Askar ve ark. (2015), yakın zamanda yaptıkları çalışmada Icon® materyaline farklı oranlarda mikro-doldurucu partiküllerin eklenmesi sonucu meydana gelen penetrasyon kabiliyeti değişikliklerini CLSM kullanarak araştırmışlardır. Farklı partikül boyutlarına sahip 2 tane organik doldurucu ile bir tane inorganik cam doldurucu Icon® infiltranına ayrı ayrı eklenmiştir. Çalışmanın sonucunda organik doldurucu partiküller içeren deneysel infiltranın piyasada mevcut olan Icon® infiltranı ile benzer penetrasyon özellikleri gösterdiğini bildirmişlerdir (213). Bu bilgiler doğrultusunda Icon® infiltranının mekanik, penetrasyon ve yüzey özelliklerini arttırmak amacıyla gelecekteki çalışmaların bu konuda yoğunlaşacağı düşünülmektedir.

6. SONUÇLAR

1. Kontrol, demineralizasyon ve Icon[®] gruplarının mikrosertlik (VSN) ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığa rastlanılmıştır ($p=0,0001$).
2. Demineralizasyon grubunun VSN ortalamaları, kontrol ve Icon[®] gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,0001$).
3. Kontrol ve Icon[®] gruplarının VSN ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa rastlanılmamıştır ($p=0,073$).
4. SEM ile inceleme sonucunda ince ve homojen bir Icon[®] tabakası gözlenmiştir. Demineralizasyon sonucu oluşan mikroporözitelerin materyal ile başarılı bir şekilde dolup tıkandığı görülmüştür. Icon[®] infiltranının interprizmatik bölgeye penetre olarak mine prizmalarını homojen bir şekilde sardığı saptanmıştır. Sonuç olarak, materyalin başarılı penetrasyon özelliklerine sahip olduğu düşünülmektedir.
5. AFM bulguları görüntüsel olarak incelendiğinde, Icon[®] grubunun kontrol grubuna göre daha pürüzlü yüzeylere sahip olduğu görülmüştür.
6. AFM yoluyla elde edilen RMS sapma değerleri (S_q) istatistiksel olarak değerlendirildiğinde Icon[®] grubunun S_q ortalamaları kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,0001$).
7. Icon[®] grubunun S_a ortalamaları kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,0001$).
8. Icon[®] grubunun ortalama yükseklik ortalamaları kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,0001$).
9. Icon[®] grubunun maksimum deviasyon ortalamaları kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,01$).

7. KAYNAKLAR

1. Steinberg S. A paradigm shift in the treatment of caries. *Gen Dent J*, 50: 333-338, 2002.
2. Kielbassa AM, Muller J, Gernhardt CR. Closing the gap between oral hygiene and minimally invasive dentistry: a review on the resin infiltration technique of incipient (proximal) enamel lesions. *Quintessence Int*, 40: 663-681, 2009.
3. Wiegand A, Stawarczyk B, Kolakovic M, Hammerle CH, Attin T, Schmidlin PR. Adhesive performance of a caries infiltrant on sound and demineralised enamel. *J Dent*, 39: 117-121, 2011.
4. Oesterle LJ, Shellhart WC, Belanger GK. The use of bovine enamel bonding studies. *Am J Orthod*, 113: 514-519, 1998.
5. Theodore R, Harold OH, Edward JS. *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. (5th ed.) Mosby, St. Louis, pp 17-63, 2006.
6. Nanci A. *Ten Cate's Oral Histology: Development, Structure and Function* (8th ed.) Elsevier Health Sciences, Missouri, pp 2-3, 2008.
7. Piesco NP, Simmelink J. Histology of Enamel. In: Avery JK. *Oral Development and Histology*. (3rd ed.) Thieme, New York, pp 153-171, 2002.
8. Ten Cate JM, Featherstone JDB. Physicochemical aspects of fluoride enamel interactions. In: Fejerskov O, Ekstrand J, Burt BA (eds). *Fluoride in Dentistry* (2nd ed.) Munksgaard, Copenhagen, pp 252- 269, 1996.
9. Fejerskov O, Kidd EAM, Nyvad B, Baelum V. Defining the disease: an introduction. In: Fejerskov O, Kidd EAM (eds). *Dental caries: the disease and its clinical management*. Blackwell Munksgaard, Copenhagen, pp 3-7, 2008.
10. Elliot IC. Structure, crystal chemistry and density of enamel apatites. In: Winter GB, Chadwick DJ, Cardew G. (eds). *Dental Enamel*. CIBA Foundation Symposium 205, John Wiley and Sons, Chichester, pp 54-56, 1997.

11. Robinson C, Weatherell IA, Hallsworth AS. Alterations in the composition of permanent human enamel during carious attack. In: Leach SA, Edgar WM (eds). Demineralisation and Remineralisation of the Teeth. IRL Press, Oxford, pp 209-223, 1983.
12. Meyer-Leuckel H, Paris S, Ekstrand KR. Development of Caries Infiltration. In: Meyer-Leuckel H, Paris S, Ekstrand KR (eds). Caries Management-Science and Clinical Practice. Thieme, New York, pp. 306-332, 2013.
13. www.thed3group.org
14. <http://www.slideshare.net/mtbj/enamel-26688865>
15. Nicholson JW. Biological Considerations. In: Summit JB, Robbins JW, Schwartz RS. Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach. (2nd ed.) Quintessence, IL, pp 1-25, 2001.
16. Rozzi RF. Enamel structure and development and its application in hominid evolution and taxonomy. J Hum Evol, 35: 327-330, 1998.
17. Robinson C, Weatherell JA, Hallsworth AS. Variation in composition of dental enamel within thin ground tooth sections. Caries Res, 5: 44-57, 1971.
18. Glimcher MJ, Friberg UA, Levine PT. The isolation and amino acid composition of enamel proteins of erupted bovine teeth. Biochem J, 93: 202-210, 1964.
19. Belcourt A, Gillmeth A. EDTA soluble-protein of human mature normal enamel. Calcif Tissue Int, 28: 227-231, 1979.
20. Yıldırım Y. Başlangıç mine lezyonlarının tedavisinde kazein fosfopeptit amorfoz kalsiyum fosfat (CPP-ACP)'ın etkisinin incelenmesi. Ege Üniversitesi, Doktora Tezi, İzmir, 2012.
21. <http://www.odont.uio.no/studier/ressurser/histologi/snitt/snitt.php?katalog=064>
22. Lynch CD, O'Sullivan VR, Dockery P, McGillicuddy CT, Sloan AJ. Hunter-Schreger Band patterns in human tooth enamel. J Anat, 217: 106-115, 2010.

23. Zijabeg N. Diş Gelişimi ve Anomalileri. Ege Üniversitesi, Doktora Tezi, İzmir, 2007.
24. Harris NO, Garcia-Godoy F. Introduction to Primary Preventive Dentistry. (6th ed). Pearson Prentice Hall, New Jersey, pp 46-72, 2004.
25. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res, 34: 849-853, 1955.
26. Nelson DGA, Featherstone JDB, Duncan JF, Cutress TW. Effect of carbonate and fluoride on the dissolution behaviour of synthetic apatites. Caries Res, 17: 200-211, 1983.
27. Ten Cate JM, Featherstone JDB. Mechanistic aspects of the interactions between fluoride and dental enamel. Crit Rev Oral Biol Med, 2: 283-296, 1991.
28. Hannig M, Hannig C. Nanomaterials in preventive dentistry. Nat Nanotechnol, 5: 565-569, 2010.
29. Ten Cate JM. Remineralization of caries lesions extending into dentin. J Dent Res, 80: 1407-1411, 2001.
30. Ten Cate JM, Duijsters PP. Influence of fluoride in solution on tooth demineralization. I. Chemical data. Caries Res, 17: 193-199, 1983.
31. Leach SA. Factors relating to demineralization and remineralization of the teeth, in Antalya, Turkey. Proceedings of a workshop, Pub RL Press, Oxford, 1985.
32. Curry JA, Tenuta LM. Enamel remineralization: Controlling the caries disease or treating early caries lesions? Braz Oral Res, 23 (Suppl): 23-30, 2009.
33. Hicks J, Garcia-Godoy F, Flaitz C. Biological Factors in Dental Caries. Enamel Structure and The Caries Process in the Dynamic Process of Demineralization and Remineralization (part 2). J Clin Pediatr Dent, 28: 119-124, 2004.
34. Peters MC. Strategies for noninvasive demineralized tissue repair. Dent Clin North Am, 54: 507-525, 2010.
35. Pickel FD, Cort W, Starr N, Bilotti A, Pigman W. Evaluation of enamel-rehardening agents in saliva. J Dent Res, 44: 855-859, 1965.

36. Walker G, Cai F, Shen P, Reynolds C, Ward B, Fone C, Honda S, Koganei M, Oda M, Reynolds E. Increased remineralization of tooth enamel by milk containing added casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. *J Dairy Res*, 73: 74-78, 2006.
37. Tscope P, Zandium DL, Martus P, Kielbassa AM. Enamel and dentine remineralization by nano-hydroxyapatite toothpastes. *J Dent*, 39: 430-437, 2011.
38. Garcia-Godoy F, Hicks MJ. Maintaining the integrity of the enamel surface: The role of dental biofilm, saliva and preventive agents in enamel demineralization and remineralization. *J Am Dent Assoc*, 139 (Suppl): 25S-34S, 2008.
39. Newbrun E. Current regulations and recommendations concerning water fluoridation, fluoride supplements and topical fluoride agents. *J Dent Res*, 71: 1255-1265, 1992.
40. Bowen WH, Pearson SK. The effects of sucralose, xylitol and sorbitol on remineralization of caries lesions in rats. *J Dent Res*, 71: 1166-1168, 1992.
41. Savaş S, Küçükylmaz E. Remineralization agents and caries preventive agents used in dentistry. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg*, 9: 113-125, 2014.
42. Barkowitz BKB, Moxham BJ, Holland GK. *Oral Anatomy, Histology and Embryology*. Mosby, St. Louis, pp 101-118, 2003.
43. Featherstone JD. The science and practice of caries prevention. *J Am Dent Assoc*, 131: 887-899, 2000.
44. Keleş K. Mine yüzeyindeki beyaz lezyonların ‘‘CPP-ACP’’ ile remineralizasyonu sonrası braket bağlanma dayanımlarının incelenmesi: İn vitro çalışma. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana, 2010.
45. Watt R, Sheiham A. Inequalities in oral health: A review of the evidence and recommendations for action. *Br Dent J*, 187: 6-12, 1999.
46. Anderson M. Risk assessment and epidemiology of dental caries: Review of the literature. *Pediatr Dent*, 24: 377-385, 2002.

47. Bratthall D, Hansel Petersson G. Cariogram-a multifactorial risk assessment model for a multifactorial disease. *Community Dent Oral Epidemiol*, 33: 256-264, 2005.
48. Twetman S, Fontana M. Patient caries risk assessment. *Monogr Oral Sci*, 21: 91-101, 2009.
49. Kallestal C, Fjelddahl A. A four-year cohort study of caries and its risk factors in adolescents with high and low risk at baseline. *Swed Dent J*, 31: 11-25, 2007.
50. Beaglehole R, Benzian H, Crail J, Mackay J. *The Oral Health Atlas. Mapping a neglected global health issue.* FDI World Dental Federation, Cointrin, Switzerland, 2009.
51. Kwan SYL, Petersen PE, Pine CM, Borutta A. Health-promoting schools: an opportunity for oral health promotion. *Bulletin of the World Health Organization*, 83: 677-685, 2005.
52. Keyes PH, Jordan HV. Factors influencing initiation, transmission and inhibition of dental caries. In: Harris RJ (ed). *Mechanisms of hard tissue destruction.* Academic Press, New York, 261-283, 1963.
53. Reich E, Lussi A, Newbrun E. Caries-risk assessment. *Int Dent J*, 49: 15-26, 1999.
54. Bowden GHW. The microbial ecology of dental caries. *Microb Ecol Health Dis*, 12: 138-148, 2000.
55. Robertson W. *A practical treatise on the diseases of the teeth, in which the origin and nature of decay are explained; and means of prevention pointed out.* Green & Longman, London, 1835.
56. Miller WD. *The micro-organisms of the human mouth and the local and general diseases which are caused by them.* SS White Dental Manufacturing Co., Philadelphia, S. Karger, Basel, 1973.
57. Black GV. Dr. Black's conclusions reviewed again. *Dental Cosmos*, 40: 440-451, 1898.

58. Ring ME (ed). *Dentistry: An illustrated history*. Harry N. Abrams Inc, New York, 1985.
59. Prinz H. *History of Dentistry*. Lea & Febriger, Philadelphia, pp 15-16, 1909.
60. Aas JA, Griffen AL, Dardis SR, Lee AM, Olsen I, Dewhirst FE, Leys EJ, Paster BJ. Bacteria of dental caries in primary and permanent teeth in children and young adults. *J Clin Microbiol*, 46: 1407-1417, 2008.
61. LeGeros RZ. Calcium phosphates in enamel, dentin and bone. In: Myers HM (ed.) *Calcium phosphates in oral biology and medicine*. Basel, Karger, pp 108–129, 1991.
62. LeGeros RZ, Trautz OR, LeGeros JP, Klein E. Carbonate substitution in the apatite structure. *Bull Soc Chim Fr (Spec Iss)*: 1712–1718, 1968.
63. Kidd EAM, Smith BGN, Watson TF. *Pickard's Manual of Operative Dentistry*. (8th ed.) Oxford Press Inc, New York, pp 5-31, 2003.
64. Stephan RM. Changes in hydrogen-ion concentration on tooth surfaces and in carious lesions. *JADA*, 27: 718-723, 1940.
65. Arends J, Christoffersen J. The nature of early caries lesions in enamel. *J Dent Res*, 65: 2-11, 1986.
66. Drucker DB. Optimum pH values for growth of various plaque streptococci, in vitro. In: McHugh WD (ed). *Dental plaque*. D.C. Thompson, Dundee, Scotland, pp 241–48, 1970.
67. Pinkham JR, Casamassimo PS, Fields HW, McTigue DJ, Nowak AJ. *Pediatric Dentistry. Infancy through adolescence*. (4th ed.) Elsevier Saunders, Missouri, pp 199–203, 2005.
68. Roberson TM, Heyman HO, Swift EJ. *Introduction to Art and Science of Operative Dentistry*. (5th ed.) Mosby, St. Louis, pp 67-134, 2011.
69. Darling AI. Studies of the early caries lesion of enamel caries with transmitted light, polarized light and radiography. *Br Dent J*, 101: 289-297, 1956.

70. Mount GJ Defining, classifying, and placing incipient caries lesions in perspective. *Dent Clin North Am*, 49: 701-723, 2005.
71. Koray F. Diş çürükleri. Dünya Tıp Kitapevi, İstanbul, ss 41-43, 1981.
72. Roopa KB, Pathak S, Poornima P, Neena IE. White spot lesions: A literature review. *J Pediatr Dent*, 3: 1-7, 2015.
73. Newbrun E. *Cariology*. (3rd ed.) Chicago, USA, pp 248-258, 1989.
74. Mellberg JR, Ripa LW. Formation of dental caries. In: Mellberg JR, Ripa LW (eds). *Fluoride in Preventive Dentistry: Theory and Clinical Applications*. Quintessence Publishing Co, Chicago, pp 15-40, 1983.
75. Fejerskov O, Thylstrup A. *Textbook of Clinical Cariology* (2nd ed.). Munksgaard, Copenhagen, pp 111-157, 1994.
76. Lundeen TF, Roberson TM. *Textbook of Cariology* (1st ed.). Munksgaard, Denmark, pp 60-126, 1983.
77. Kielbassa AM, Ulrich I, Treven L, Mueller J. An updated review on the resin infiltration technique of incipient proximal enamel lesions. *Med Evol*, 16: 3-15, 2010.
78. Huang TT, He LH, Darendeliler MA, Swain MV. Nanoindentation characterisation of natural carious white spot lesions. *J Caries Res*, 44: 101-107, 2010.
79. Sültaş-Şahin E. Başlangıç mine lezyonlarının tedavisinde florid ilave edilmiş kazein fosfopeptit amorföz kalsiyum fosfat (CPP-ACP) ile floridli süt vey suyun etkinliğinin araştırılması. Ankara Üniversitesi, Doktora Tezi, Ankara, 2011.
80. Backer-Dirks O. Post-eruptive changes in dental enamel. *J Dent Res*, 45: 503-511, 1966.
81. Robinson C, Hallsworth AS, Weatherell JA, Kunzel W. Arrest and control of carious lesions: A study based on preliminary experiments with resorcinol-formaldehyde resin. *J Dent Res*, 55: 812-818, 1976.

82. Paris S, Meyer-Lueckel H, Colfen H, Kielbassa AM. Resin infiltration of artificial enamel caries lesions with experimental light curing resins. *J Dent Mater*, 26: 582-588, 2007.
83. Robinson C, Brookes SJ, Kirkham J, Wood SR, Shore RC. In vitro studies of the penetration of adhesive resins into artificial caries-like lesions. *Caries Res*, 35: 136-141, 2001.
84. Paris S, Meyer-Leuckel H, Colfen H, Kielbassa AM. Penetration coefficients of commercially available and experimental composites intended to infiltrate enamel carious lesions. *Dent Mater*, 23: 742-748, 2007.
85. Meyer-Leuckel H, Paris S. Progression of artificial enamel caries lesions after infiltration with experimental light curing resins. *Caries Res*, 42: 117-124, 2008.
86. Alkilzy M, Berndt C, Meller C, Schidlowski M, Splieth C. Sealing of proximal surfaces with polyurethane tape: a two-year clinical and radiographic feasibility study. *J Adhes Dent*, 11: 91-94, 2009.
87. Gomez SS, Basili CP, Emilson CG. A 2-year clinical evaluation of sealed noncavitated approximal posterior carious lesions in adolescents. *Clin Oral Investig*, 9: 239-243, 2005.
88. Griffin SO, Oong E, Kohn W, et al. The effectiveness of sealants in managing caries lesions. *J Dent Res*, 87: 169-174, 2008.
89. Martignon S, Ekstrand KR, Ellwood R. Efficacy of sealing proximal early active lesions: an 18-month clinical study evaluated by conventional and subtraction radiography. *Caries Res*, 40: 382-388, 2006.
90. Paris S, Meyer-Leuckel H, Kielbassa AM. Resin infiltration of natural caries lesions. *J Dent Res*, 86: 662-666, 2007.
91. Paris S, Meyer-Leuckel H. Infiltrants inhibit progression of natural caries lesions in vitro. *J Dent Res*, 89: 1276-1280, 2010.
92. Paris S, Meyer-Leuckel H. Microinvasive caries treatment by resin infiltration. In: Splieth CH (ed). *Revolutions in Pediatric Dentistry*. Quintessence Pub, Germany, pp 104-115, 2011.

93. Ekstrand KR, Bakhshandeh A, Martignon S. Treatment of proximal superficial caries lesions on primary molar teeth with resin infiltration and fluoride varnish versus fluoride varnish only: efficacy after 1 year. *Caries Res*, 44: 41-46, 2010.
94. Parolo CC, Maltz M. Microbial contamination of noncavitated caries lesions: A scanning electron microscopic study. *Caries Res*, 40: 536-541, 2006.
95. Buckton G. *Interfacial Phenomena in Drug Delivery and Targeting*. Chur. Harwood Academic Publishers, pp 51-52, 1995.
96. Lasfargues JJ, Bonte E, Guerrieri A, Fezzani L. Minimal intervention dentistry: part 6. Caries inhibition by resin infiltration. *Br Dent J*, 214: 53-59, 2013.
97. Jensen OE, Handelman SL. Effect of an autopolymerizing sealant on viability of microflora in occlusal dental caries. *Scand J Dent Res*, 88: 382-388, 1980.
98. Donly KJ, Ruiz M. In vitro demineralization inhibition of enamel caries utilizing and unfilled resin. *Clin Prev Dent*, 14: 22-24, 1992.
99. Garcia-Godoy F, Summit JB, Donly KJ. Caries progression of white spot lesions sealed with an unfilled resin. *J Clin Pediatr Dent*, 21: 141-143, 1997.
100. Meyer-Leuckel H, Paris S. Improved resin infiltration of natural caries lesions. *J Dent Res*, 87: 1112-1116, 2008.
101. Paris S, Hopfenmuller W, Meyer-Leuckel H. Resin infiltration of caries lesions: an efficacy randomized trial. *J Dent Res*, 89: 823-826, 2010.
102. Meyer-Leuckel H, Paris S. Infiltration of natural caries lesions with experimental resins differing in penetration coefficient and ethanol addition. *Caries Res*, 44: 408-414, 2010.
103. Meyer-Leuckel H, Paris S, Kielbassa AM. Penetration of an infiltrant into natural caries lesions in vitro. *Caries Res*, 41: 274, 2007.
104. Meyer-Leuckel H, Paris S, Mueller J, Cölfen H, Kielbassa AM. Influence of the application time on the penetration of different adhesives and a fissure sealant into artificial subsurface lesions in bovine enamel. *Dent Mater*, 22: 22-28, 2006.

105. Meyer-Leuckel H, Schuch M, Buechting C, Doerfer C, Paris S. Caries infiltration on teeth varying in ICDAS-II codes in vitro. *J Dent Res*, 89 (Spec Iss B): 2522, 2010.
106. Lausch J, Paris S, Selje T, Dörfer CE, Meyer-Leuckel H. Resin infiltration of fissure caries with various techniques of pretreatment in vitro. *Caries Res*, 49: 50-55, 2015.
107. Icon Science Book, DMG, Hamburg, Germany, 2009.
108. Gray GB, Shellis P. Infiltration of resin into white spot caries-like lesions of enamel: an in vitro study. *Eur J Prosthodont Restor Dent*, 10: 27-32, 2002.
109. Meyer-Leuckel H, Paris S, Kielbassa AM. Surface layer erosion of natural caries lesions with phosphoric and hydrochloric acid gels. *Caries Res*, 41: 223-230, 2007.
110. Paris S, Dorfer CE, Meyer-Leuckel H. Surface conditioning of natural enamel caries lesions in deciduous teeth in preperation for resin infiltration. *J Dent*, 38: 65-71, 2010.
111. Paris S, Bitter K, Renz H, Hopfenmuller W, Meyer-Leuckel H. Validation of two dual fluorescence techniques for confocal microscopic visualization of resin penetration into enamel caries lesions. *Microscop Res Tech*, 86: 662-666, 2009.
112. Yim HK, Min JH, Kwon HK, Kim BI. Modification of surface pretreatment of white spot lesions to improve the safety and efficacy of resin infiltration. *Korean J Orthod*, 44: 195-202, 2014.
113. Paris S, Soviero VM, Schuch M, Meyer-Lueckel H. Pretreatment of natural caries lesions affects penetration depth of infiltrants in vitro. *Clin Oral Investig*, 17: 2085-2089, 2013.
114. Meyer-Leuckel H, Chatzidakis A, Naumann M, Dorfer CE, Paris S. Influence of application time on penetration of an infiltrant into natural enamel caries. *J Dent*, 39: 465-469, 2011.
115. Mueller J, Meyer-Leuckel H, Paris S, Hopfenmuller W, Kielbassa AM. Inhibition of lesion progression by the penetration of resins in vitro: Influence of the application procedure. *Oper Dent*, 31: 338-345, 2006.

116. Thylstrup A, Bille J, Qvist V. Radiographic and observed tissue changes in approximal carious lesions at the time of operative treatment. *Caries Res*, 20: 75-84, 1986.
117. Pitts NB, Rimmer PA. An in vivo comparison of radiographic and directly assessed clinical caries status of posterior approximal surfaces in primary and permanent teeth. *Caries Res*, 26: 146-152, 1992.
118. Hintze H, Wenzel A, Danielson B, Nyvad B. Reliability of visual examination, fibre-optic transillumination, and bite-wing radiography, and reproducibility of direct visual examination following tooth separation for the identification of cavitated carious lesions in contacting approximal surfaces. *Caries Res*, 32: 204-209, 1998.
119. Espelid I, Tveit AB, Mejare I, Nyvad B. Caries - New knowledge or old truth? *The Norwegian Dental Journal*, 107: 66-74, 1997.
120. Kersten S, Lutz F, Schupbach P. Fissure sealing: optimization of sealant penetration and sealing properties. *Am J Dent*, 14: 127-131, 2001.
121. Paris S, Bitter K, Naumann M, Dorfer CE, Meyer-Leuckel H. Resin infiltration of proximal caries lesions differing in ICDAS codes. *Eur J Oral Sci*, 119: 182-186, 2011.
122. Shivanna V, Shivakumar B. Nover treatment of white spot lesions: A report of two cases. *J Conserv Dent*, 14: 423-426, 2011.
123. Araujo GS, Sfalcin RA, Araujo TG, Puppini-Rontani RM. Evaluation of polymerization characteristics and penetration into enamel caries lesions of experimental infiltrants. *J Dent*, 41: 1014-1019, 2013.
124. Ekizer A, Zorba YO, Uysal T, Ayrikcila S. Effects of demineralization-inhibition procedures on the bond strength of brackets bonded to demineralized enamel surface. *Korean J Orthod*, 42: 17-22, 2012.
125. Wagner L, Szepietowska M. Fluoride penetration from three orthodontic adhesives: an experimental study. *Korean J Orthod*, 43: 29-34, 2013.

126. O'Reilly MT, De Jesus Vinas J, Hatch JP. Effectiveness of a sealant compared with no sealant in preventing enamel demineralization in patients with fixed orthodontic appliances: a prospective clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 143: 837-844, 2013.
127. Lovrov MJ, Hertrich K, Hirschfelder U. Enamel demineralization during fixed orthodontic treatment: incidence and correlation to various oral-hygiene parameters. *J Orofac Orthop*, 68: 353-363, 2007.
128. Marcusson A, Norevall LI, Persson M. White spot reduction when using glass ionomer cement for bonding in orthodontics: a longitudinal and comparative study. *Eur J Orthod*, 19: 233-242, 1997.
129. Mitchell L. Decalcification during orthodontic treatment with fixed appliances: an overview. *Br J Orthod*, 19: 199-205, 1992.
130. Tufekci E, Dixon JS, Gunsolley JC, Lindauer SJ. Prevalence of white spot lesions during orthodontic treatment with fixed appliances. *Angle Orthod*, 81: 206-210, 2011.
131. Neuhaus KW, Graf M, Lussi A, Katsaros C. Late infiltration of post-orthodontic white spot lesions. *J Orofac Orthop*, 71: 442-447, 2010.
132. Paris S, Meyer-Leuckel H. Masking of labial enamel white spot lesions by resin infiltration—a clinical report. *Quintessence Int*, 40: 713-718, 2009.
133. Kim S, Kim EY, Jeong TS, Kim JW. The evaluation of resin infiltration for masking labial enamel white spot lesions. *Int J Paediatr Dent*, 21: 241-248, 2011.
134. Gugnani N, Pandit IK, Gupta M, Josan R. Caries infiltration of noncavitated white spot lesions. A novel approach for immediate esthetic improvement. *Contemp Clin Dent*, 3 (Suppl 2): 199-202, 2012.
135. Knösel M, Eckstein A, Helms HJ. Durability of esthetic improvement following Icon resin infiltration of multibracket-induced white spot lesions compared with no therapy over 6 months— A single-center, split-mouth, randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 144: 86-96, 2013.

136. Phark JH, Duarte S. Clinical performance and color stability of infiltrated smooth surface lesions. Icon[®] Science Book, DMG, Hamburg, Germany, 2010.
137. Senestraro SV, Crowe JJ, Wang M, Vo A, Huang G, Ferracane J, Covell DA Jr. Minimally invasive resin infiltration of artificial white-spot lesions: a randomized clinical trial. *J Am Dent Assoc*, 144: 997-1005, 2013.
138. Taher NM, Alkhamis HG, Dowaidi M. The influence of resin infiltration system on enamel microhardness and surface roughness: An in vitro study. *Saudi Dent J*, 24: 79-84, 2012.
139. The American Academy of Pediatric Dentistry. Guideline on Restorative Dentistry. Reference manual, 36: 232-233, 2014.
140. Schemehorn BR, Orban JC, Wood GD, Fischer GM, Winston AE. Remineralization by fluoride enhanced with calcium and phosphate ingredients. *J Clin Dent*, 1 (Spec No.10): 13-16, 1999.
141. Featherstone JD, Mellberg JR. Relative rates of progress of artificial carious lesions in bovine, ovine and human enamel. *Caries Res*, 1(15): 109-114, 1981.
142. Belli R, Rahiotis C, Schubert EW, Baratieri LN, Petschelt A, Lohbauer U. Wear and morphology of infiltrated white spot lesions. *J Dent*, 39: 376-385, 2011.
143. Aguilar FG, Drubi-Filho B, Casemiro LA, Watanabe MGC, Pires-De-Souza FCP. Retention and penetration of a conventional resin-based sealant and a photochromatic flowable composite resin placed on occlusal pits and fissures. *J Indian Soc Pedod Prevent Dent*, 25: 169-73, 2007.
144. Ogura K, Tanaka R, Shibata Y, Miyazaki T, Hisamitsu H. In vitro demineralization of tooth enamel subjected to two whitening regimens. *J Am Dent Assoc*, 144: 799-807, 2013.
145. Cenci MS, Piva E, Potrich F, Formolo E, Demarco FF, Powers JM. Microleakage in bonded amalgam restorations using different adhesive materials. *Braz Dent J*, 15: 13-18, 2004.
146. Reis AF, Giannini M, Kavaguchi A, Soares CJ, Line SR. Comparison of microtensile bond strength to enamel and dentin of human, bovine and porcine teeth. *J Adhes Dent*, 6: 117-121, 2004.

147. Mellberg JR. Hard-tissue substrates for evaluation of cariogenic and anti-cariogenic activity in situ. *J Dent Res*, 71: 913-919, 1992.
148. Paris S, Soviero VM, Seddig S, Meyer-Lueckel H. Penetration depths of an infiltrant into proximal caries lesions in primary molars after different application times in vitro. *Int J Paediatr Dent*, 22: 349-355, 2012.
149. Sperber GH, Buonocore MG. Effect of different acids on the character of demineralization of enamel surfaces. *J Dent Res*, 42: 707-723, 1963.
150. Gray JA. Kinetics of enamel dissolution during formation of incipient caries-like lesions. *Arch Oral Biol*, 11: 397-421, 1966.
151. Featherstone JDB, Rodgers BE. Effects of acetic, lactic and other organic acids on the formation of artificial caries lesions. *Caries Res*, 15: 377-385, 1981.
152. Ten Cate JM, Duijsters PP. Influence of fluoride in solution on tooth demineralization. I. Chemical data. *Cares Res*, 17: 193-199, 1983.
153. Gelani R, Zandona AF, Lippert F, Kamocka MM, Eckert G. In vitro progression of artificial white spot lesions sealed with an infiltrant resin. *Opera Dent*, 39: 481-488, 2014.
154. Torres CR, Rosa PC, Ferreira NS, Borges AB. Effect of caries infiltration technique and fluoride therapy on microhardness of enamel carious lesions. *Oper Dent*, 37: 363-369, 2012.
155. Pancu G, Andrian S, Lovan G, Ghiorghe A, Topoliceanu G, Moldovanu A. Study regarding the assessment of enamel microhardness in incipient carious lesions treated by Icon method. *Romanian J Oral Reh*, 3: 94-100, 2011.
156. Featherstone JD, Ten Cate JM, Shariati M, Arends J. Comparison of artificial caries-like lesions by quantitative microradiography and microhardness profiles. *Caries Res*, 17: 385-391, 1983.
157. Sayın TC. İrrigasyon solüsyonları ve şelasyon ajanlarının kök dentini üzerine etkilerinin alev emisyon ve mikrosertlik yönünde araştırılması. Hacettepe Üniversitesi, Doktora Tezi, Ankara, 2007.
158. Kuter B. Isı uygulamasının konvansiyonel cam iyonomer simanların mekanik özellikleri üzerine etkisi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 2006.

159. Kayalı ES, Ensari C, Dikeç F. Metalik malzemelerin mekanik deneyleri. İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, İstanbul, 1990.
160. Smith WF. Principles of materials science and engineering (3rd ed.). McGraw-Hill Inc, London, 1996.
161. Stewart AD, Boyde A. Ion etching of dental tissue in a scanning electron microscope. *Nature*, 196: 81-82, 1962.
162. Seiler H. Secondary electron emission in the scanning electron microscope. *J Appl Phys*, 54: 1-18, 1983.
163. Yanez M, Barbosa SE. Changes in particle area measurements due to SEM accelerating voltage and magnification. *Microsc Res Tech*, 61: 463-468, 2003.
164. Dunlap M, Adaskaveg JE. Introduction to the Scanning Electron Microscope: Theory, Practice and Procedures. Facility for Advanced Instrumentation, 1997.
165. Bozzola JJ, Russell LD. Electron Microscopy Principles and Techniques for Biologist (2nd ed). Jones and Bartlett Publishing Inc, London, 1998.
166. Hayat MA. Principles and Techniques of Scanning Electron Microscopy Volume 6. Litton Educational Publishing Inc, New York, 1978.
167. Saghiri MA, Asgar K, Lotfi M, Saghiri AM, Neelakantan P, Gutmann JL, Sheibaninia A. Back-scattered and secondary electron images of scanning electron microscopy in dentistry: a new method for surface analysis. *Acta Odontol Scand*, 70: 603-609, 2012.
168. Paradella TC, Bottino MA. Scanning Electron Microscopy in modern dentistry research. *Braz Dent Sci*, 15: 43-48, 2012.
169. Binnig G, Quate CF, Gerber C. Atomic Force Microscope. *Phys Rev Lett*, 56: 930-933, 1986.
170. Kubinek R, Zapletalova Z, Vujtek M, Novotny R, Kolarova H, Chmelickova H. Examination of dentin surface using AFM and SEM. In: Mendez-Vilas A, Diaz J (eds.). *Modern Research and Educational Topics in Microscopy*, Formatex, 2007.

171. Jandt KD. Atomic force microscopy of biomaterials surfaces and interfaces. *Surf Sci*, 491: 303-332, 2001.
172. Thomas TR. *Rough Surfaces* (2nd ed.). Imperial College Press, London, 1999.
173. Hoffman EG, McCauley C, Hussain MI. *Shop Reference for Students and Apprentices*. (2nd ed.) Industrial Press Inc, New York, pp 166-168, 2001.
174. Burgess JO, Cakir D. Surface roughness determination of a caries infiltrant resin. *Icon Science Book*, DMG, Hamburg, Germany, pp 32, 2009.
175. Mueller J, Yang F, Neumann K, Kielbassa AM. Surface tridimensional topography analysis of materials and finishing procedures after resinous infiltration of subsurface bovine enamel lesions. *Quintessence Int*, 42: 135-147, 2011.
176. Buchalla W, Imfeld T, Attin T, Swain MV, Schmidlin PR. Relationship between nanohardness and mineral content of artificial carious enamel lesions. *Caries Res*, 42: 157-161, 2008.
177. Dewald JP. The use of extracted teeth for in vitro bonding studies: a review of infection control considerations. *Dent Mater*, 13: 74-81, 1997.
178. Damen JJ, Buijs MJ, Ten Cate JM. Fluoride-dependent formation of mineralized layers in bovine dentin during demineralization in vitro. *Caries Res*, 32: 435-440, 1998.
179. Arslan S, Zorba YO, Atalay MA, Ozcan S, Demirbuga S, Pala K, Percin D, Ozer F. Effect of resin infiltration on enamel surface properties and *Streptococcus mutans* adhesion to artificial enamel lesions. *Dent Mater J*, 34: 25-30, 2015.
180. Schmidlin PR, Sener B, Attin T, Wiegand A. Protection of sound enamel and artificial enamel lesions against demineralisation: Caries infiltrant versus adhesive. *J Dent*, 40: 851-856, 2012.
181. Altuntaş DA. Yeni bir rezin infiltrant Icon[®]'un mikroinvazif çürük tedavisinde etkinliğinin in vitro olarak değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Doktora Tezi*, Ankara, 2013.

182. Crombie F, Manton D, Palamara J, Reynolds E. Resin infiltration of developmentally hypomineralised enamel. *Int J Paediatr Dent*, 24: 51-55, 2014.
183. Bak SY, Kim YJ, Hyun HK. Color change of white spot lesions after resin infiltration. *Color Research & Application*, 39: 506-510, 2014.
184. Arnold WH, Gaengler P. Light- and electronmicroscopic study of infiltration of resin into initial caries lesions-a new methodological approach. *J Microscopy*, 245: 26-33, 2012.
185. Arnold WH, Bachstaeder L, Benz K, Naumova EA. Resin infiltration into differentially extended experimental carious lesions. *Open Dent J*, 8: 251-256, 2014.
186. Şeftalici M. $Al_{0.47}Ga_{0.53}N$ Schottky fotodedektör yapının optik ve morfolojik özellikleri. Gazi Üniversitesi, Master Tezi, Ankara, 2010.
187. Çelik E, Yazkan B, Katırcı K. Başlangıç çürük lezyonlarının tedavisi. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg*, 21: 48-56, 2011.
188. Mertz-Fairhurst EJ, Adair SM, Sams DR, Curtis JW Jr, Ergle JW, Hawkins KI, Mackert JR Jr, O'Dell NL, Richards EE, Rueggeberg F. Cariostatic and ultra conservative sealed restorations: Nine-year results among children and adults. *J Dent Child*, 62: 97-107, 1995.
189. Deery C. Caries detection and diagnosis, sealants and management of the possibly carious fissure. *Br Dent J*, 214: 551-557, 2013.
190. Meyer-Lueckel H, Mueller J, Paris S, Hummel M, Kielbassa AM. The penetration of various adhesives into early enamel lesions in vitro. *Schweiz Monatssch Zahnmed*, 115: 316-323, 2005.
191. Feigal RJ, Musherure P, Gillespie B, Levy-Polack M, Quelhas I, Hebling J. Improve sealant retention with bonding agents: A clinical study of two-bottle and single-bottle systems. *J Dent Res*, 79: 1850-1856, 2000.
192. Hicks MJ, Silverstone LM. Internal morphology of surface zones from acid-etched caries-like lesions: A scanning electron microscopic study. *J Dent Res*, 64: 1296-1301, 1985.

193. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: A review. *Dent Mater*, 11: 117-125, 1995.
194. Simonsen RJ. Pit and fissure sealant: Review of the literature. *Pediatr Dent*, 24: 393-414, 2002.
195. Ammari MM, Soviero VM, da Silva Fidalgo TK, Lenzi M, Ferreira DM, Mattos CT, de Souza IP, Maia LC. Is non-cavitated proximal lesion sealing an effective method for caries control in primary and permanent teeth? A systematic review and meta-analysis. *J Dent*, 42: 1217-1227, 2014.
196. Perez R, Quijada V, Uribe S. Confocal laser microscopy analysis of resin infiltration in fluorotic teeth. *Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral*, 7: 53-58, 2014.
197. Paris S, Lausch J, Selje T, Dörfer CE, Meyer-Lueckel H. Comparison of sealant and infiltrant penetration into pit and fissure caries lesions in vitro. *J Dent*, 42: 432-438, 2014.
198. Mohammed FA, Qasim AA. Assessment of white spot treated with ICON and fluoride gel: An in vitro study. *International Journal of Enhanced Research in Science Technology & Engineering*, 3: 1-6, 2014.
199. Paris S, Schwendicke F, Seddig S, Müller WD, Dörfer C, Meyer-Leuckel H. Micro-hardness and mineral loss of enamel lesions after infiltration with various resins: Influence of infiltrant composition and application frequency in vitro. *J Dent*, 41: 543-548, 2013.
200. Ulrich I, Mueller J, Wolgin M, Frank W, Kielbassa AM. Tridimensional surface roughness analysis after resin infiltration of (deproteinized) natural subsurface carious lesions. *Clin Oral Invest*, Dec 9, (Ahead of print), 2014.
201. Taher NM. Atomic force microscopy and tridimensional topography analysis of human enamel after resinous infiltration and storage in water. *Saudi Med J*, 34: 408-414, 2013.
202. Cohen-Carneiro F, Pascareli AM, Christiano MR, Vale HF, Pontes DG. Color stability of carious incipient lesions located in enamel treated with resin infiltration or remineralization. *Int J Paediatr Dent*, 24: 277-85, 2014.

203. Bidarkar A. In vitro prevention of secondary demineralization by Icon (infiltration concept). Master of Science Thesis, University of Iowa, 2011.
204. Tostes MA, Santos Jr E, Camargo Jr SA. Effect of resin infiltration on the nanomechanical properties of demineralized bovine enamel. *Indian Journal of Dentistry*, 5: 116-122, 2014.
205. Jeronymo RDI, Gonçalves LL, Torres CRG, Gomes APM, Huhtala MFRL, Borges AB, Gonçalves SEP. Effect of caries infiltration technique and fluoride therapy on the bond strength of the demineralized enamel. *Braz Dent Sci*, 15: 43-39, 2012.
206. Jia L, Stawarczy B, Schmidlin PR, Attin T, Wiegand A. Effect of caries infiltrant application on shear bond strength of different adhesive systems to sound and demineralized enamel. *J Adhes Dent*, 14: 569-574, 2012.
207. Robinson C, Hallsworth AS, Shore RC, Kirkham J. Effect of surface zone deproteinization on the access of mineral ions into subsurface lesions of human enamel. *Caries Res*, 24: 226-230, 1990.
208. Barbosa de Sousa F, Dias Soares J, Sampaio Vianna S. Natural enamel caries: a comparative histological study on biochemical volumes. *Caries Res*, 47: 183-192, 2013.
209. Rocha Gomes Torres C, Borges AB, Torres LM, Gomes IS, de Oliveira RS. Effect of caries infiltration technique and fluoride therapy on the color masking of white spot lesions. *J Dent*, 39: 202-207, 2011.
210. Kielbassa AM, Shohadai SP, Schulte-Montig J. Effect of saliva substitutes on mineral content of demineralized and sound dental enamel. *Support Care Cancer*, 9: 40-47, 2001.
211. Bergman G, Lind PO. A quantitative microradiographic study of incipient enamel caries. *J Dent Res*, 45: 1477-84, 1966.
212. Gugani N, Pandit IK, Gupta M, Josan R. Caries infiltration of non-cavitated white spot lesions: A novel approach for immediate esthetic improvement. *Contemp Clin Dent*, 3 (Suppl 2): S199-S202, 2012.
213. Askar H, Lausch J, Dörfer CE, Meyer-Leuckel H, Paris S. Penetration of micro-filled infiltrant resins into artificial caries lesions. *J Dent*, S0300-5712, 15: 00059-7, 2015.

214. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness for bacterial plaque retention: A review of the literature. *Dent Mater*, 13: 258-269, 1997.
215. Paris S, Meyer-Lueckel H. Influence of application frequency of an infiltrant on enamel lesions. *J Dent Res*, (Spec Iss B): 1585, 2008.
216. Ma DS, Paik DL, Park DY, Moon HS, Chang YI, Kiln JB. Relationship between microhardness and fluorine contents on tooth enamel determined by PIGE analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 217: 225-227, 1997.
217. Schmitt L, Lurtz C, Behrend D, Schmitz KP. Registered microhardness of human teeth parts and dental filling composites. 4th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, 23-27 November, Antwerp, Belgium, 2008.
218. Mugisa IS. Microhardness and caries resistance of an infiltrant resin in a novel artificial mouth. *Doktora Tezi*, Birmingham, Alabama, 2010.
219. Borges AB, Yui KCK, D'Avila TC, Takahashi CL, Torres CRG, Borges ALS. Influence of remineralizing gels on bleached enamel microhardness in different time intervals. *Oper Dent*, 35: 180-186, 2010.
220. Johansson AK, Sorvari R, Birkhed D, Meurman JH. Dental erosion in deciduous teeth: An in vivo and in vitro study. *J Dent*, 29: 333-340, 2001.
221. Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N. Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *J Mater Sci Mater Med*, 18: 155-163, 2007.
222. Subramaniam P, Babu KLG, Lakhota D. Evaluation of penetration depth of a commercially available resin infiltrate into artificially created enamel lesions. *J Conserv Dent*, 17: 146-149, 2014.
223. Watson TF. Fact and artefact in confocal microscopy. *Adv Dent Res*, 11: 433-441, 1997.

224. Ogodescu A, Morvay AA, Ogodescu E, Rusu LC, Sala C, Zetu I, Ardalean L, Bratu C. Visualization of resin penetration into enamel caries lesions of temporary teeth: A confocal microscopic study. *Rev Chim*, 63: 82-85, 2012.
225. Skleric U, Ravnik C, Cevc P, Schara M. Microcrystal arrangement in human deciduous dental enamel studied by electron paramagnetic resonance. *Caries Res*, 16: 47-50, 1982.
226. Linden LA, Björkman S, Hattab F. The diffusion in vitro of fluoride and chlorhexidine in the enamel of human deciduous and permanent teeth. *Arch Oral Biol*, 31: 33-37, 1986.
227. Giacomelli L, Derchi G, Frustaci A, Bruno O, Covani U, Barone A, De Santis D, Chiappelli F. Surface roughness of commercial composites after different polishing protocols: An analysis with Atomic Force Microscopy. *The Open Dentistry Journal*, 4: 191-194, 2010.
228. Field J, Waterhouse P, German M. Quantifying and qualifying surface changes on dental hard tissues in vitro. *J Dent*, 38: 182-190, 2010.
229. Raposo M, Ferreira Q, Ribeiro PA. A guide for atomic force microscopy analysis for soft-condensed matter. *Modern Research and Educational Topics in Microscopy*, 758-769, 2007.
230. Gadelmawla ES, Koura MM, Maksoud TMA, Elwa IM, Soliman HH. Roughness parameters. *Journal of Materials Processing Technology*, 123: 133-145, 2002.
231. Batina N, Renugopalakrishnan V, Casillas Lavin PN, Guerrero JCH, Morales M, Garduno-Juarez R, Lakka SL. Ultrastructure of dental enamel afflicted with Hypoplasia: An Atomic Force Microscopic study. *Calcif Tissue Int*, 74: 294-301, 2004.
232. Pyne A, Marks W, Picco LM, Dunton PG, Ulcinas A, Barbour ME, Jones SB, Gimzewski J, Miles MJ. High speed atomic force microscopy of dental enamel dissolution in citric acid. *Arch Histol Cytol*, 72: 209-215, 2009.
233. Cross SE, Kreth J, Wali RP, Sullivan R, Shi W, Gimzewski JK. Evaluation of bacteria-induced enamel demineralization using optical profilometry. *Dent Mater*, 25: 1517-1526, 2009.

234. Paris S, Meyer-Lueckel H, Mueller J, Hummel M, Kielbassa AM. Progression of sealed initial bovine enamel lesions under demineralising conditions in vitro. *Caries Res*, 40: 129-134, 2006.
235. Quirynen M, Bollen CM, Papaioannou W, Van Eldere J, Van Steenberghe D. The influence of titanium abutment surface roughness on plaque accumulation and gingivitis: short-term observations. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 11: 169-78, 1996.
236. Bollen CM, Papaioanno W, Van Eldere J, Schepers E, Quirynen M, Van Steenberghe D. The influence of abutment surface roughness on plaque accumulation and peri-implant mucositis. *Clin Oral Implants Res*, 7: 201-11, 1996.
237. Teughels W, Van Assche N, Sliepen I, Quirynen M. Effect of material characteristics and/or surface topography on biofilm development. *Clin Oral Implants Res*, 17 (Suppl 2): 68-81, 2006.
238. Ulrich I, Mueller J, Wolgin M, Frank W, Kielbassa AM. Tridimensional surface roughness analysis after resin infiltration of (deproteinized) natural subsurface carious lesions. *Clin Oral Invest*, 2011.
239. Yang F. Effects of different finishing procedures and materials on surface roughness of infiltrated subsurface bovine enamel lesions. *Doktora Tezi, Berlin*, 2010.
240. Yuan CQ, Dou GW, Deng J, Geng GL, Sun P, Cao YX. Effect of infiltration technique and polishing on the roughness of artificial carious enamel surfaces. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*, 22: 402-6, 2013.
241. Ionescu A, Wutscher E, Brambilla E, Schneider-Freyer S, Giessibl FJ, Hahnel S. Influence of surface properties of resin-based composites on in vitro *Streptococcus mutans* biofilm development. *Oral Sci*, 120: 458-465, 2012.
242. Yetkiner E, Wegehaupt FJ, Attin R, Attin T. Infiltrant combined with conventional adhesives for sealing sound enamel in vitro. *Angle Orthodontist*, 83: 858-863, 2013.

8. ÖZGEÇMİŞ

Elif Beril Gürdoğan 26.02.1989 yılında Amerika Birleşik Devleti'nin Indiana eyaletinde doğmuştur. İlköğrenimin dördüncü sınıfında, 1999 yılında, Türkiye'ye gelmiştir. İlkokulu Bursa Özel Tunçsiper Okulu'nda, ortaokul öğrenimini Bursa Özel Emine Örnek Koleji'nde ve lise öğrenimini ise Bursa Özel Tan Lisesi'nde tamamlamıştır. 2006 yılında Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde eğitimine devam etmeye hak kazanarak 2011 yılında mezun olmuştur ve 'Diş Hekimi' ünvanını kazanmıştır. 2011 yılında Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başlamıştır.

