T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİNE YÜZEYİNİN FARKLI REZİNLERLE KAPLANMASI VE SİTRİK ASİDİN FLOR, NANO-HİDROKSİAPATİT VE KAZEİN İLE MODİFİYE EDİLMESİ İŞLEMLERİNİN DENTAL EROZYONU ÖNLEMEDEKİ ETKİNLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ayşe DÜNDAR

DOKTORA TEZİ

DİŞ HASTALIKLARI ve TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

Danışman

Prof. Dr. Abdülkadir ŞENGÜN

KONYA-2012

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİNE YÜZEYİNİN FARKLI REZİNLERLE KAPLANMASI VE SİTRİK ASİDİN FLOR, NANO-HİDROKSİAPATİT VE KAZEİN İLE MODİFİYE EDİLMESİ İŞLEMLERİNİN DENTAL EROZYONU ÖNLEMEDEKİ ETKİNLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ayşe DÜNDAR

DOKTORA TEZİ

DİŞ HASTALIKLARI ve TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

Danışman

Prof. Dr. Abdülkadir ŞENGÜN

Bu araştırma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 11102020 proje numarası ile desteklenmiştir.

KONYA-2012

ÖNSÖZ

Tezimin hazırlanması sırasında her konuda bana yardımcı olan ve yol gösteren değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Abdülkadir ŞENGÜN'e;

Doktora eğitimim süresince bilgi ve tecrübesini benden esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Nimet ÜNLÜ'ye, Prof. Dr. Bora ÖZTÜRK'e, Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÜLKER'e, Yrd. Doç. Dr. Nevin ÇOBANOĞLU'na ve Yrd. Doç. Dr. Ali Rıza ÇETİN'e;

Solüsyonlarımın hazırlanmasında bana yol gösteren ve yardımcı olan Prof. Dr. İsmet UÇAN'a;

Nano-hidroksiapatit üretiminde bana yardım eden Doç. Dr. Mahmut Kuş ve Araş. Gör. Canan Başlak'a;

Yüzey analizi esnasında benden yardımını esirgemeyen Doç. Dr. Murat BAYDOĞAN'a;

SEM ve AFM analizlerinde bana her türlü yardımı yapan Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi çalışanlarından Uzm. Fatih ÖZCAN ve Leyla GÜLFİDAN'a;

Asistanlığım boyunca birlikte çalışmaktan onur duyduğum tüm mesai arkadaşlarıma;

Doktora eğitimim boyunca bana her zaman destek olan anneme, babama ve kardeşlerime;

Tez çalışmalarım süresince her zaman yanımda olan, yardımını ve desteğini benden esirgemeyen sevgili eşim Sefa DÜNDAR'a;

Minnettar olduğumu belirtir, teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR v
1. GİRİŞ 1
1.1. Erozyonun Etyolojisi 2
1.1.1. Dış Kaynaklı Erozyon 2
1.1.1.1. Diyet 2
1.1.1.2. Oral Hijyen Ürünleri ve Asidik İlaçlar 3
1.1.1.3. Mesleki Faktörler ve Spor 4
1.1.2. İç Kaynaklı Erozyon 4
1.1.2.1. Gastro-özofagal Reflü Hastalığı (GÖRH) 4
1.1.2.2. Yeme Bozuklukları 5
1.2. Erozyonun Prevalansı 5
1.3. Asidik Preparatların Eroziv Potansiyellerini Azaltmak İçin İlave Edilen Ajanlar 8
1.3.1. Kalsiyum ve Fosfat İlavesi 9
1.3.2. Florid İlavesi 10
1.3.3. Nano-Hidroksiapatit 10
1.3.4. Magnezyum ve Demir 11
1.3.5. Kazein Fosfopeptid- Amorf Kalsiyum Fosfat (CPP-ACP) İlavesi 12
1.3.6. Gıda proteinlerinin (Kazein ve Ovalbumin) İlavesi 12
1.4. Erozyonu Önlemek İçin Uygulanan Topikal Ajanlar 13
1.4.1. Topikal Florid Uygulaması 13
1.4.2. Kazein Fosfopeptid- Amorf Kalsiyum Fosfat (CPP-ACP) Uygulaması 14
1.4.3. Diş Yüzeyinin Rezin Kaplanması 14
2. GEREÇ VE YÖNTEM 16
2.1. Deneyde kullanılacak sığır dişlerinin hazırlanması 16
2.2. Sitrik Asit Çözeltisinin Hazırlanması 16
2.3. Yapay Tükürüğün Hazırlanması 17
2.4. Mine Yüzeylerinin Hazırlanması 17
2.5. Yüzeyde Pelikıl Oluşturulması 18
2.6. Başlangıç Erozyonunun Oluşturulması 19
2.7. Modifiye Eroziv Çözeltilerin Hazırlanması 20
2.7.1. Eroziv Solüsyonun Sodyum Florür ile Modifikasyonu 20
2.7.2. Eroziv Solüsyonun Nano Hidroksiapatit ile Modifikasyonu 21
2.7.3. Eroziv Solüsyonun Kazein ile Modifikasyonu 24
2.8. Rezin Materyallerin Uygulanması 24

2.9. Erozyon Döngüsü 25
2.9.1. Sitrik Asidin Modifiye Edildiği Gruplarda Erozyon Döngüsü 25
2.9.2. Rezin Uygulanan Gruplarda Erozyon Döngüsü 26
2.10. Ölçümlerin Yapılması 26
2.10.1. Stilus Profilometre ile Eroziv Aşınmanın Ölçülmesi 26
2.10.2. Stilus Profilometre ile Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi 28
2.11. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Analizi 29
2.12. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılım Spektroskopi (EDS) Analizi 30
2.13. İstatistiksel Değerlendirme 30
2.13.1. Erozyonun Döngü Öncesi ve Sonrası İstatistiksel Değerlendirmesi 30
2.13.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Erozyon Döngüsü Öncesi ve Sonrası İstatistiksel Değerlendirmesi 31
2.13.3. Deney Gruplarında Erozyonun İstatistiksel Değerlendirmesi 31
2.13.4. Deney Gruplarında Yüzey Pürüzlülüğünün İstatistiksel Değerlendirmesi 31
2.14. Rezin Materyallerin Uygulanması 31
2.15. Erozyon Döngüsü 32
2.15.1. Sitrik Asidin Modifiye Edildiği Gruplarda Erozyon Döngüsü 33
2.15.2. Rezin Uygulanan Gruplarda Erozyon Döngüsü 33
2.16. Ölçümlerin Yapılması 33
2.16.1. Stilus Profilometre ile Eroziv Aşınmanın Ölçülmesi 33
2.16.2. Stilus Profilometre ile Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi 35
2.17. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Analizi 36
2.18. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılım Spektroskopi (EDS) Analizi 37
2.19. İstatistiksel Değerlendirme 37
2.19.1. Erozyonun Döngü Öncesi ve Sonrası İstatistiksel Değerlendirmesi 37
2.19.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Erozyon Döngüsü Öncesi ve Sonrası İstatistiksel Değerlendirmesi 38
2.19.3. Deney Gruplarında Erozyonun İstatistiksel Değerlendirmesi 38
2.19.4. Deney Gruplarında Yüzey Pürüzlülüğünün İstatistiksel Değerlendirmesi 38
3. BULGULAR 39
3.1. Titrasyon Asitliğine Ait Bulgular 39
3.2. Erozyon Döngüsü Öncesi ve Sonrasına Ait Bulgular 40
3.2.1. Yüzey Erozyon Ölçümüne Ait Bulgular 40
3.2.2. Yüzey Pürüzlülük Ölçümüne Ait Bulgular 41
3.3. Deney Gruplarında Erozyon Döngüsüne Ait Bulgular 42

3.3.1. Erozyon Döngüsü Sonrasında Doku/Kayıp Kazanım Oranları 42
3.3.2. Erozyon Döngüsü Sonrasında Yüzey Pürüzlülük Değişimi 45
3.4. SEM VE EDS Analizine Ait Bulgular 47
3.5. AFM Analizine Ait Bulgular 73
4. TARTIŞMA 77
4.1. Titrasyon Asitliğinin (TA) Değerlendirilmesi 77
4.2. Yüzey Değişiminin Değerlendirilmesi 80
4.3. Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi 90
5. SONUÇ ve ÖNERİLER 93
6. ÖZET 95
7. SUMMARY 96
8. KAYNAKLAR 97
9. EKLER 104
10. ÖZGEÇMİŞ 105

SİMGELER VE KISALTMALAR

AFM: Atomic Force Microscopy (Atomik Kuvvet Mikroskobu)

AmF: Amin Florür

AN: Anoreksia Nervosa

APF: Asidüle Fosfat Florür

Ar-Ge: Araştırma geliştirme

BC: BisCover LV rezin materyali

BN: Blumia Nervosa

Ca: Kalsiyum

$CaCl_2.2H_2O$: Kalsiyum Klorür Dihidrat

CaF_2: Kalsiyum Florür

CaH4(PO4)2: Kalsiyum Fosfat Monobazik

Ca(OH)2: Kalsiyum Hidroksit

Cl: Klorür

CPP-ACP: Kazein Fosfopeptid- Amorf Kalsiyum Fosfat

$C_6H_8O_7$: Sitrik asit

Dc: Crystalline diameter (kristal çapı)

dk: dakika

DEM: Deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyi

EDS: Enerji Dağılım Spektroskopi

F: Florid

GÖRH: Gastro-özofagal Reflü Hastalığı

gr:gram

HA: Hidroksiapatit

HCl: Hidoklorik asit

KCl: Potasyum Klorür

K_2HPO_4: Potasyum Fosfat Dibazik

KM: Kontrol mine yüzeyi

L: Litre

LED: Light Emitting Diode

λ: X-ışını dalga boyu

Mg: Magnezyum

mg: miligram

$MgCl_2.6H_2O$: Magnezyum Klorür Hegzahidrat

mL: mililitre

mm: milimetre

mmol: milimol

N: Azot

Na: Sodyum

NaCl: Sodyum Klorür

Na CMC: Sodyum Karboksimetil Selüloz

NaF: Sodyum Florür

NaOH: Sodyum Hidroksit

Nano-HA: Nano Hidroksiapatit

$NH_4H_2PO_4$: Amonyum Fosfat

nm: Nanonetre

NM: Negatif Kontrol Düzeyi

OG: OptiGuard rezin materyali

P: Fosfor

pH: Asit-Baz değeri

PM: Pozitif kontrol grubu mine yüzeyi

ppm: Parts per million

R_a: Pürüzlülük Aritmetik Ortalama Değeri

s: Saniye

SEM: Scanning Electron Microscopy (Taramalı Elektron Mikroskobu)

SnF_2: Kalay Florür

TA: Titrasyon asitliği

TiF_4 : Titanyum Tetraflorür

XRD: X-Işını Difraksiyon

ZnF_2: Çinko Florür

1. GİRİŞ

Dental erozyon herhangi bir bakteriyel etken olmaksızın kimyasal olaylar sonucunda diş sert dokularının aside maruz kalmasıyla meydana gelen kayıp olarak tanımlanmaktadır (Lussi 2006).

Erozyonun oluşmasında dış kaynaklı (ekstrinsik) ve/veya iç kaynaklı (intrinsik) birçok faktör etkilidir. Dış kaynaklı erozyon lezyonları, kişinin diyetine, oral hijyen ürünleri ve asidik ilaçlara, meslek ve spora bağlı olarak meydana gelebilir. İç kaynaklı erozyon lezyonlarının en sık görülme sebebi, hem kusma boyunca hem de regürgitasyon nedeniyle mide asidinin ağız ortamına ulaşmasıdır. Bu durum, özellikle gastro-özofagal reflü hastalığı (GÖRH), anoreksia ve bulimia nervosa gibi hastalıklarda görülür (Bartlett ve ark 1996). Bununla birlikte alkol bağımlılarında ve kronik bulantı şikayeti olan bireylerde de benzer belirtiler görülmektedir (Robb ve Smith 1990).

Featherstone ve Lussi'nin (2006) yayınladığı dental erozyonun kimyası hakkındaki bir raporda dişlerin kimyasal erozyonun hem (güçlü/zayıf) asitlerden salınan hidrojen iyonuyla hem de bir şelasyon ajanı olarak kalsiyuma bağlanabilen veya kalsiyumla bileşik oluşturabilen anyonlarla meydana geldiği ifade edilmiştir. Hidrojen iyonları sudan veya asitlerden salınır. Örneğin sitrik asidin her molekülünden üç hidrojen iyonu salınma potansiyeli vardır. Hidrojen iyonu tek başına diş mineral kristallerindeki karbonat ve fosfatla birleşerek direkt olarak kristalleri çözebilir. Başka bir örnek verilecek olursa, suda tamamen hidrojen ve klorid iyonlarına ayrışan hidroklorik asit, hızlıca ve direkt olarak yüzey minerallerini çözer ve uzaklaştırır. Bu olay ayrışan hidrojen iyonuyla olurken, klorid iyonu mineral çözünme sürecinde herhangi bir rol oynamaz (Featherstone ve Lussi 2006).

Erozyon süresince asit ve/veya şelatörlerin mine kristallerinin yüzeyi ile etkileşime girebilmesi için bunların eğer varsa plak, pelikıl ve kristallerdeki protein/yağ tabakası boyunca diffüze olmaları gerekmektedir (Featherstone ve Lussi 2006).

1.1. Erozyonun Etyolojisi

1.1.1. Dış Kaynaklı Erozyon

1.1.1.1. Diyet

Asidik diyetin erozyon oluşturması birçok faktöre bağlıdır: kimyasal faktörler (yiyecek veya içeceğin pH ve tamponlama kapasitesi, asit tipi, diş yüzeyine adezyonu, şelasyon özelliği ve kalsiyum, fosfat ve florid içeriği), davranışsal faktörler (yeme içme alışkanlıkları, asidik meyve ve sebzelerin aşırı tüketilmesi) ve biyolojik faktörler (tükürüğün yapısı, akış hızı, tamponlama kapasitesi, kazanılmış pelikıl oluşumu, diş yapısı, diş sert dokularının ve yumuşak dokunun anatomisi) (Lussi ve ark 2004).

Asidik içeceklerin erozyon potansiyeli içeceğin pH değerinin yanında mineral içeriğinden, asit titresinden ve kalsiyum bağlama özelliğinden önemli şekilde etkilenirler (Lussi ve ark 1993, Mistry ve Grenby 1993).

Çalışmalar asitli içecek (meyve suları, gazlı içecekler, sporcu içecekleri) tüketimi ile erozyon arasındaki güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir. İrlanda'da 5 yaşındaki çocuklarda meyve sularının ve gazlı içecek alımının sıklığı ile erozyon arasında güçlü bir ilişkili olduğu belirtilmiş (Harding ve ark 2003). Larsen ve ark (1999) meşrubat, maden suyu ve portakal suyunun in vitro ortamda eroziv potansiyelini incelemişler ve eroziv aşınma derinliği ile içeceğin pH ve tamponlama kapasitesini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada içeceğin pH değeri 4,2'nin üzerindeyse minimal bir eroziv aşınma olduğu ancak 4,0'ın altına inen pH'larda erozyonun daha belirgin olduğu gösterilmiştir.

Maden suyu ile seyreltilmiş düşük pH'ya sahip bir meyve suyunda bekletilen çekilmiş süt ve daimi dişlerin erozyona duyarlılığının incelendiği bir çalışmada, şiddetli erozyon ile meyve suyuna maruz kalma süresinin artması arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir (Hunter ve ark 2000). İngiltere'de popüler olan asidik meyve bazlı sporcu içeceklerinin incelendiği bir araştırmada sporcu içeceklerinin minede erozyon oluşturabilecek kadar düşük pH'ya sahip oldukları rapor edilmiştir (Rees ve ark 2005).

Erozyon, asidik içeceğin pH'sının yanında, içilme şekli ve ağızda uzun tutulma süresi ile yakından ilişkilidir. Asidik ürünün dişle olan temas süresinin artması, erozyonun da artmasına sebep olduğu ifade edilmiştir (Johansson ve ark 2002).

1.1.1.2.Oral Hijyen Ürünleri ve Asidik İlaçlar

Diş macunları ve florid içeren ağız solüsyonları gibi birçok ağız bakım ürünü düşük pH'ya sahiptir. Bu bir taraftan bazı florid bileşiklerinin kimyasal stabilitesini artırırken, diğer taraftan hidroksiapatit yapısına florid katılmasına ve kalsiyum floridin diş yüzeyine çökelmesine yardım eder (Hellwig ve Lussi 2006).

Asit seviyelerinin belirlenmesi için test edilen 11 ağız solüsyonunun pH değerlerinin 3,4 ile 8,3 arasında değiştiği ayrıca bu ürünlerin asit titrelerinin de farklı olduğu bulunmuştur (Bhatti ve ark 1994). İn vitro olarak 2 saat EDTA içerikli anti-tartar ağız solüsyonlarına maruz bırakılan minede anlamlı derecede erozyon meydana geldiği görülmüştür. Bunun EDTA'nın kalsiyum bağlama özelliğinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür (Rytömaa ve ark 1989).

Çiğneme tableti, şurup, efervesan tabletleri şeklinde farklı preparatları olan vitamin C (askorbik asid) ürünlerinin kullanımı artmıştır. Çiğnenebilen vitamin C tabletlerinin oral kavitede pH'yı 2,0'ın altına düşürdüğü saptanmıştır (Giunta 1983). Klinik incelemeler sonucunda, vitamin C kulanımı ile erozyon prevalansı arasında pozitif bir ilişki olduğu tesbit edilmiştir (Al-Malik ve ark 2001).

Erozyon, çiğnenebilen aspirin tabletlerinin uzun süre kullanımı sonucunda gelişebilir (Hellwig ve Lussi 2006). Günlük olarak çiğnenebilen aspirin tabletleri alan jüvenil romatoit artrit hastaları, yutulan tabletleri alan hastalarla karşılaştırıldığında, tabletleri çiğneyen hastaların dişlerinin oklüzal yüzeylerinde erozyon olduğu diğer grupta ise erozyon olmadığı gözlenmiştir (McCracken ve O'Neal 2000).

Mide rahatsızlıklarını tedavi etmek için kullanılan HCl tabletleri mine erozyonlarının bir nedeni olarak görülmektedir (Hellwig ve Lussi 2006). Hidroklorik asit tabletlerinin uzun dönem kullanımının minede şiddetli erozyona neden olduğu görülmüştür (Maron 1996).

1.1.1.3. Mesleki Faktörler ve Spor

İş yerlerinde sık sık aside maruz kalmak dental erozyonun oluşmasını ve/veya şiddetini artırmaktadır. Özellikle endüstriyel alanda çalışan işçiler dental erozyon açısından risk taşımaktadırlar. İngiltere'de değişik çalışma koşullarında (batarya fabrikası, çinko kaplama fabrikası, asitleme ve temizleme işlemlerinin yapıldığı alanlar) çalışan işçilerde dental erozyonun prevalans ve insidansının incelendiği bir çalışmada en yüksek prevalans ve insidansın batarya fabrikasında çalışan işçilerde olduğu görülmüştür (ten Bruggen Cate 1968).

Nijerya'nın İbadan şehrinde yapılan bir çalışmada, batarya fabrikasında çalışanlarla, otomobil sanayisinde çalışanlar dental erozyon açısından değerlendirilmiş ve batarya fabrikasında çalışanların %41'inde, otomobil sanayisinde çalışanların ise %3'ünde erozyon tesbit edilmiştir (Arowojolu 2001). Dülgergil ve ark (2007) endüstriyel alanda çalışan bir işçide, daha önce klinik olarak rastlanmamış kromik aside bağlı eroziv diş aşınması olan bir vakayı rapor etmişlerdir.

Sıvılaştırılmış klor gazı ile dezenfekte edilen havuz sularında klor gazı havuz suyu ile temasa geçer geçmez havuz suyunda hidroklorik asit oluşur ve havuz suyunun pH'sı düşer (Zero 1996). Buna bağlı olarak profesyonel yüzücülerde dental erozyon prevalansının arttğı tesbit edilmiştir (Geurtsen 2000).

Dental erozyon açısından risk taşıyan diğer meslek grupları ise matbaacılar (Smith ve Knight 1984), asitleri ağızlarındaki pipetle çeken laboratuar çalışanları (Levine 1973) ve şarap tadıcılardır (McIntyre 1992). Devamlı olarak aside maruz kalınan çalışma ortamlarını gerektiren meslek grupları dental erozyon açısından önemli derecede risk taşımaktadır (Zero 1996).

1.1.2. İç Kaynaklı Erozyon

1.1.2.1. Gastro-özofagal Reflü Hastalığı (GÖRH)

GÖRH, toplumda çok sayıda görülen ancak verdiği ciddi medikal ve dental zararların fark edilmediği bir gastrointestinal sistem rahatsızlığıdır. Gastrik asidin özefagus boyunca oral kaviteye doğru ulaşmasına izin veren alt özefagal sfinkterinin istemsiz kasılması olarak tanımlanmaktadır (Bartlett ve ark 1997). Gastrik sıvıdaki proteolitik pepsin enzimi ve hidroklorik asidin sindirici etkileri nedeni ile dişte

çukurlaşma ve kraterleşmeler görülür, özellikle uyurken gastrik reflü sıvısının biriktiği atipik alanlarda erozyon meydana gelebilir (Grippo ve ark 2004). GÖRH'ün erişkinlerdeki belirtileri asidik tat, persistan öksürük, kusma, boğazda tıkanıklık hissi, mide yanması, ses kalınlaşması ve halitozistir (Şener ve ark 2008).

GÖR hastalığı olan bireylerin maksiller anterior dişlerin palatinal yüzeylerinin gingival marjini hizasında düzensiz doku çözünmeleri mevcuttur (Abrahamsen 2005). Mine ince ve translusens yapıdadır; posterior okluzal ve anterior palatinal yüzeyler tamamen aşındığında dentin açığa çıkar (Şener ve ark 2008).

1.1.2.2. Yeme Bozuklukları

Diş erozyonu ile ilgili en yaygın yeme bozuklukları blumia nervosa (BN) ve anoreksia nervosa (AN)'dır. AN'nin ana belirtisi kilo kaybıyla birlikte kendi isteğiyle oluşan yetersiz beslenmedir (Herpertz ve ark 2011). Diagnostik kriterlere göre, vücut ağırlığı sağlığı bozacak kadar düşüktür. BN terimi ise yüksek kalorili yiyeceklerin daha fazla yenmesi için kontrol edilemeyen kusmaları tarif etmektedir. Kontrol edilemeyen aşırı yeme dönemini uzun açlık, kusma ve laksatif ve/veya diüretiklerin kötüye kullanımı takip eder (Herpertz ve ark 2011).

Sürekli kusma sonucu ağızdan dışarı atılan asidik mide içeriği üst anterior dişlerin palatinal yüzeylerinde erozyona neden olur (Bartlett 2006). Spesifik olarak üst dişlerin palatinal yüzeyindeki düz ve parlak görüntü ile karakterize lingual erozyon vardır. Perimyolizis olarak bilinen bu erozyon şekli, mine marjinlerinin kaybı, insizal yüzeylerde çentikli görüntü, restorasyonların yükselmiş görüntüsü ve restore edilmemiş dişlerin konturlarının kaybolması ile karakterizedir (Birmingham ve Beumont 2004).

1.2. Erozyonun Prevalansı

Modern hayatın yaşam tarzına getirdiği değişikliklerin bir sonucu olarak bireylerin yeme-içme alışkanlıklarında değişiklikler ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda özellikle genç erişkinlikler arasında hazır gıdaları ve gazlı içecekleri kullanma alışkanlığı artmıştır. Birçok çalışmaya göre gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin genç çocuk ve erişkinlerinde dental erozyon prevalansının arttığı gözlenmiştir (Jaeggi ve Lussi 2006,Arnadottir ve ark 2010, Wang ve ark 2010).

Farklı inceleme standartlarının kullanılması (inceleyen kişinin/lerin kalibrasyonu, skorlama sistemi, dişin numarası ve yüzeyi) ve homojen olmayan farklı grupların incelenmesi (yaş, cinsiyet, incelenen bireylerin sayısı, coğrafik konum) nedeniyle epidemiyolojik çalışmaların sonuçlarını karşılaştırmak oldukça güçtür (Jaeggi ve Lussi 2006). Ancak, erozyon toplumun her yaş grubunda görülebilen yüksek prevalansa sahip eskiden olduğu gibi günümüzde de devam eden önemli bir diş problemidir. Daha önceki senelerde yapılmış dental erozyonun çocuklar arasında dağılımını inceleyen birçok epiemiyolojik çalışmaların verilerine göre çocuklarda dental erozyon prevalansı %2-57 arasındadır (Milosevic A 1993, O'Brien 1994, Bartlett ve ark 1998).

ABD'de yapılan bir çalışmada, rastgele seçilen 14-88 yaşları arasındaki 527 hastada eroziv diş aşınması incelenmiştir. Tesbit edilen erozyon lezyonları üç gruba ayrılmıştır: hafif, orta ve şiddetli. Bu çalışmada, ABD'de eroziv diş aşınmasının prevalansının %25 olduğu görülmüştür. Hafif lezyonlar (prevalansı %20) sıklıkla premolar ve anterior dişlerde gözlenmiştir. Orta şiddetteki lezyonlar nadiren (prevalansı %4) ve eşit dağılımlı olarak görülmüştür. Şiddetli lezyonlar baskın bir şekilde (prevalansı %25) molar ve premolarlarda bulunmuştur (Xhonga ve Valdmanis 1983).

İstanbul'da okul çağındaki 11 yaş grubu 153 çocukta yapılan çalışmada, eroziv lezyonlar incelenmiştir (Çaglar ve ark 2005). Çocukların %28'inde dental erozyon gözlenmiştir. Bu çocuklardan portakal suyu içenlerin %32'sinde, gazlı içecek içenlerin %40'ında meyveli yoğurt tüketenlerin %36'sında ve yüzme havuzlarında profesyonel olarak yüzen çocukların %60'ında dental erozyon olduğu görülmüştür.

Yakın bir zamanda Wang ve ark (2010)'nın 12-13 yaşlarındaki 1500 çocuğu değerlendirdikleri çalışmada, en az bir dişinde erozyon belirtisi olan 416 (%27,3) çocuk tespit edilmiştir. ABD'de yapılan bir çalışmada ise 18-19 yaşlarındaki çocukların %56'sında eroziv diş aşınması gözlenmiştir. Bunun sebebi olarak da elma suyunun çok fazla tüketilmesi gösterilmiştir (Okunseri ve ark 2011).

Toplumda dental erozyona yol açan içeceklerin çeşitliliği ve kaçınılmaz şekilde yaygın olarak tüketildiği ve bu tüketimin giderek arttığı görülmektedir. Bu

içeceklerin eroziv potansiyelinin bir şekilde azaltılması veya dişlerin eroziv etkiye karşı güçlendirilmesi insanları dental erozyondan koruyabilecektir.

Erozyonu önleme ya da tedavi etmeye yönelik yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda florid içerikli vernik (Magalhães ve ark 2007, Vieira ve ark 2007), CPP-ACP kremleri, cam iyonomer içerikli pit ve fissür örtücü (Zhou ve ark 2012),diş macunu (Messias ve ark 2011), yüksek florid içeren solüsyon (Austin ve ark 2011), lazer (Steiner-Oliveira ve ark 2010, Magalhães ve ark 2011) ve florid jeli (de Carvalho Filho ve ark 2011) uygulamaları test edilmiştir.

Zhou ve ark (2012) florid içerikli vernik, CPP-ACP kremi ve cam iyonomer içerikli fissür örtücü kullandıkları çalışmalarında, cam iyonomer esaslı dental materyallerin NaF içeren materyallere göre mine yüzeyinin remineralizayonunu daha fazla artırdığı görülmüştür. Vernik ve fissür örtücü'nün daha kontrollü bir şekilde remineralize edici ajan salınımı yaptıkları rapor edilmiştir. CPP-ACP kreminin florid içeren verniklere göre çok bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Messias ve ark (2011) farklı florid konsantrasyonlarına sahip diş macunlarını, HCl asit ile erozyon oluşturulmuş mine yüzeyine uygulayıp erozyon döngüsüne devam etmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda diş macunlarının eroziv hasarı kontrol altına alamadıkları görülmüştür.

Austin ve ark (2011) NaF/ CaF_2 vernikleri ve yüksek konsantrasyonlarda florid içeren solüsyonların minenin erozyon ve abrazyonu üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında florid solüsyonlarının erozyon ve abrazyona karşı koruyucu bir etki sağlayamadıklarını, florid içerikli verniklerin ise sınırlı bir etki gösterdiklerini rapor etmişlerdir. Florid içeren ürünlerin erozyonu önlemedeki yararlarının belirsiz olduğu sonucuna varmışlardır.

Florid içeren vernik ve jelinin mine erozyonu üzerine etkilerinin enerji dağılım spektroskopi (EDS) analizi ile değerlendirildiği bir çalışmada florid jelinin verniğe göre dış kaynaklı erozyona karşı mineyi daha iyi koruduğu rapor edilmiştir (de Carvalho Filho ve ark 2011).

TiF_4 içerikli verniğin minenin yumuşamasını azalttığı ancak aşınması üzerinde etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Magalhães ve ark 2007). Magalhães ve

ark (2011) daha sonraki çalışmalarında ise TiF_4 ve NaF içerikli vernik ile solüsyonlar Nd:YAG lazer ile birlikte uygulanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda lazer uygulamasının mine erozyonunun önlenmesinde etkili olmadığı görülmüştür. Diğer taraftan TiF_4 verniğinin lazer uygulaması yapılmaksızın tek başına erozyona karşı mineyi koruduğu rapor edilmiştir. Rios ve ark (2009) APF jeli ve lazer uygulamasının birlikte yapılmasının tek başlarına uygulanmalarına göre daha etkili olduğunu savunmuşlarıdır.

Erozyonun önlenmesi ve iyileştirilmesini amaçlayan bu çalışmalar arasında farklılıklar olduğu dikkat çekmektedir. Gerek kullanılan materyalin gerekse kullanılan yöntemin değişik olması bu farklılıkları doğurmuş olabilir.

Uzun vadede erozyonun toplum genelinde yukarıdaki yöntemlerle durdurulması ve iyileştirilmesi zor olsa da kısa vadedeki koruyucu etkileri göz ardı edilemez. Bu tedavi yöntemleri yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bununla birlikte erozyon vakaları gün geçtikçe artmaktadır. Dental erozyon oluşmadan bu problemin önüne geçmek önem arz etmektedir. Asidik içeceklerin güncel preparatlarla modifiye edilerek eroziv özelliklerinin azaltılmasının erozyonla mücadeleye destek olabileceği değerlendirilebilir. Bunun yanında mine yüzeyinin rezinlerle kaplanarak erozyonun önlenmeye çalışılması erozyonla mücadelede alternatif bir tedavi seçeneğinin olabileceğini gündeme getirebilir.

1.3. Asidik Preparatların Eroziv Potansiyellerini Azaltmak İçin İlave Edilen Ajanlar

Dental erozyon, asidik yiyecek ve içeceklerin alımının azaltılması veya kullanım alışkanlıklarının modifiye edilmesiyle önlenebilir. Bunlar mümkün olmadığı zaman asidik içeceklerin modifiye edilmesi de erozyonu önlemede bir yöntem olabilir. Asidik içeceklere çeşitli ajanların ilavesi içeceklerin dişin mineral yapısını çözme ve demineralize etme potansiyelini azalttığı öne sürülmektedir (Hughes ve ark. 1999, West ve ark. 2003).

Bu amaçla asidik içecekler içerisine kalsiyum, fosfat, demir(Magalhães ve ark 2009), nano-hidroksiapatit (Lee ve ark 2007), florid ve magnezyum (Sorvari ve ark 1988), CPP-ACP (Manton ve ark 2010) ve gıda proteinleri (kazein,

ovalbumin)(Hemingway ve ark 2010) ilave edilerek asidik ajanın eroziv potansiyeli azaltılmaya çalışılmıştır

1.3.1. Kalsiyum ve Fosfat İlavesi

Kalsiyum ve fosfat diş yapısının çok büyük bir yüzdesini oluşturan hidoksiapatit kristallerinin yapı taşlarıdır. İçeceklerin kalsiyum, fosfat ve florid içeriği onun hidroksiapatite göre doygunluk derecesini gösterir. Farklı içeceklerin eroziv potansiyellerinin karşılaştırıldığı çalışmada içeceklerdeki kalsiyum, fosfor ve florid miktarlarının oldukça düşük olduğu tespit edildi. Ayran hariç diğer içeceklerin eroziv potansiyellerinin çok yüksek olduğu görüldü. Ayranın pH'sının çok düşük olmasına karşın kalsiyum ve fosfat içeriğinin fazla olması nedeniyle eroziv potansiyelinin olmadığı görülmüştür (Lussi ve ark 2000). Asidik preparatlara kalsiyum ve/veya fosfat ilave edilmesi bu preperatların minenin apatitine göre doygun duruma gelmesini sağlamaktadır (Larsen ve Nyvad 1999).

Bir gazlı içeceğin çeşitli iyonlarla modifiye edildiği bir çalışmada, düşük konsantrasyonda kalsiyum içeren içeceğin tek başına veya diğer iyonlarla kombine edilmesinin eroziv potansiyelini önemli derecede azalttığı rapor edilmiştir (Magalhães ve ark 2009). Düşük pH'daki Frenk üzümü suyunun kalsiyum ile modifiye edilmesi içeceğin eroziv etkisini azaltmıştır (Hughes ve ark 1999). Bir diğer çalışmada kalsiyum ilave edilen Frenk üzümü ve normal portakal suyunun eşit zamanda, miktarda ve sıklıkta tüketilmesi sağlandıktan sonra profilometre ile belirli aralıklarla mine kaybı ölçülmüş, sonuçta kalsiyum ilave edilen Frenk üzümünün daha az mine kaybına neden olduğu görülmüştür (West ve ark 2003). Düşük konsantrasyonlarda kalsiyum, fosfat ve florid ile modifiye edilen sitrik asit çözeltisinin erozyonu belirgin şekilde azalttığı ancak tam anlamıyla önleyemediği ifade edilmiştir (Attin ve ark 2003). Asidik içeriği sitrik asit olan bir sporcu içeceğine kalsiyum ilave edilmesinin, içeceğin eroziv potansiyelini azalttığı bulunmuştur (Hooper ve ark 2004).

Coca-Cola® , Sprite® ve Sprite Light® ve portakal suyu gibi asidik içeceklere kalsiyum veya kalsiyumun fosfat ve floridle kombine olarak ilave edildiği çalışmanın sonucuna göre kalsiyum, fosfat ve florid kombinasyonunun kalsiyumun tek başına

ilave edilmesine göre içeceğin eroziv potansiyelini önemli ölçüde azalttığı bulunmuştur (Attin ve ark 2005).

1.3.2. Florid İlavesi

Piyasadaki birçok asidik içeceğin (Coca-Cola®, Sprite®, Ice Tea®, Red Bull®, Sun Queen Elma Suyu® vs.) eroziv potansiyeli incelenmiş ve florid gibi birçok iyonun çok az miktarda olduğu içeceklerin eroziv potansiyellerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Lussi ve ark 2000). Bu bağlamda bu iyonların miktarlarını artırmanın içeceğin eroziv potansiyelini azaltacağı düşünülmüştür. Attin ve ark (2003) eroziv potansiyeli olan ve birçok içecekte bulunan sitrik asit içerisine çeşitli iyonları ilave ettikleri çalışmalarında diğer iyonlarla birlikte floridin da sitrik asidin eroziv potansiyelini azalttığını görmüşlerdir. Sitrik asit yerine eroziv içeceğin kendisinin kullanıldığı başka bir çalışmada ise floridin kalsiyum ile birlikte ilave edilmesinin içeceğin eroziv potansiyelini azalttığı sonucu ortaya çıkmıştır (Magalhães ve ark 2009). Attin ve ark (2005) birçok gazlı içeceği kullandıkları çalışmalarında, içeceklere kalsiyumun fosfat ve floridle birlikte ilave edilmesinin daha iyi sonuç verdiğini gözlemlemiştir. Dünya Sağlık Örgütü'nün 1994'deki raporunda içme sularındaki florid miktarının üst sınırı 1,5 ppm olarak belirlenmiştir (World Health Organization Expert Committee on Oral Health Status and Fluoride Use). Asidik ajanlara florid ilave edilen çalışmalarda en yüksek florid konsantrasyonu 0,047 mmol/L yani 0,9 ppm'dir. Bu ve daha düşük konsantrasyonlardaki floridin erozyon üzerine etkisi diğer iyonlarla kombine kullanıldığı zaman anlamlı bulunmuştur. Daha yüksek konsantrasyonlarda florid kullanılarak bu çalışmalar geliştirilebilir.

1.3.3. Nano-Hidroksiapatit

HA biyolojik apatit olarak diş minesi ve kemik minerallerinin asıl bileşenidir (Ramalingam ve ark 2005). Remineralizasyonu tetikleyen kalsiyum ve fosfat bileşiklerinin önemli bir miktarını bünyesinde bulundurur (Lee ve ark 2007).

Ayrıca nano-HA'nın iri taneli kristallerden daha iyi biyoaktivite gösterdiği rapor edilmiştir (Webster ve ark 2001). Daha önceki çalışmalar nano-HA'nın başlangıç seviyesindeki dental çürükler üzerinde tamir edici etkisinin olduğunu göstermiştir (Yamagishi ve ark 2005, Huang ve ark 2010, Tschoppe ve ark 2011).

Florid ile karşılaştırıldığında ise nano-HA'nın remineralizasyon etkisinin istatistiksel olarak amin floridten daha yüksek olduğu bulunmuştur (Tschoppe ve ark 2011).

HA'nın mine mineralleri ile kimyasal ve yapısal benzerliği nedeniyle, hasar görmüş minenin biyomimetik (orjinalini yansıtan) tamiri için nano-hidroksiapatit uygulaması, bugün dental araştırmalarda büyük ilgi görmektedir (Li ve ark 2008). Yapılan bir çalışma, 20nm boyutundaki HA'nın asit ataklarına maruz bırakılan minenin biyomimetik tamiri için mükemmel bir yeteneğe sahip olduğunu göstermiştir (Li ve ark 2008). Nano-hidroksiapatitin başlangıç mine lezyonlarını remineralize etme potansiyelinin olduğu daha önceki çalışmalarda da görülmüştür (Huang ve ark 2009, Huang ve ark 2010).

Nano-HA'dan dişin bileşiminde bulunan kalsiyum, fosfat ve hidroksil iyonları salınmaktadır. Erozyon oluşturma potansiyeli olan Powerade® isimli sporcu içeceğine ilave edilen nano-HA'dan içeceğe kalsiyum ve fosfat iyonları salınmıştır. Salınan bu iyonların içeceğin diş minesine göre saturasyon derecesini artırıp dental erozyonu önleyeceği düşünülmüştür (Min ve ark 2011).

Asidik içeceklere ilave edilen nano-HA'nın remineralizasyon üzerinde muhtemel iki mekanizması olduğu düşünülmektedir (Lee ve ark 2007). Birincisi; kalsiyum, fosfat ve hidroksil iyonlarını oluşturmak için asidik içecekte ayrışan nano-HA'nın çözünürlüğüdür (Lee ve ark 2007). Burada bir mineral rezervuarı gibi rol oynayarak nano-HA'nın asidik içeceklere ilave edilmesi minenin demineralizasyon derecesini azaltıp, remineralizasyonu hızlandırabilir (Lee ve ark 2007). İkincisi; nano-HA'nın remineralizasyon etkisinin, nano-HA'nın demineralize mine yüzeyinin mikro büyüklükteki porlarını doldurmasıyla olabileceğidir (Lee ve ark 2007). Asidik koşullar muhtemelen kalsiyum fosfat kümelerinin kalsiyum ve fosfat iyonlarına ayrışmasıyla yüksek kristalin yapılı HA'nın hızlı oluşumunu tetiklemektedir (Lee ve ark 2007).

1.3.4. Magnezyum ve Demir

Sağlığı koruyucu özelliğinden dolayı bir besin desteği olarak bilinen magnezyumun erozyonu önleme konusundaki etkisini incelemek için hayvanlar üzerinde yapılan bir çalışmanın sonucunda magnezyumun erozyonu önlemede herhangi bir etkisinin bulunmadığı sonucuna varılmıştır (Sorvari ve ark 1988).

Bunun yanında Magalhães ve ark (2009) demirin de içinde bulunduğu çeşitli iyonların tek tek ve kombine olarak sitrik asit bazlı gazlı içeceklere ilave edilmesinin dental erozyon üzerine etkilerini incelemişler. Çalışmanın sonucunda 1mmol/L demirin içeceğe ilave edilmesinin erozyonu önlemede bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Ancak demirin konsantrasyonu arttırıldığında (10 mmol/L) eroziv aşınmanın belirgin şekilde azaldığı fakat yüzey sertliği değişim yüzdesinin arttığı rapor edilmiştir (Kato ve ark 2007).

1.3.5. Kazein Fosfopeptid- Amorf Kalsiyum Fosfat (CPP-ACP) İlavesi

Erozyona uğratılmış mine yüzeyine topikal olarak uygulandığına CPP-ACP'nin yüzey sertliğini yapay tükürükten daha fazla arttırdığı rapor edilmiştir (Panich ve Poolthong 2009). CPP-ACP'nin bu özelliğinden yararlanmak için çeşitli gazlı içeceklere ilavesi in vitro olarak incelenmiş ve içeceğin eroziv potansiyelini belirgin şekilde azalttığı rapor edilmiştir (Manton ve ark 2010). Benzer şekilde Powerade® isimli sporcu içeceğine ilavesi de içeceğin eroziv potansiyelini önemli ölçüde azaltmıştır (Ramalingam ve ark 2005).

1.3.6. Gıda proteinlerinin (Kazein ve Ovalbumin) İlavesi

İnek sütündeki proteinlerin %78'ini oluşturan kazein proteini, süt içerisinde 30-300 nm çapında partiküller halinde yüksek miktarda bulunmaktadır (Çetin ve ark 2011). Doğal halinde kazein partikülleri yüksek oranda kalsiyum ve fosfor ihtiva ederken daha az oranda magnezyum ve sitrat içerirler ve sıklıkla kazeinatfosfat ve kalsiyumfosfokazeinat partikülleri olarak adlandırılırlar (Aimutis 2004).

Süt, kazein, kazeinat ve peynirin antikaryojenik özelliğini gösteren birçok insan ve hayvan çalışmaları bulunmaktadır. Herbiri farklı seviyelerde yağ, protein, kalsiyum ve fosfat içeren dört farklı peynir türünün antikaryojenik potansiyellerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada çürüğe karşı en koruyucu özelliğe sahip peynirin, içeriğinde daha fazla oranda kazein fosfoproteinleri ve kalsiyumfosfatı bulunduran peynir olduğu bulunmuştur (Harper ve ark 1986). İnsan deneklerin ağız içi ortamında yapılan bir çalışmada, çedar peyniri suyunun mine yüzeyinde oluşan demineralizasyonu düşük pH seviyesinde bile önemli derecede azalttığı gözlenmiştir (Silva ve ark 1987). Deney farelerinin kullanıldığı bir çalışmada ise, farelerin içme

suyuna katılan çözünebilir sodyum kazeinatın pit ve fissür çürüklerinin oluşumunu azalttığı görülmüştür (Reynolds ve del Rio 1984).

Başka bir çalışma, çikolata içine karıştırılan sodyum kazeinatın karyojeniteyi azalttığını göstermektedir. Ancak, gerekli olan kazeinat miktarının(%16,6) ürünü ağız içinde kullanılamaz yaptığı belirtilmektedir. Bu nedenle, yapılan çalışmalar kazeinin etkili antikaryojenik özelliğini vurgularken, kullanımı için gerekli olan besinlerin ve diş macunlarının içine karıştırıldığında tadının kullanılamayacak kadar kötü olduğunu belirtmişlerdir (Reynolds ve Black 1987, Reynolds ve Black 1989, Reynolds 1998).

Son yapılan bir çalışma göstermiştir ki bir süt proteini olan kazein in vitro ortamda basit asit solüsyonlarında hidroksi apatitin çözünmesini engellemektedir (Barbour ve ark 2008). Bunun proteinin, hidroksi apatitin yüzeyine tutunması neticesinde olduğu düşünülmektedir (Barbour ve ark 2008).

Basit asit solüsyonlarına ve ticari gazlı içeceklere kazein ve ovalbumin ilave edilmesi pelikıl varlığında in vitro ortamda mine erozyonunu büyük ölçüde azaltmaktadır (Hemingway ve ark 2010). Bu sonuçlar gazlı içeceklerin formülasyonlarına kazein ve ovalbumin ilave edilmesinin içeceğin eroziv potansiyelini azalttığını ortaya çıkarmaktadır.

1.4. Erozyonu Önlemek İçin Uygulanan Topikal Ajanlar

1.4.1. Topikal Florid Uygulaması

Floridin çürüklere karşı koruyucu etkisinin olduğu bilinmektedir. Her ne kadar floridin erozyonu önlemesi konusunda çelişkiler mevcutsa da, florid uygulamanın erozyon üzerinde koruyucu etkisinin olduğunu gösteren birçok çalışma bulunmaktadır (Ganss ve ark 2004, Lagerweij ve ark 2006). Yüksek fluoridli asidik jel uygulamasının daha stabil bir kalsiyum florid (CaF_2) tabakası oluşturarak erozyonu önlemede daha başarılı olacağını belirtilmiştir (Lagerweij ve ark. 2006). Fakat ağız solüsyonları, vernikler ve jeller gibi yüksek konsantrasyonlarda florid içeren uygulamalar karşılaştırılmış ve florid içeren verniğin, diş yüzeyine bağlanabilme yeteneği ve CaF_2 rezervuarı oluşturması açısından solüsyon ya da

jellere göre erozyonu önlemede daha etkili olduğu kabul edilmiştir (Magalhães ve ark 2007)

Topikal nötral %1 NaF jel uygulamasının, %4 TiF_4 (titanyum tetraflorür) solüsyonu uygulamasının ve kontrol grubunun karşılaştırıldığı bir çalışmada topikal TiF_4 uygulamasının erozyon önlemede nötral %1 NaF jelden daha etkili tedavi seçeneği olduğu görüşüne varılmıştır (van Rijkom ve ark 2003).

Yüksek konsantrasyonlu çeşitli florid solüsyonlarının (TiF_4, NaF, AmF (amin florür), ZnF_2 (çinko florür) ve SnF_2 (kalay florür)) karşılaştırıldığı bir çalışmada, TiF_4, AmF ve SnF_2 uygulamasının diğer uygulamalara göre belirgin şekilde eroziv lezyonların oluşmasında koruyucu etkisinin olduğu gösterilmiştir (Yu ve ark 2010).

1.4.2. Kazein Fosfopeptid- Amorf Kalsiyum Fosfat (CPP-ACP) Uygulaması

CPP-ACP, aside maruz kaldığında ortama ACP salınımı olmaktadır. Ortama salınan kalsiyum ve fosfat iyonları, asidik ortamı tamponlayarak plak pH'sını dengelemektedir. Bu da demineralizasyonu önlemeye yardımcı olmaktadır (Reynolds 1997). CPP-ACP'nin tek başına ve 900 ppm florid ile birlikte erozyon üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada, her iki kullanımda da yumuşamış minenin remineralize olduğu ancak floridle birlikte uygulandığında daha yüksek remineralizasyon sağlandığı rapor edilmiştir (Srinivasan ve ark 2009).

Yakın bir zamanda yapılan çalışmanın sonucuna göre CPP-ACP'nin yapay tükürükle karşılaştırıldığında erozyona uğratılmış mine yüzeyini belirgin şekilde daha iyi remineralize ettiği görülmüştür (Panich ve Poolthong 2009).

1.4.3. Diş Yüzeyinin Rezin Kaplanması

Erozyonun tedavi edilmesindeki diğer bir yöntem ise diş yüzeyinin rezin ile kaplanmasıdır. Bu yöntemle ilgili çok fazla bir çalışma mevcut değildir. Dentin bonding sistemlerin erozyon sonucu dentinin açığa çıktığı bölgelere klinik olarak uygulandığı bir çalışmanın raporuna göre, bu koruyucu uygulamanın daha fazla diş aşınmasının önüne geçmek için etkili bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır (Sundaram ve ark 2007a).

Sundaram ve ark (2007b)'nın diş yüzeylerine uygulanan dentin bonding ajanları ile florid içeren ağız solüsyonlarının etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmanın raporuna göre Seal ve Protect'in diş yüzeyini belirgin şekilde daha iyi koruduğu gösterilmiştir. Seal ve Protect gibi düşük viskoziteli ajanlar, dentin tübülleri içine akarak mekanik tutunum kazanmakta ve film derinliği sağlanmaktadır. Bundan dolayı bonding ajan dentin yüzeyinden uzaklaşsa bile yüzeyin altındaki tabakada kalabilmekte ve asitlere karşı koruyucu etkisini devam ettirebilmektedir. (Sundaram ve ark 2007b).

Bu çalışma ile sitrik asit solüsyonunun farklı konsantrasyonlarda sodyum florür, nano HA ve kazein ile modifikasyonunun, yapay erozyon oluşturulmuş mine yüzeyi üzerinde meydana getirdiği değişikliklerin, solüsyonun eroziv özelliği üzerine etkilerinin, erozyonu iyileştirici özelliğinin olup olmadığının incelenmesi; ayrıca mine yüzeyinin rezinle kaplanmasının erozyonu azaltma veya durdurma etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Deneyde kullanılacak sığır dişlerinin hazırlanması

Bu çalışmada altı yaş ve üzeri sığırlara ait 165 adet alt kesici dişler kullanıldı. Çatlak, kırık, çürük veya herhangi bir defekt olan dişler çalışmaya dahil edilmedi. Dişler Konya Et Entegre tesisinden elde edildi. Dişler üzerindeki debris ve eklentiler uzaklaştırılarak su soğutması altında dişlerin kuronları köklerinden ayrıldı. Kuronlar kullanılacağı ana kadar %0,5'lik timol solüsyonunda saklandı.

2.2. Sitrik Asit Çözeltisinin Hazırlanması

Sitrik asit birçok asitli içecekte bulunan ve şiddetli erozyon oluşturma potansiyeline sahip olan bir bileşendir. Çalışmamızda sitrik asit ihtiva eden içecekleri taklit etmek için %1'lik (pH 3,2) sitrik asit çözeltisi kullanıldı. Hassas terazide 10 gram sitrik asit* tartılıp üzerine 1 litreye kadar distile su ilave edilerek %1'lik sitrik asit çözeltisi elde edildi. Çözeltinin pH'sını belirlemeden önce pH metrenin (Jenway 3010 pH meter, Essex, İngiltere) pH'sını 4,01 ve 7,0 olan tamponlarla kalibre edildi. Hazırlanan çözeltinin ilk pH değeri 2,50 olarak ölçüldü. Çalışmada kullanılacak olan eroziv çözeltinin pH'sı 3,2'ye ayarlamak için gerektiği kadar 1M sodyum hidroksit ilave edildi (Resim 2.1). Bir litre 1 M sodyum hidroksit çözeltisi hazırlamak için 40 gram sodyum hidroksit** bileşiği üzerine 1 litreye kadar distile su ilave edildi.

Hazırlanan sitrik asit çözeltisinin pH değerleri ölçülerek titrasyon asitliği (TA) hesaplandı. TA 50ml çözeltinin pH'sını 5,5 ve 7,0'ye çıkartmak için gereken 1 M NaOH çözeltisinin hacmi ml olarak hesaplandı (Cairns ve ark. 2002)

*$C_6H_8O_7$, Merck, Almanya, **NaOH, Merck, Almanya



Resim 2.1. Sitrik asit çözeltisinin pH'sının 3,2'ye çıkartılması.

2.3. Yapay Tükürüğün Hazırlanması

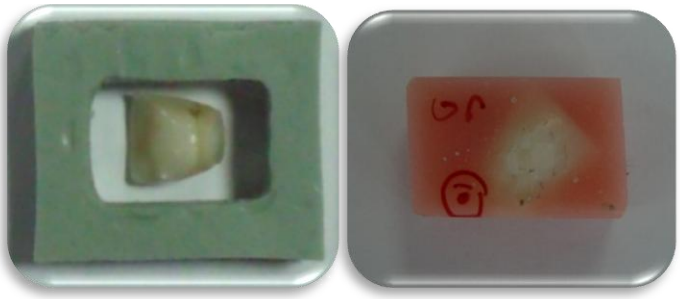
Erozyon döngüsünü başlatmadan önce ve erozyon döngüleri arasında örnekleri saklamak için yapay tükürük kullanıldı. Yapay tükürük elde etmek için 1 litre çözeltide ağırlıkça %0,08 sodyum klorür[ϕ], %0,12 potasyum klorür[#], %0,01 magnezyum klorür hekzahidrat[ø], %0,03 potasyum fosfat dibazik[Ŧ], %0,01 kalsiyum klorür dihidrat[Ψ], %0,1 sodyum karboksimetil selüloz[†] ve distile su (% 99,6) kullanılarak hazırlanmıştır (Keleş ve Toroğlu 2010). Bileşikler yüzdeleri dikkate alınarak hassas terazide tartılıp üzerine 1 litreye kadar distile su ilave edildi. Sodyum karboksimetil selüloz'un çözünmesi için çözelti manyetik karıştırıcıyla 1saat karıştırıldı. Yapay tükürüğün ilk pH değeri 7,5 olarak ölçüldü. Seyreltik HCl ilave edilerek pH 7,0'ye düşürüldü.

2.4. Mine Yüzeylerinin Hazırlanması

Dişler timol solüsyonundan çıkartıldıktan sonra distile su ile yıkandı. Kuronların vestibül yüzeyleri açıkta kalacak şekilde dişler akrile gömüldü (Resim 2.2). Açıkta kalan mine yüzeyleri akril blok ile birlikte yaklaşık 200µm kadar su zımparası ile aşındırıldı. Sırası ile 600, 800, 1000 ve 1200 gritlik zımparalar

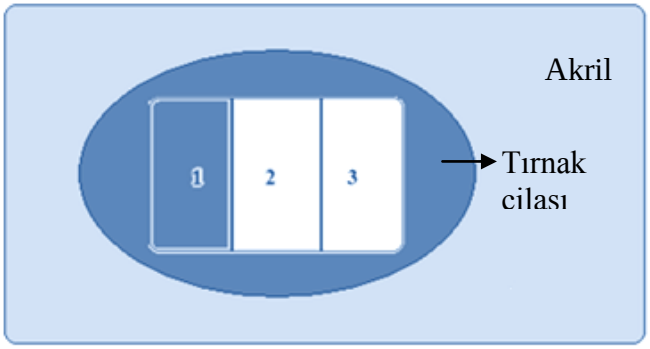
[ϕ] %0,08 NaCl, Merck, Darmstadt, Almanya
[#] %0,12 KCl, Merck, Darmstadt, Almanya
[ø] %0,01 $MgCl_2.6H_2O$, Merck, Darmstadt, Almanya
[Ŧ] %0,03 K_2HPO_4, Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya
[Ψ] %0,01 $CaCl_2.2H_2O$, Merck, Darmstadt, Almanya
[†] % 0,10 Na CMC, Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya

kullanıldı. Pürüzsüz, düzgün ve standart mine yüzeyi elde edildi.



Resim 2.2. Dişlerin gömülü olduğu akril blokların elde edilmesi

Açıkta kalan mine yüzeyinde 3 x 6mm'lik bir dikdörtgen çizildi. Bu dikdörtgen 2'şer mm'lik 3 alana bölündü (Şekil 2.1). İki ve üç nolu alanlar dışında kalan bütün mine yüzeyleri tırnak cilası veya selo bant ile kapatıldı. Örnekler erozyon oluşturulmadan önce yapay tükürük içerisinde 24 saat bekletilip distile su ile yıkanarak kurutuldu.



Şekil 2 .1. Profilometre ile ölçümü yapılan alanların çizimsel gösterimi

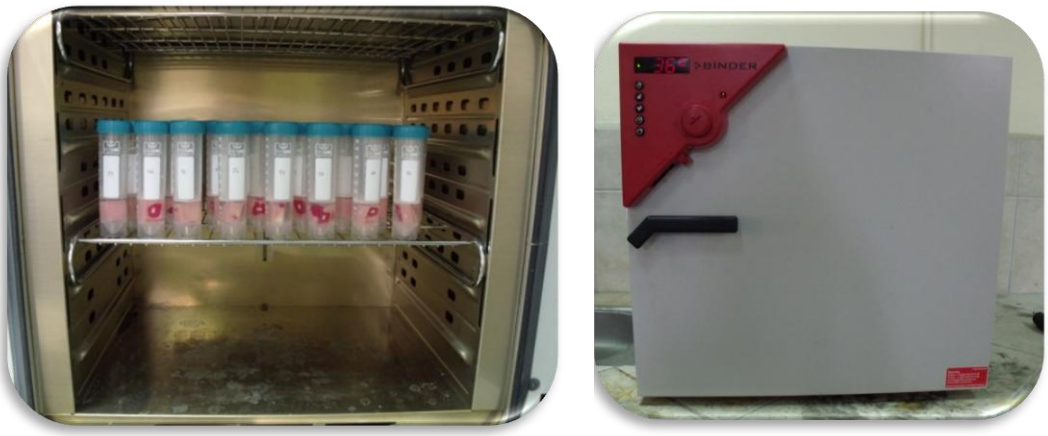
2.5. Yüzeyde Pelikıl Oluşturulması

İn vitro ortamda mine yüzeyinde pelikıl oluşturmak için doğal tükürük kullanıldı. Eroziv aşınmaları, aktif çürükleri ve tükürük bezleriyle ilgili problemi olmayan ve düzenli ilaç kullanmayan sağlıklı 5 bireye kahvaltıdan 2 saat sonra parafin sakız (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) çiğnetilerek uyarılmış tükürükler toplandı. Falkon tüpler içerisine toplanan tükürükler kullanılacağı ana kadar 80°C'de saklandı. Pelikıl oluşumu için dondurulmuş tükürük çözdürülerek dişler bu tükürük içerisinde 2 saat boyunca 36°C'lik etüvde (Binder, Tuttlingen, Almanya) tutuldu

(Hannig ve Joiner 2006). Pelikıl oluşturulmuş mine yüzeyleri distile su ile yıkandıktan sonra oda ısısında kurumaya bırakıldı.

2.6. Başlangıç Erozyonunun Oluşturulması

Deneysel erozyon %1'lik sitrik asit ile oluşturuldu. İçerisinde bir adet numune bulunan falkon tüpüne 10ml %1'lik sitrik asit çözeltisi (pH 3,2) ilave edildi. Tüpler 60 dakika boyunca 36°C'de etüvde bekletildi (Resim 2.3). Etüvden çıkartılan örnekler 30 sn distile sudan geçirilerek oda ısısında kurumaya bırakıldı. Her grupta 15 numune olacak şekilde dişler rastgele 11 gruba ayrıldı.



Resim 2.3. Etüvde başlangıç erozyonunun oluşturulması.

Çalışmadaki deney grupları aşağıdaki gibidir:

Kontrol grupları:

Pozitif kontrol: %1'lik Sitrik asit çözeltisi (pH 3,2)

Negatif kontrol: Distile su

Eroziv çözeltilerin modifiye edildiği gruplar:

Bu gruplarda %1'lik sitrik asit çözeltisine ayrı ayrı aşağıdaki maddeler ilave edilerek eroziv çözelti modifiye edilmiştir.

F1 grubu: 0,047mmol/L (0,9 ppm) Sodyum florür (NaF) ilave edilen grup

F2 grubu: 0,071 mmol/L (1,36ppm) Sodyum florür (NaF) ilave edilen grup

HA1 grubu: % 0,05 Nano-hidroksi apatit ilave edilen grup

HA2 grubu:%0,1 Nano-hidroksi apatit ilave edilen grup

K1 grubu: %0,02 Kazein ilave edilen grup

K2 grubu: %0,2 Kazein ilave edilen grup

Diş yüzeyinin rezin kaplandığı gruplar:

Eroziv ajanın mineye etkisinin önlenmesi için mine yüzeyi çeşitli ajanlarla kaplandı.

Icon grubu: Icon (DMG, Hamburg, Germany) uygulanan grup

BC grubu: BisCover LV (Bisco, USA) uygulanan grup

OG grubu: OptiGuard (Kerr, Italy) uygulanan grup

Örnekler üzerinde başlangıç erozyonu oluşturulduktan sonra 2 nolu alan rezin gruplarında bant ile diğer gruplarda tırnak cilası ile kapatıldı.

2.7. Modifiye Eroziv Solüsyonların Hazırlanması

2.7.1. Eroziv Solüsyonun Sodyum Florür ile Modifikasyonu

Flor solüsyonları için konsantrasyonları 0,047 mmol/L (≅ 0,9 ppm) ve 0,071 mmol/L (≅ 1,36 ppm) olan sodyum florür* çözeltiler kullanıldı.

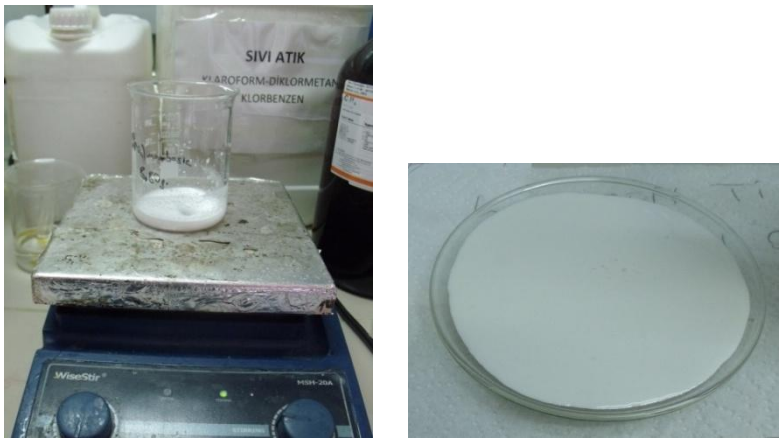
F1 ve F2 solüsyonları için gerekli olan sodyum florür miktarları 0,002 ve 0,003 gram olarak hesaplandı. Hassas terazide 0,002 ve 0,003 gram sodyum florür tartılarak üzerlerine 1 litreye kadar %1'lik sitrik asit çözeltisi (pH 3,2) ilave edildi. Hazırlanan bu çözeltilerin pH değerleri ölçülerek titrasyon asitliği (TA) hesaplandı. TA 50ml çözeltinin pH'sını 5,5 ve 7,0'ye titre etmek için gereken 1 M NaOH çözeltisinin hacmi (ml) olarak hesaplandı (Cairns ve ark. 2002)

*NaF, Merck, Darmstadt, Almanya

2.7.2. Eroziv Solüsyonun Nano Hidroksiapatit ile Modifikasyonu

Nano Hidroksiapatit (nano-HA) üretimi sol-gel yöntemi ile Selçuk Üniversitesi Ar-Ge biriminin Kimya Laboratuarında yapıldı.

Nano-HA yapımında Kuş ve ark. (2006) ve Sanosh ve ark. (2009) tekniği esas alınmıştır. Öncelikle sol çözeltisi hazırlandı. Bunun için 2 ayrı çözelti hazırlandı. İlk çözelti (A) 13,17ml su içerisine 8,8 gr kalsiyum fosfat monobazik[#] koyulup 10 dakika karıştırılarak hazırlandı (Resim 2.4). İkinci çözelti (B) ise fosforik asit içerisine yavaş yavaş amonyak ilave edilerek pH'sı 10'a çıkartılan bir tampon çözeltidir.



Resim 2.4. Sol çözeltisinin hazırlanması ve jelleşmeye bırakılması

B çözeltisinden 25ml alınarak A çözeltisine yavaş yavaş damlatıldı. Bu karışım en yüksek hızda 30 dakika karıştırıldı. Sol çözeltisi içerisine 10 gr kalsiyum hidroksit[₸] tozu ilave edilerek 1 saat boyunca ultrasonik vibratörde karıştırıldı. Balçık şeklindeki bu karışım saat camı üzerine dökülüp jelleşmenin oluşması için 24 saat boyunca oda sıcaklığında bekletildi (Resim 2.4). Ertesi gün 65°C'de 24 saat boyunca kuruması sağlandı. Kurutulmuş jelden elde edilen tozlar tekrar tekrar distile su ile yıkanıp süzgeç kağıdından geçirilerek ortamda oluşan amonyum fosfat ($NH_4H_2PO_4$) uzaklaştırıldı (Resim 2.5).

[#] $CaH_4(PO_4)_2$, Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya
[₸] $Ca(OH)_2$, Merck, Darmstadt, Almanya



Resim 2.5. Kurutulmuş HA tozlarının yıkanarak ortamdaki $NH_4H_2PO_4$ uzaklaştırılması

Yıkama ve süzme işleminden sonra çamur şeklindeki katı karışım kül fırınında 200°C' den 800°C'ye yavaş yavaş çıkartılarak sinterleme işlemi gerçekleştirildi (Resim 2.6). Sinterlenen HA örneği ezilerek toz haline getirildi.



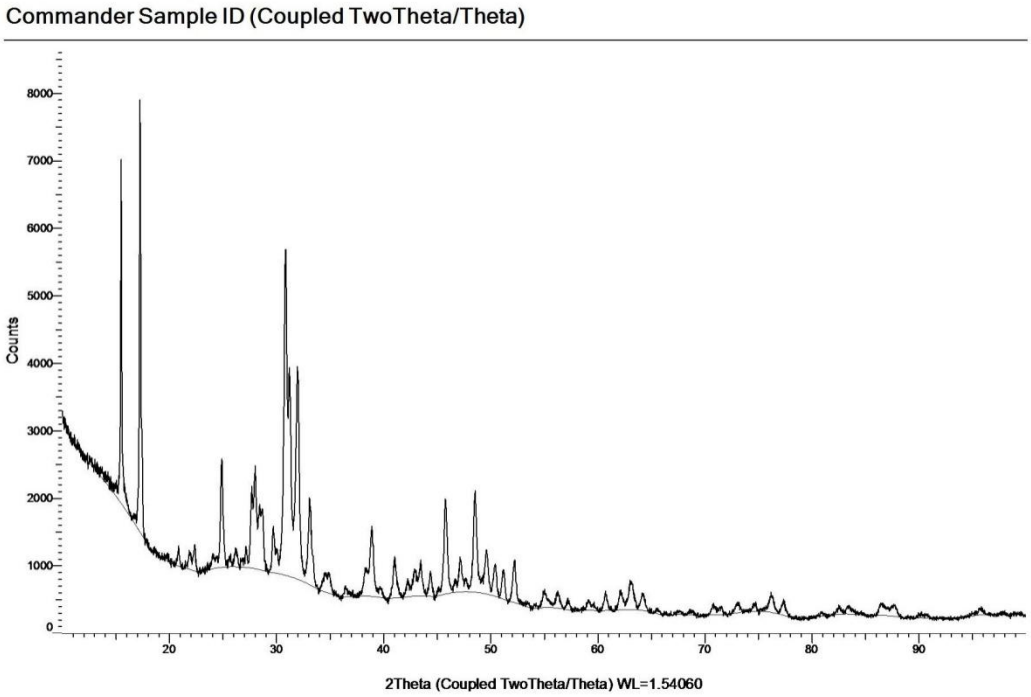
Resim 2.6. Karışımın kül fırınında sinterlenmesi

HA'nın sol-gel yöntemiyle sentezlenmesi esnasında meydana gelen kimyasal reaksiyonlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

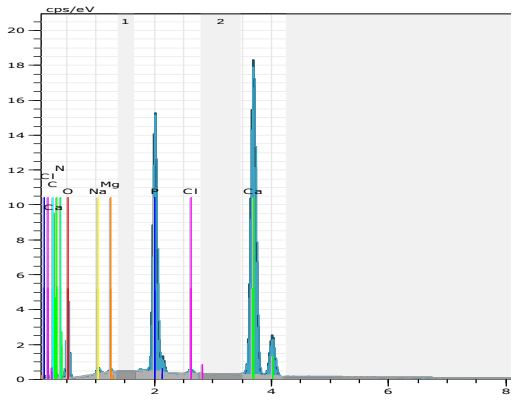
$H_3PO_4 + 3NH_4OH \rightarrow (NH_4)_3PO_4 + 3H_20$
$CaH_4(PO_4)_2$ (katı) = $Ca(H_2PO_4)_2$ (katı) kalsiyum fosfat monobazik
$3Ca(H_2PO_4)_2$ (k) + $2(NH_4)_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 6NH_4H_2PO_4$
$3Ca_3(PO_4)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$

Elde edilen HA tozlarının element analizi Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi (EDS) (Bruker, Almanya) kullanılarak yapıldı.

X-Işını Difraksiyon (XRD) cihazı (Bruker, D8 Advance, Almanya) ile HA partikülerinin X- ışını kırınım spektrumları belirlendi. Kırınım pikleri ile Sherrer eşitliği ($Dc= 0.9.\lambda/(L.\cos\theta)$) kullanılarak kristal boyutu hesaplandı. Bu eşitlikten elde edilen sonuca göre HA partikülünün boyutunun 30nm olduğu tespit edildi (Resim 2.7).



Resim 2.7. Nano-HA'nın XRD analiz raporu



Element	Ağırlık %	Atom %
O	39,03	60,02
Ca	46,88	28,78
P	14,09	11,19

Şekil 2.2. Nano-HA'nın EDS analizi

Elde edilen Nano-HA partikülleri ile sitrik asidin 2 farklı modifikasyonu (%0,05 ve %0,1) hazırlandı. HA1 ve HA2 solüsyonları için gerekli olan nano-HA

miktarları 0,5 ve 1,0 gram olarak hesaplandı. Hassas terazide 0,5 ve 1,0 gram nano-HA tartılarak üzerlerine 1 litreye kadar %1'lik sitrik asit çözeltisi (pH 3,2) ilave edildi.

Nano-HA ile modifiye edilen sitrik asit solüsyondan 50 ml alınarak titrasyon asitliği hesaplandı.

2.7.3. Eroziv Solüsyonun Kazein ile Modifikasyonu

Kazein çözeltilerini hazırlamak için Hemingway ve ark. (2010)'nın metodu esas alındı. Bir litre %1'lik sitrik asit çözeltisine (pH 3,2) derişik NaOH çözeltisi ilave edilerek pH 9,0'a çıkartıldı. % 0,2'lik kazein çözeltisi için 2 gram kazein* üzerine 1 litreye kadar hazırlanan bazik çözelti ilave edildi. Kazeinin tam anlamıyla çözünmesini sağlamak için çözelti oda sıcaklığında manyetik karıştırıcıda en az 90 dakika karıştırıldı. Çözünme işlemi tamamlandıktan sonra, çözeltiyi asidik pH'ya getirmek için çözeltiye seyreltik HCl (Merck, Almanya) çözeltisi yavaş yavaş ilave edildi.

Yukarıdaki işlemler %0,02'lik kazein çözeltisi için tekrar yapıldı. Kazein ilave edilerek modifiye edilen sitrik asit çözeltilerinin 50 ml'si alınıp pH değerleri ölçüldü. Daha sonra 1M NaOH çözeltisi ile titrasyonları yapıldı.

2.8. Rezin Materyallerin Uygulanması

Çalışmada başlangıç erozyonu oluşturulmuş 3 numaralı alanda resin kaplama materyalleri olarak kullanılan Icon Smooth Surface, BisCover LV ve OptiGuard Çizelge 2.1'de gösterilmektedir.

Rezin infiltrant materyali olan Icon Smooth Surface (DMG, Hamburg, Almanya) Icon-Etch, Icon-Dry ve Icon-Infiltrant olmak üzere 3 aşama olarak uygulanmaktadır. Çalışmada prosedüre uygun olarak öncelikle mine yüzeyine kendi aparatı ile Icon-Etch uygulandı ve 2 dk beklendi. Yüzeydeki asid 30 s yıkanarak uzaklaştırıldı ve hava ile kurutuldu. Yüzeyi daha da kuru hale getirmek için etanol içerikli Icon-Dry materyali uygulanıp 30 s beklendi ve hava ile tekrar kurutuldu. Daha sonra kendi aparatı ile rezin materyali olan Icon-Infiltrant uygulanarak 3 dk

*Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya

beklendi ve 40 s ışık gücü 9 MW / CM^2 x 100 LED ışık cihazıyla (Valo, Ultradent, Utah, Amerika) polimerize edildi. Icon-Infiltrant tekrar uygulanıp 1 dakika beklenerek 40 s tekrar ışık uygulandı.

Çizelge 2.1. Çalışmada kullanılan rezin materyallerin içerikleri ve firma isimleri

Rezin Materyal	İçerik	Firma/Ülke/Lot numarası
Icon Smooth Surface (Caries infiltrat)	Icon-Etch: hidroklorik asit, pirogenik silisilik asit, yüzey-aktif maddeleri Icon-Dry:%99 etanol Icon-Infiltrat: Metakrilat bazlı rezin matriks, inisiyatör, katkı maddeleri	DMG, Hamburg, Almanya/ 665110
BisCover LV (Light-cured Low Viscosity Liquid Polish)	Dipentaerithritol diakrilat esterleri, etanol	Bisco, Schaumburg, ABD/ 1100012513
OptiGuard	Metakrilat Ester Monomerleri, fotoinsiyatörler, stabilizatörler	Kerr, İtalya /2970575

Mine yüzeyine düşük viskositeli yüzey kaplama materyali olan BisCover LV'yi uygulamadan önce 15s Uni-Etch (Bisco, Schaumburg, ABD) %32'lik fosforik asit uygulandı. Daha sonra bu asit 15s suyla yıkandı ve 15s hava ile yüzey kurutuldu. Mikrofırça yardımıyla ince bir tabaka BisCover LV mine yüzeyine uygulandı. İnceltmek için hava kullanmadan 15s beklendi ve 30s ışık uygulanarak polimerize edildi.

OptiGuard (Kerr, İtalya) florid salınımı yapan ve doldurucu içermeyen yüzey örtücü bir materyaldir. Öncelikle diş yüzeyine asit uygulanıp 15 s beklendi, daha sonra bu asit 15s suyla yıkanıp 15s mine yüzeyi kurutuldu. Mikro fırça yardımıyla OptiGuard mine yüzeyine uygulanıp hava ile inceltildi. LED ışık cihazı ile 20 s polimerize edildi.

2.9. Erozyon Döngüsü

2.9.1. Sitrik Asidin Modifiye Edildiği Gruplarda Erozyon Döngüsü

Falkon tüpler içerisine 10ml deney çözeltileri koyuldu ve 36°C'de 10 dk ön ısıtmaya tabi tutuldu. Çözelti içerisine başlangıç erozyonu oluşturulan numuneler

koyularak 36°C'de 10 dk bekletildi. Solüsyonlardan çıkartılan örnekler 30s distile su ile yıkanıp kurutuldu. Sonra 10ml yapay tükürük içerisinde 60 dk boyunca etüvde bekletildi. Bu erozyon döngüsü 60 dk aralıklarla 3 kez tekrarlandı. Bir gün sonraki döngüye kadar örnekler yapay tükrük içerisinde 36°C'de saklandı. Bu döngüye 3 gün boyunca devam edildi. Yapay tükürük ve deney çözeltileri her gün yenilendi (Steiner-Oliveira ve ark. 2010).

2.9.2. Rezin Uygulanan Gruplarda Erozyon Döngüsü

Falkon tüpler içerisine 10ml %1 sitrik asit çözeltisi koyuldu ve 36°C'de 10 dakika ön ısıtmaya tabi tutuldu. Çözelti içerisine rezin uygulanan numuneler koyularak 36°C'de 10 dk bekletildi. Sitrik asit çözeltisinden çıkartılan örnekler 30s distile su ile yıkanıp kurutuldu. Sonra 10ml yapay tükürük içerisinde 60 dk boyunca etüvde bekletildi. Bu erozyon döngüsü 60 dk aralıklarla 3 kez tekrarlandı. Bir gün sonraki döngüye kadar örnekler yapay tükürük içerisinde 36°C'de saklandı. Bu döngüye 3 gün boyunca devam edildi. Yapay tükürük ve sitrik asit çözeltisi her gün yenilendi.

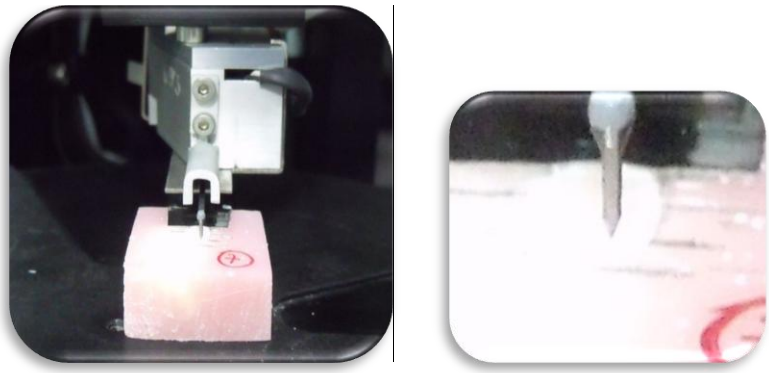
Üç günün sonunda örnekler yapay tükürükten çıkartılıp kurutuldu. Numuneler üzerindeki tırnak cilası aseton emdirilmiş pamuk ile nazik bir şekilde temizlendi. Bant ise yavaşça sökülerek üzerindeki yapışkan artıklar etil alkol ile temizlendi.

2.10. Ölçümlerin Yapılması

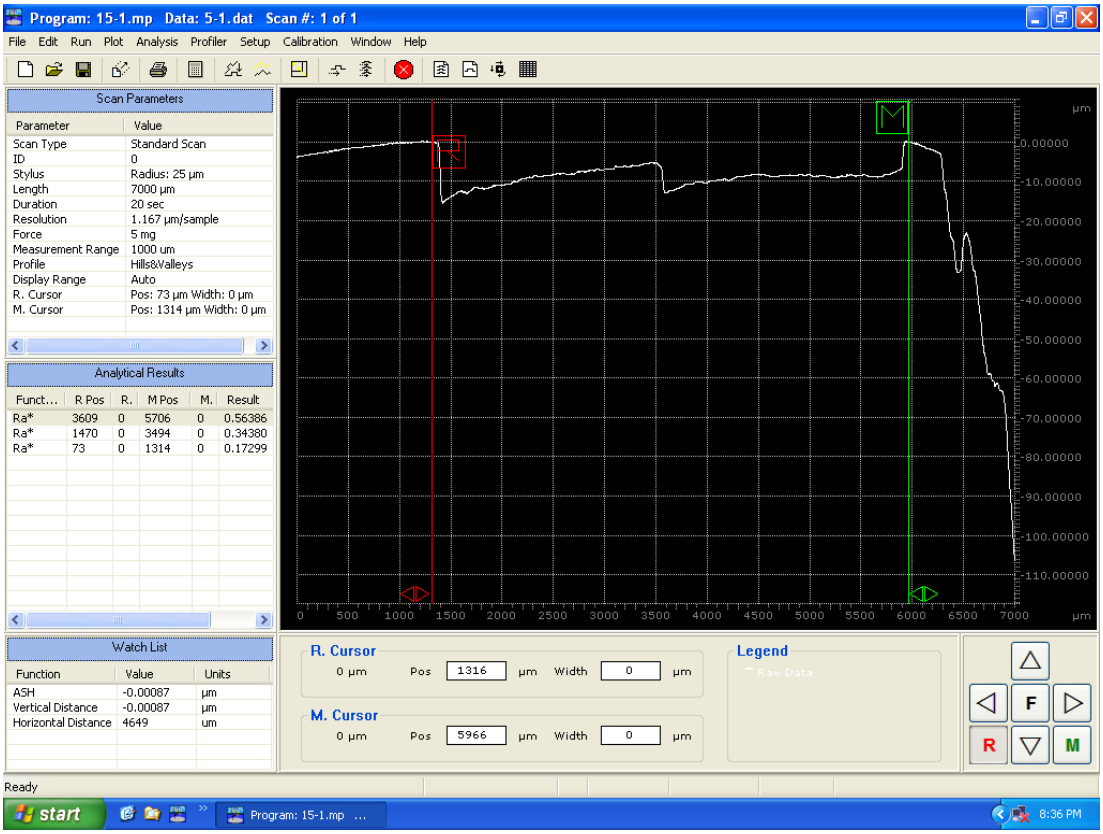
2.10.1. Stilus Profilometre ile Eroziv Aşınmanın Ölçülmesi

Erozyonun neden olduğu mine kaybı İstanbul Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümüne ait Mekanik Metalurji ve Isıl İşlem Laboratuvarında Stilus (iğne uçlu) Profilometre Cihazı (Dektak 6M Stylus Profiler, Veeco, Almanya) kullanılarak belirlendi (Resim 2.8).

Stilus profilometrenin iğne yarıçapı 2,5 μm, cihazın ölçüm esnasında uyguladığı kuvvet 5mg, tarama mesafesi 7000 μm, ölçme derinliği 1000 μm ve tarama süresi 30s olarak seçildi. Verilen tarama mesafesi içerisinde bu iğne şeklindeki uç ile yüzey boydan boya tarandı. Tarama işlemi tamamlandıktan sonra erozyon alanının profili bilgisayara aktarılarak ölçümler yapıldı (Resim 2.9).



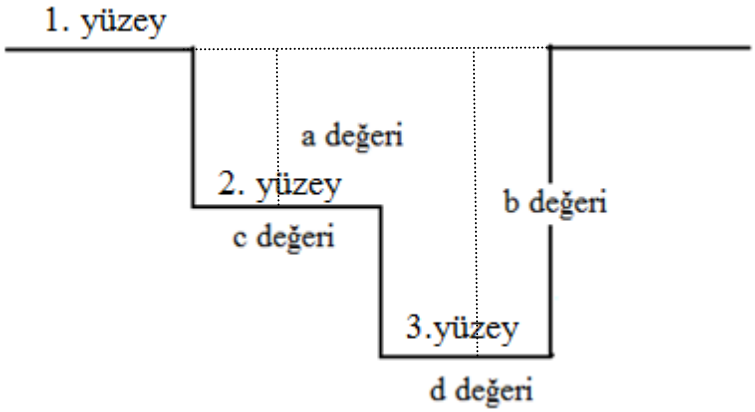
Resim 2.9. Stilus (iğne uçlu) profilometre



Resim 2.10. Taranan yüzeyin profilinin bilgisayar programındaki görüntüsü. R: referans çizgi, M: 'measure' ölçüm çizgisi.

Bilgisayardan elde edilen yüzey profilinin şematik olarak gösteriminde birinci yüzey sağlam mine yüzeyini, ikinci yüzey deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyini, üçüncü yüzey ise deney gruplarının uygulandığı yüzeyi ifade etmektedir (Şekil 2.2). Ayrıca 'a' harfi ile gösterilen çizgi deneysel erozyon oluşturulduktan sonra meydana gelen ortalama aşınma miktarını, 'b' harfi ile gösterilen çizgi ise erozyon döngüsünden sonra meydana gelen ortalama doku kayıp veya kazanımını

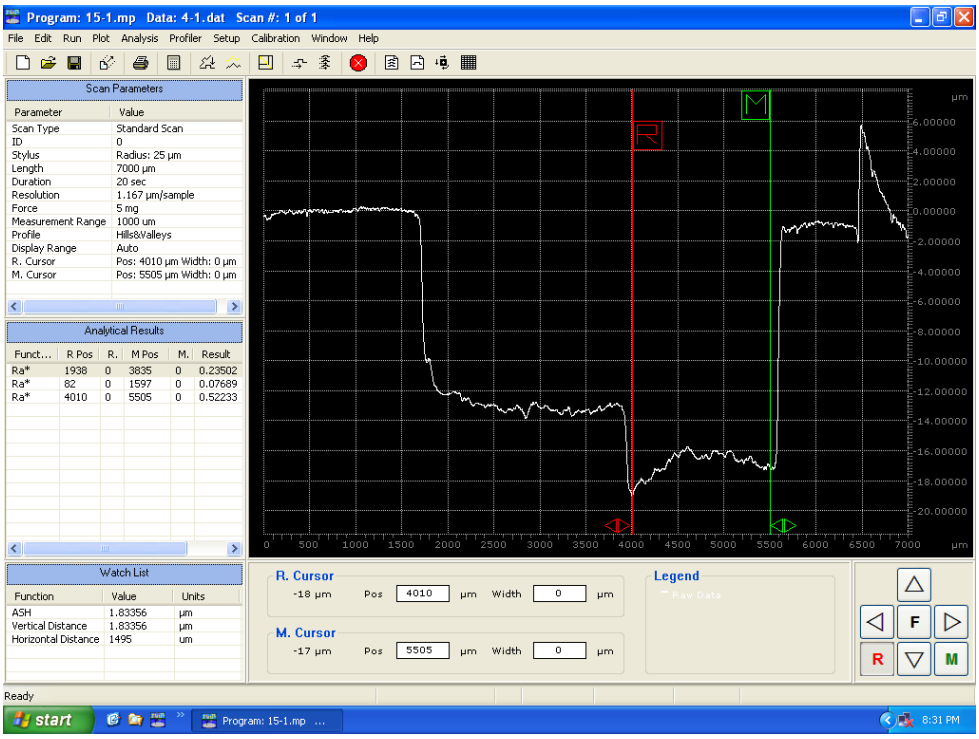
göstermektedir. R çizgisi sabit tutularak M çizgisi ikinci yüzeyin ortalama aşınma değerinin olduğu noktaya taşınarak R çizgisi ile M çizgisinin grafik ile kesiştiği noktalar arasındaki dikey mesafe (a değeri) μm cinsinden ölçüldü. Daha sonra M çizgisi üçüncü yüzeydeki orta noktanın olduğu yere getirilip dikey mesafe (b değeri) ölçülerek muamele gören yüzeydeki toplam aşınma belirlendi (Şekil 2.2). Her numuneden 2 profil alındı ve değerlerin ortalaması hesaplandı.



Şekil 2.2. Yüzey profilinin şematik görüntüsü

2.10.2. Stilus Profilometre ile Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi

Stilus profilometrede yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için R çizgisi pürüzlülüğü ölçülecek yüzeyin en başına, M çizgisi ise bu yüzeyin en sonuna getirildi (Resim 2.10.). Programdan R_a değeri seçildi ve programın otomatik olarak hesapladığı R_a değeri kaydedildi. Başlangıç erozyonu oluşturulmuş yüzey ile grupların muamele ettiği yüzeyde ikişer tane R_a değeri elde edildi. Bu değerlerin ortalaması alınarak c ve d değerleri hesaplandı.



Resim 2.10. R_a değerinin ölçülmesi

2.11. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Analizi

AFM analizi için kullanılacak numuneler her gruptan birer tane olmak üzere 11 grup içerisinden rastgele seçildi. Analiz için akril bloklardan 2 mm kalınlığında kesitler elde edildi. Numunelerin bir tanesi yüzey analizi diğeri arayüzey analizi için ayrıldı. Arayüzey analizi için numuneler bütün deney yüzeylerini içine alacak şekilde ortadan ikiye ayrıldı. Kurumaları için 2 gün boyunca 36 °C'de etüvde bekletildi.

Yüzey analizi Selçuk Üniversitesi Ar-Ge biriminin atomik kuvvet mikroskop laboratuarında AFM cihazı Ntegra (NT-MDT, Moskova, Rusya) ile yapıldı. Oksitle inceltilmiş silikon nitrit normal uç (NT-MDT, Moskova, Rusya) kontak mod ucu olarak kullanıldı. Numune yüzeyleri 6,104 Hz scan oranı ve standart eşit kare (25 µm x 25 µm) alanlar şeklinde tarandı. Yüzeylerin taranması sırasında kontak mod görüntü (CMI) profilleri elde edildi. AFM analizinde hazırlanan örneklerin topografik değişiklikleri ve yüzey pürüzlülükleri 3 boyutlu olarak incelendi.

2.12. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılım Spektroskopi (EDS) Analizi

SEM ve EDS analizi Selçuk Üniversitesi Ar-Ge biriminin SEM laboratuarında yapıldı. Kullanılacak numuneler her gruptan ikişer tane olmak üzere 11 grup içerisinden rastgele seçildi. Analiz için akril bloklardan 2 mm kalınlığında kesitler elde edildi. Numuneler bir tanesi ile yüzey analizi diğeri ile arayüzey analizi yapılmak üzere ayrıldı. Arayüzey analizi için numuneler 1,2 ve 3 nolu alanların arayüzeylerinin görüntüsü elde edilecek şekilde pensle ortadan ikiye ayrıldı. Kurumaları için 2 gün boyunca 36 °C'de etüvde bekletildi.

EDS ve SEM analizinden önce bütün numuneler havasız bir ortamda Cressington Sputter Coater 108auto (Cressington MTM-20, Dortmund, Almanya) cihazı kullanılarak ince bir altın filmle kaplandı. Rezin gruplarındaki örnekler x500 ve x5000'lik büyütmelerde diğer gruplar ise x500, x5000 ve x10 000'lik büyütmelerde incelendi.

EDS analizi rezin grubu hariç diğer gruplara yapıldı. Yüzey analizi için ayrılmış numunelerden EDS analizi yapılacak olanlar seçildi. EDS cihazına (Bruker, Almanya) koyularak element analizleri yapıldı. EDS analizi ile numunelerde deneysel erozyon oluşturulduktan ve erozyon döngüsünden sonra mine yüzeyinin element yüzdesinde meydana gelen kantitatif değişiklikler değerlendirildi.

SEM analizi bütün gruplarda yapıldı. Altın kaplanmış örnekler Taramalı Elektron Mikroskobu (EVO LS10, Zeiss, Oberkochen, Almanya) ile belirtilen büyütmelerde incelendi ve fotoğraflandı.

2.13. İstatistiksel Değerlendirme

2.13.1. Erozyonun Döngü Öncesi ve Sonrası İstatistiksel Değerlendirmesi

Stilus profilometre ile ölçüm yapıldıktan sonra μm cinsinden elde edilen a ve b değerleri Microsoft Office Excel 2007 programına kaydedildi. Erozyon döngüsü öncesi ve sonrası aşınmanın karşılaştırılması için Eşleştirilmiş Örneklemlerde T Testi (α=0,05) kullanılarak istatistiksel analiz yapıldı. İstatistiksel analizler için SPSS Windows 13.0 paket programından yararlanıldı.

2.13.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Erozyon Döngüsü Öncesi ve Sonrası İstatistiksel Değerlendirmesi

Stilus profilometre ile ölçüm yapıldıktan sonra µm cinsinden elde edilen c ve d değerleri Microsoft Office Excel 2007 programına kaydedildi. Erozyon döngüsü öncesi ve sonrası yüzey pürüzlülüğünün karşılaştırılması için Eşleştirilmiş Örneklemlerde T Testi (α=0,05) kullanılarak istatistiksel analiz yapıldı. İstatistiksel analizler için SPSS Windows 13.0 paket programından yararlanıldı.

2.13.3. Deney Gruplarında Erozyonun İstatistiksel Değerlendirmesi

Erozyon döngüsünün eroziv aşınma üzerine etkilerinin istatistiksel değerlendirmesi için Microsoft Office Excel 2007 programında yüzde değişim ($\% = \frac{b-a}{a} x100$) değerleri hesaplandı. Gruplar arası karşılaştırma için Kruskal Wallis ve Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U testi kullanılarak istatistiksel analiz yapıldı. Bonferroni düzeltmesi p=0,0009 olarak hesaplandı. İstatistiksel analizler için SPSS Windows 13.0 paket programından yararlanıldı.

2.13.4. Deney Gruplarında Yüzey Pürüzlülüğünün İstatistiksel Değerlendirmesi

Erozyon döngüsünün, grupların yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerinin istatistiksel değerlendirmesi için Microsoft Office Excel 2007 programına grupların R_a değerleri kaydedildi. R_a değişiminin gruplar arası karşılaştırması için d ve c değerlerinin farkı (d-c) hesaplandı. Bu farkların Kruskal Wallis ve Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U testi kullanılarak istatistiksel analizi yapıldı. Bonferroni düzeltmesi p=0,0009 olarak hesaplandı. İstatistiksel analizler için SPSS Windows 13.0 paket programından yararlanıldı.

2.14. Rezin Materyallerin Uygulanması

Çalışmada başlangıç erozyonu oluşturulmuş 3 numaralı alanda resin kaplama materyalleri olarak kullanılan Icon Smooth Surface, BisCover LV ve OptiGuard Çizelge 2.1'de gösterilmektedir.

Rezin infiltrant materyali olan Icon Smooth Surface (DMG, Hamburg, Almanya) Icon-Etch, Icon-Dry ve Icon-Infiltrant olmak üzere 3 aşama olarak

uygulanmaktadır. Çalışmada prosedüre uygun olarak öncelikle mine yüzeyine kendi aparatı ile Icon-Etch uygulandı ve 2dk beklendi. Yüzeydeki asid 30s yıkanarak uzaklaştırıldı ve hava ile kurutuldu. Yüzeyi daha da kuru hale getirmek için etanol içerikli Icon-Dry materyali uygulanıp 30s beklendi ve hava ile tekrar kurutuldu. Daha sonra kendi aparatı ile rezin materyali olan Icon-Infiltrant uygulanarak 3dk beklendi ve 40s LED ışık cihazıyla (Valo, Ultradent, Utah, Amerika) polimerize edildi. Icon-Infiltrant tekrar uygulanıp 1 dakika beklenerek 40 s tekrar ışık uygulandı.

Çizelge 2.1. Çalışmada kullanılan rezin materyaller

Rezin Materyal	İçerik	Firma/Ülke/Lot numarası
Icon Smooth Surface (Caries infiltrat)	Icon-Etch: hidroklorik asit, pirogenik silisilik asit, yüzey-aktif maddeleri Icon-Dry:%99 etanol Icon-Infiltrat: Metakrilat bazlı rezin matriks, inisiyatör, katkı maddeleri	DMG, Hamburg, Almanya/ 665110
BisCover LV (Light-cured Low Viscosity Liquid Polish)	Dipentaerithritol diakrilat esterleri, etanol	Bisco, Schaumburg, ABD/ 1100012513
OptiGuard	Metakrilat Ester Monomerleri, fotoinsiyatörler, stabilizatörler	Kerr, İtalya /2970575

Mine yüzeyine düşük viskositeli yüzey kaplama materyali olan BisCover LV'yi uygulamadan önce 15s Uni-Etch (Bisco, Schaumburg, ABD) %32'lik fosforik asit uygulandı. Daha sonra bu asit bol suyla yıkandı ve hava ile yüzey kurutuldu. Mikrofırça yardımıyla ince bir tabaka BisCover LV mine yüzeyine uygulandı. İnceltmek için hava kullanmadan 15s beklendi ve 30s ışık uygulanarak polimerize edildi.

OptiGuard (Kerr, İtalya) florid salınımı yapan ve doldurucu içermeyen yüzey örtücü bir materyaldir. Öncelikle diş yüzeyine asit uygulanıp 15 s beklendi, daha sonra bu asit bol suyla yıkanıp mine yüzeyi kurutuldu. Mikro fırça yardımıyla OptiGuard mine yüzeyine uygulanıp hava ile inceltildi. LED ışık cihazı ile 20 s polimerize edildi.

2.15. Erozyon Döngüsü

2.15.1. Sitrik Asidin Modifiye Edildiği Gruplarda Erozyon Döngüsü

Falkon tüpler içerisine 10ml deney çözeltileri koyuldu ve 36°C'de 10 dakika ön ısıtmaya tabi tutuldu. Çözelti içerisine başlangıç erozyonu oluşturulan numuneler koyularak 36°C'de 10 dakika bekletildi. Solüsyonlardan çıkartılan örnekler 30 saniye distile su ile yıkanıp kurutuldu. Sonra 10ml yapay tükürük içerisinde 60 dakika boyunca etüvde bekletildi. Bu erozyon döngüsü 60 dakika aralıklarla 3 kez tekrarlandı. Bir gün sonraki döngüye kadar örnekler yapay tükrük içerisinde 36°C'de saklandı. Bu döngüye 3 gün boyunca devam edildi. Yapay tükürük ve deney çözeltileri her gün yenilendi (Steiner-Oliveira ve ark. 2010).

2.15.2. Rezin Uygulanan Gruplarda Erozyon Döngüsü

Falkon tüpler içerisine 10ml %1 sitrik asit çözeltisi koyuldu ve 36°C'de 10 dakika ön ısıtmaya tabi tutuldu. Çözelti içerisine rezin uygulanan numuneler koyularak 36°C'de 10 dakika bekletildi. Sitrik asit çözeltisinden çıkartılan örnekler 30 saniye distile su ile yıkanıp kurutuldu. Sonra 10ml yapay tükürük içerisinde 60 dakika boyunca etüvde bekletildi. Bu erozyon döngüsü 60 dakika aralıklarla 3 kez tekrarlandı. Bir gün sonraki döngüye kadar örnekler yapay tükrük içerisinde 36°C'de saklandı. Bu döngüye 3 gün boyunca devam edildi. Yapay tükürük ve sitrik asit çözeltisi her gün yenilendi.

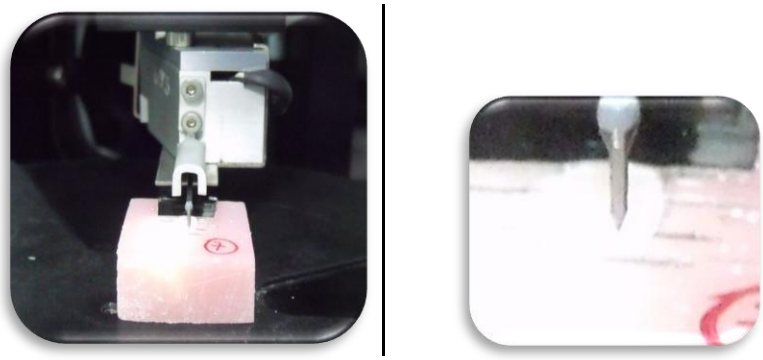
Üç günün sonunda örnekler yapay tükürükten çıkartılıp kurutuldu. Numuneler üzerindeki tırnak cilası aseton emdirilmiş pamuk ile nazik bir şekilde temizlendi. Bant ise yavaşça sökülerek üzerindeki yapışkan artıklar etil alkol ile temizlendi.

2.16. Ölçümlerin Yapılması

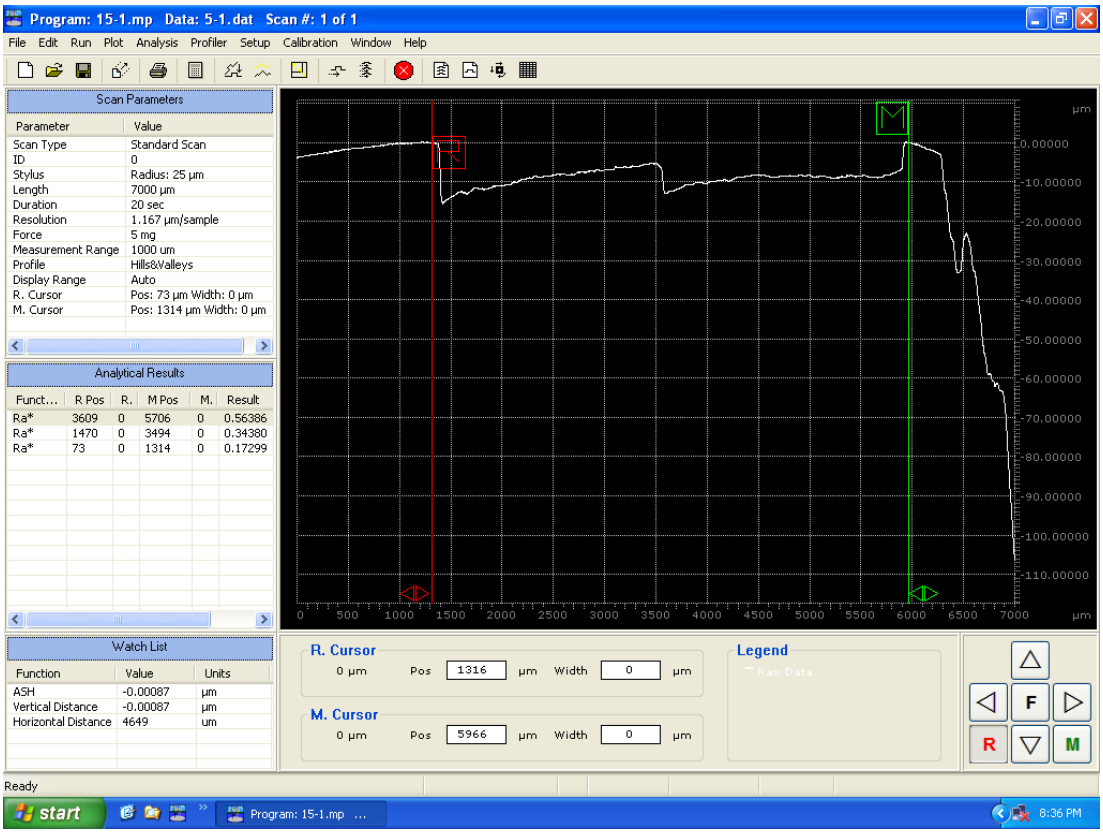
2.16.1. Stilus Profilometre ile Eroziv Aşınmanın Ölçülmesi

Erozyonun neden olduğu mine kaybı İstanbul Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümüne ait Mekanik Metalurji ve Isıl İşlem Laboratuvarında stilus (iğne uçlu) profilometre cihazı (Dektak 6M Stylus Profiler, Veeco, Almanya) kullanılarak belirlendi (Resim 2.8).

Stilus profilometrenin iğne yarıçapı 2,5 µm, cihazın ölçüm esnasında uyguladığı kuvvet 5mg, tarama mesafesi 7000 µm, ölçme derinliği 1000 µm ve tarama süresi 30 saniye olarak seçildi. Verilen tarama mesafesi içerisinde bu iğne şeklindeki uç ile yüzey boydan boya tarandı. Tarama işlemi tamamlandıktan sonra erozyon alanının profili bilgisayara aktarılarak ölçümler yapıldı (Resim 2.9).

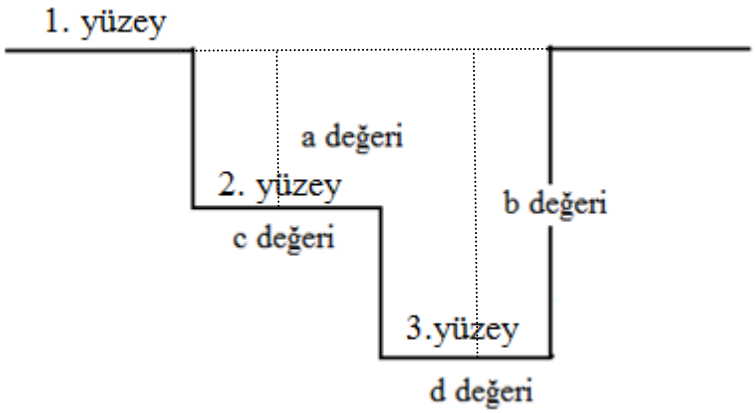


Resim 2.9. Stilus (iğne uçlu) profilometre



Resim 2.10. Taranan yüzeyin profilinin bilgisayar programındaki görüntüsü. R: referans çizgi, M: ‘measure’ ölçüm çizgisi.

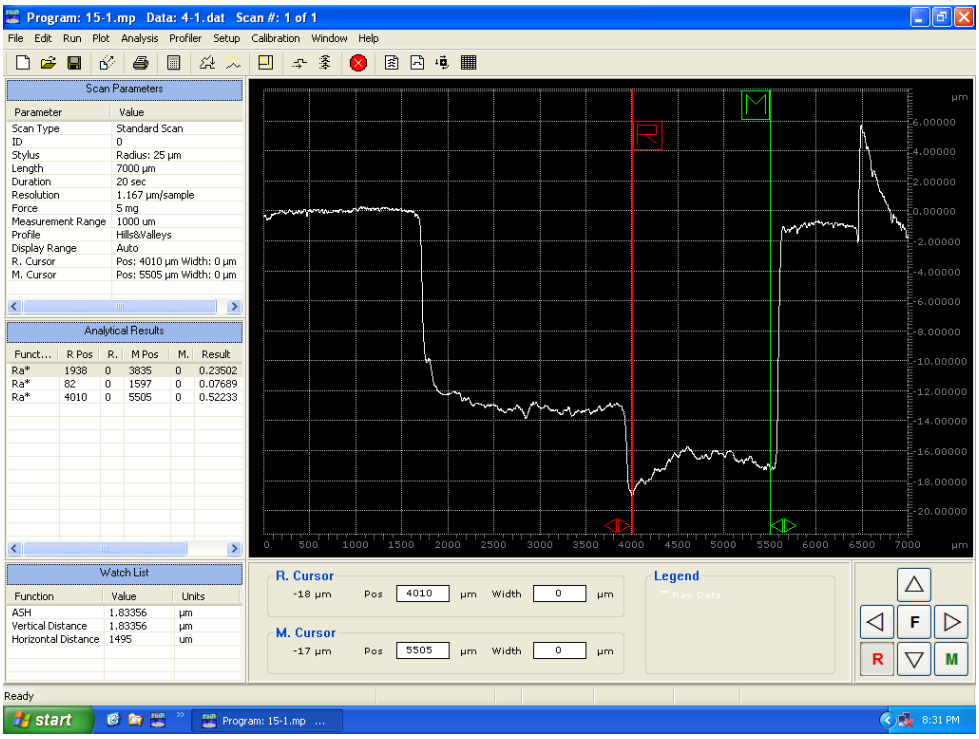
Bilgisayardan elde edilen yüzey profilinin şematik olarak gösteriminde birinci yüzey sağlam mine yüzeyini, ikinci yüzey deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyini, üçüncü yüzey ise deney gruplarının uygulandığı yüzeyi ifade etmektedir (Şekil 2.2). Ayrıca 'a' harfi ile gösterilen çizgi deneysel erozyon oluşturulduktan sonra meydana gelen ortalama aşınma miktarını, 'b' harfi ile gösterilen çizgi ise erozyon döngüsünden sonra meydana gelen ortalama doku kayıp veya kazanımını göstermektedir. R çizgisi sabit tutularak M çizgisi ikinci yüzeyin ortalama aşınma değerinin olduğu noktaya taşınarak R çizgisi ile M çizgisinin grafik ile kesiştiği noktalar arasındaki dikey mesafe (a değeri) µm cinsinden ölçüldü. Daha sonra M çizgisi üçüncü yüzeydeki orta noktanın olduğu yere getirilip dikey mesafe (b değeri) ölçülerek muamele gören yüzeydeki toplam aşınma belirlendi (Şekil 2.2). Her numuneden 2 profil alındı ve değerlerin ortalaması hesaplandı.



Şekil 2.2. Yüzey profilinin şematik görüntüsü

2.16.2. Stilus Profilometre ile Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi

Stilus profilometrede yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için R çizgisi pürüzlülüğü ölçülecek yüzeyin en başına, M çizgisi ise bu yüzeyin en sonuna getirildi (Resim 2.10.). Programdan R_a değeri seçildi ve programın otomatik olarak hesapladığı R_a değeri kaydedildi. Başlangıç erozyonu oluşturulmuş yüzey ile grupların muamele ettiği yüzeyde ikişer tane R_a değeri elde edildi. Bu değerlerin ortalaması alınarak c ve d değerleri hesaplandı.



Resim 2.10. R_a değerinin ölçülmesi

2.17. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Analizi

AFM analizi için kullanılacak numuneler her gruptan birer tane olmak üzere 11 grup içerisinden rastgele seçildi. Analiz için akril bloklardan 2 mm kalınlığında kesitler elde edildi. Numunelerin bir tanesi yüzey analizi diğeri arayüzey analizi için ayrıldı. Arayüzey analizi için numuneler bütün deney yüzeylerini içine alacak şekilde ortadan ikiye ayrıldı. Kurumaları için 2 gün boyunca 36 °C'de etüvde bekletildi.

Yüzey analizi Selçuk Üniversitesi Ar-Ge biriminin atomik kuvvet mikroskop laboratuarında AFM cihazı Ntegra (NT-MDT, Moskova, Rusya) ile yapıldı. Oksitle inceltilmiş silikon nitrit normal uç (NT-MDT, Moskova, Rusya) kontak mod ucu olarak kullanıldı. Numune yüzeyleri 6,104 Hz scan oranı ve standart eşit kare (25 µm x 25 µm) alanlar şeklinde tarandı. Yüzeylerin taranması sırasında kontak mod görüntü (CMI) profilleri elde edildi. AFM analizinde hazırlanan örneklerin topografik değişiklikleri ve yüzey pürüzlülükleri 3 boyutlu olarak incelendi.

2.18. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılım Spektroskopi (EDS) Analizi

SEM ve EDS analizi Selçuk Üniversitesi Ar-Ge biriminin SEM laboratuarında yapıldı. Kullanılacak numuneler her gruptan ikişer tane olmak üzere 11 grup içerisinden rastgele seçildi. Analiz için akril bloklardan 2 mm kalınlığında kesitler elde edildi. Numuneler bir tanesi ile yüzey analizi diğeri ile arayüzey analizi yapılmak üzere ayrıldı. Arayüzey analizi için numuneler 1,2 ve 3 nolu alanların arayüzeylerinin görüntüsü elde edilecek şekilde pensle ortadan ikiye ayrıldı. Kurumaları için 2 gün boyunca 36 °C'de etüvde bekletildi.

EDS ve SEM analizinden önce bütün numuneler havasız bir ortamda Cressington Sputter Coater 108auto (Cressington MTM-20, Dortmund, Almanya) cihazı kullanılarak ince bir altın filmle kaplandı. Rezin gruplarındaki örnekler x500 ve x5000'lik büyütmelerde diğer gruplar ise x500, x5000 ve x10 000'lik büyütmelerde incelendi.

EDS analizi rezin grubu hariç diğer gruplara yapıldı. Yüzey analizi için ayrılmış numunelerden EDS analizi yapılacak olanlar seçildi. EDS cihazına (Bruker, Almanya) koyularak element analizleri yapıldı. EDS analizi ile numunelerde deneysel erozyon oluşturulduktan ve erozyon döngüsünden sonra mine yüzeyinin element yüzdesinde meydana gelen kantitatif değişiklikler değerlendirildi.

SEM analizi bütün gruplarda yapıldı. Altın kaplanmış örnekler Taramalı Elektron Mikroskobu (EVO LS10, Zeiss, Oberkochen, Almanya) ile belirtilen büyütmelerde incelendi ve fotoğraflandı.

2.19. İstatistiksel Değerlendirme

2.19.1. Erozyonun Döngü Öncesi ve Sonrası İstatistiksel Değerlendirmesi

Stilus profilometre ile ölçüm yapıldıktan sonra μm cinsinden elde edilen a ve b değerleri Microsoft Office Excel 2007 programına kaydedildi. Erozyon döngüsü öncesi ve sonrası aşınmanın karşılaştırılması için Eşleştirilmiş Örneklemlerde T Testi (α=0,05) kullanılarak istatistiksel analiz yapıldı. İstatistiksel analizler için SPSS Windows 13.0 paket programından yararlanıldı.

2.19.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Erozyon Döngüsü Öncesi ve Sonrası İstatistiksel Değerlendirmesi

Stilus profilometre ile ölçüm yapıldıktan sonra µm cinsinden elde edilen c ve d değerleri Microsoft Office Excel 2007 programına kaydedildi. Erozyon döngüsü öncesi ve sonrası yüzey pürüzlülüğünün karşılaştırılması için Eşleştirilmiş Örneklemlerde T Testi (α=0,05) kullanılarak istatistiksel analiz yapıldı. İstatistiksel analizler için SPSS Windows 13.0 paket programından yararlanıldı.

2.19.3. Deney Gruplarında Erozyonun İstatistiksel Değerlendirmesi

Erozyon döngüsünün eroziv aşınma üzerine etkilerinin istatistiksel değerlendirmesi için Microsoft Office Excel 2007 programında yüzde değişim ($\% = \frac{b-a}{a} x100$) değerleri hesaplandı. Gruplar arası karşılaştırma için Kruskal Wallis ve Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U testi kullanılarak istatistiksel analiz yapıldı. Bonferroni düzeltmesi p=0,0009 olarak hesaplandı. İstatistiksel analizler için SPSS Windows 13.0 paket programından yararlanıldı.

2.19.4. Deney Gruplarında Yüzey Pürüzlülüğünün İstatistiksel Değerlendirmesi

Erozyon döngüsünün, grupların yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerinin istatistiksel değerlendirmesi için Microsoft Office Excel 2007 programına grupların R_a değerleri kaydedildi. R_a değişiminin gruplar arası karşılaştırması için d ve c değerlerinin farkı (d-c) hesaplandı. Bu farkların Kruskal Wallis ve Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U testi kullanılarak istatistiksel analizi yapıldı. Bonferroni düzeltmesi p=0,0009 olarak hesaplandı. İstatistiksel analizler için SPSS Windows 13.0 paket programından yararlanıldı.

3. BULGULAR

3.1. Titrasyon Asitliğine Ait Bulgular

Deney solüsyonlarının pH değerleri Çizelge 3.1'de verilmektedir. %1'lik sitrik asit solüsyonunun modifiye edilmesinin solüsyonun pH'sında ciddi değişikliklere neden olduğu görüldü. En yüksek pH değerlerine K1 ve K2 gruplarında rastlandı. F1, F2 ve HA1 gruplarında pH'nın sitrik asit pH'sından çok farklı olmadığı ancak HA konsantrasyonunun artmasının sitrik asit solüsyonunun pH'sını ciddi şekilde arttırdığı görüldü.

Hazırlanan solüsyonların pH 5,5 ve 7,0'deki asit titrasyon değerleri hesaplandı. Bu solüsyonların pH'sini 5,5 ve 7,0'a çıkartmak için gereken 1M'lik NaOH miktarının ml cinsinden ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 3.1'de görülmektedir.

Çizelge 3.1. Kontrol ve deney solüsyonlarının başlangıç pH ve pH 5,5 ile 7,0'deki asit titrasyon değerleri

		Asit Titrasyon Düzeyleri	
Solüsyon	pH	pH 5,5	pH 7,0
(+) Kontrol	3,20	4,10 ± 0,30	5,53 ± 0,10
(-) Kontrol	6,55	-	-
F1	3,24	4,03 ± 0,15	5,38 ± 0,31
F2	3,26	3,96 ± 0,15	5,15 ± 0,05
HA1	3,24	4,20 ± 0,11	5,30 ± 0,2
HA2	3,47	3,71 ± 0,10	4,85 ± 0,05
K1	4,32	1,98 ± 0,07	2,75 ± 0,15
K2	5,02	0,81 ± 0,10	1,83 ± 0,07

pH 5,5 için asit titrasyon değerlerine bakıldığında sadece HA1 grubunun (+) kontrolden daha yüksek değer oluşturduğu, diğer bütün grupların daha düşük değer oluşturduğu saptandı. Sırası ile büyükten küçüğe HA1, F1, F2, HA2, K1 ve K2 olduğu görüldü (Çizelge 3.1).

pH 7,0 için asit titrasyon değerleri incelendiğinde (+) kontrol grubunun diğer deney solüsyonlarının hepsinden daha yüksek değer oluşturduğu görüldü. Sırası ile büyükten küçüğe HA1, F1, F2, HA2, K1 ve K2 olduğu saptandı (Çizelge 3.1).

3.2. Erozyon Döngüsü Öncesi ve Sonrasına Ait Bulgular

3.2.1. Yüzey Erozyon Ölçümüne Ait Bulgular

Her bir örnekte başlangıç erozyonu oluşturulmuş mine yüzeyinde deney gruplarının rol aldığı üç numaralı bölge ile başlangıç erozyonu oluşturulmuş iki numaralı bölgeden elde edilen profilometrik değerler birbirleriyle Eşleştirilmiş Örneklerde t Testi ile karşılaştırıldı.

Pozitif kontrol grubunda ikincil erozyon döngüsünden sonra (b değeri), başlangıç erozyonuna göre (a değeri) önemli derecede doku kaybının olduğu görüldü (p=0,000), (Çizelge 3.2).

Negatif kontrol grubunda, yani distile su ile erozyon döngüsüne devam edildiğinde örneklerde çok az erozyon artışı olduğu ancak bunun istatistiksel açıdan önemli olmadığı tespit edildi (p>0,05), (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Başlangıç erozyonu oluşturulmuş örneklerde ikincil erozyon döngüsünden sonra meydana gelen doku kayıp/kazanım miktarları (µm), (n=15)

Deney grupları	a değeri	b değeri	P*
(+) Kontrol	-8,70 ± 2,30	-22,25 ± 2,45	0,000
(-) Kontrol	-7,54 ± 2,25	-7,96 ± 3,16	0,321
F1	-7,27 ± 2,02	-11,62 ± 4,41	0,000
F2	-7,33 ± 1,89	-11,09 ± 4,06	0,004
HA1	-9, 00 ± 1,68	-17,02 ± 2,69	0,000
HA2	-10,45 ± 2,41	- 13,31 ± 2,04	0,000
K1	-8,22 ± 3,31	-6,32 ± 3,56	0,041
K2	-9,14 ± 2,39	-5,03 ± 4,83	0,002
BC	-8,60 ± 1,72	0,54 ± 3,67	0,000
OG	-8,06 ± 1,85	-0,19 ± 5,82	0,000
Icon	-10,29 ± 1,62	49,98 ± 8,89	0,000

* Eşleştirilmiş Örneklem t testi,

a değeri: Başlangıç erozyonundan sonra meydana gelen doku kaybı miktarı (µm)

b değeri: Erozyon döngüsü sonrası doku kayıp/kazanım miktarı (µm).

F1, F2, HA1, HA2 gruplarında pozitif kontrol grubunda görüldüğü kadar bir eroziv etki oluşmasa da, yine de a ve b değerleri arasındaki farkın önemli olduğu görüldü ($p<0,05$), (Çizelge 3.2).

K1 ve K2 gruplarında elde edilen b değerlerinin istatistiksel olarak önemli derecede a ölçümlerinden daha büyük olduğu, yani erozyon alanında sert doku kazanımı olduğu gözlendi ($p<0,05$), (Çizelge 3.2).

BC ve OG gruplarında erozyon döngüsünün, ilave herhangi bir doku kaybına sebep olmadığı, ayrıca bu materyallerin kayıp dokunun yerini telafi ettiği görüldü (Çizelge 3.2).

Icon grununda da, BC ($p=0,000$) ve OG ($p=0,000$) gruplarına benzer şekilde ilave bir erozyon oluşmadığı hatta materyalin hem erozyon alanını doldurup, hem de yüzeyde 50µm'ye yakın bir kalınlık oluşturduğu ölçümlerle ortaya çıktı ($p=0,000$), (Çizelge 3.2).

3.2.2. Yüzey Pürüzlülük Ölçümüne Ait Bulgular

Yüzey pürüzlülüğünün erozyon öncesi ve sonrası değerlendirmesi için başlangıç erozyon yüzeyi (c değeri) ile erozyon döngüsü sonrası yüzeyin (d değeri) karşılaştırması yapıldı. Eşleştirilmiş örneklerde t testi sonucuna göre pozitif kontrol grubunda yüzey pürüzlülüğünün erozyon öncesine göre önemli derecede arttığı ($p=0,001$), negatif kontrol grubunda ise azaldığı görüldü ($p=0,000$), (Çizelge 3.3).

F1, F2 ve HA1 gruplarında yüzey pürüzlülüğünün erozyon döngüsü sonrasında biraz daha arttığı görüldü ($p<0,05$). HA2, K1 ve K2 gruplarında ise yüzey pürüzlülüğünde herhangi bir değişme olmadığı görüldü ($p>0,05$), (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Erozyon döngüsü öncesi ve sonrası mine yüzeylerindeki pürüzlülük değerleri (R_a), (ort. ±SS)

Deney grupları	c değeri	d değeri	P*
(+) Kontrol	1,10 ± 0,45	1,33 ± 0,59	0,001
(-) Kontrol	1,28 ± 0,36	0,87 ± 0,26	0,000
F1	0,62 ± 0,37	0,87 ± 0,32	0,030
F2	0,49 ± 0,30	0,69 ± 0,21	0,031
HA1	0,31 ± 0,15	0,47 ± 0,25	0,032
HA2	0,35 ± 0,15	0,40 ± 0,17	0,494
K1	0,58 ± 0,37	0,62 ± 0,27	0,658
K2	0,65 ± 0,33	0,66 ± 0,22	0,927
BC	1,54 ± 0,86	1,74 ± 0,79	0,568
OG	1,06 ± 0,41	3,87 ± 2,19	0,000
Icon	0,72 ± 0,26	4,18 ± 4,12	0,007

* Eşleştirilmiş Örneklem T testi

c değeri: Başlangıç erozyonu oluşturulmuş mine yüzeyinin yüzey pürüzlülük değeri

d değeri: erozyon döngüsü sonrası mine yüzeyinin pürüzlülük değeri

BC grubunda erozyon döngüsünden sonra yüzey pürüzlülüğünün önemli derecede artmadığı ancak, OG (p=0,000) ve Icon (p=0,007) grubunda yüzey pürüzlülüğünün oldukça önemli derecede arttığı görüldü (Çizelge 3.3).

3.3. Deney Gruplarında Erozyon Döngüsüne Ait Bulgular

3.3.1. Erozyon Döngüsü Sonrasında Doku/Kayıp Kazanım Oranları

Erozyon döngüsünden sonraki doku kayıp/kazanımın başlangıç erozyonuna göre yüzde değişimi hesaplandı. Deney gruplarındaki yüzde değişim değerlerinin kontrol gruplarıyla ve birbirleriyle arasındaki farklar Kruskal-Wallis ve Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U-testi ile karşılaştırıldı. Bonferroni düzeltmesindeki yeni anlamlılık seviyesi $p<0,0009$ olarak belirlendi. Yüzde değişiminin negatif değerde (-) olması yüzeyde aşınmanın devam ettiğine, artı değerde (+) olması ise yüzey kazanımının olduğuna işaret etmektedir. Deney gruplarının yüzey değişimine ait ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 3.4'de görülmektedir.

Ortalama yüzey değişimi değerleri Kruskal-Wallis testi ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel farklılık bulundu ($p<0,05$).

Çizelge 3.4. Erozyon döngüsü sonrası yüzeydeki değişim oranı (%)(ort.±SS)

Deney grupları	n	Ortalama yüzey değişimi (%)	
+ kontrol	15	-172,61 ± 74,99	a
- kontrol	15	-3,54 ± 22,31	b
F1	15	-61,94 ± 33,10	c
F2	15	-55,80 ± 60,50	b,c,d
HA1	15	-92,45 ± 31,99	a,c,d
HA2	15	-31,46 ± 24,68	b,c,e
K1	15	19,94 ± 37,52	b,d,e,f
K2	15	47,78 ± 48,85	b,f,g
BC	15	109,22 ± 45,22	g
OG	15	106,26 ± 77,32	g,f
Icon	15	593,82 ± 95,57	h

Negatif değer; doku kaybı, pozitif değer; yüzey kazanımı

Pozitif kontrol grubundaki yüzey değişimi HA1 grubu hariç diğer bütün gruplardaki değişimden istatistiksel olarak farklı bulundu ($p<0,0009$). Erozyon döngüsünden sonra pozitif kontrol grubu ile HA1 grubu arasında istatistiksel olarak fark bulunmasa da, pozitif kontrol grubu % 172,61'lik bir oranla erozyonun en fazla oluştuğu grup olarak tespit edildi (Çizelge 3.4).

Negatif kontrol grubundaki yüzey değişimi F2, HA2, K1 ve K2 grupları hariç diğer gruplardaki yüzey değişiminden istatistiksel olarak farklı bulundu ($p<0,0009$). Negatif kontrol grubunda erozyon döngüsünden sonra doku kaybının bir miktar daha devam ettiği ancak; bunun % 3,54'lük bir artışla sınırlandığı görüldü (Çizelge 3.4 ve Şekil 3.1).

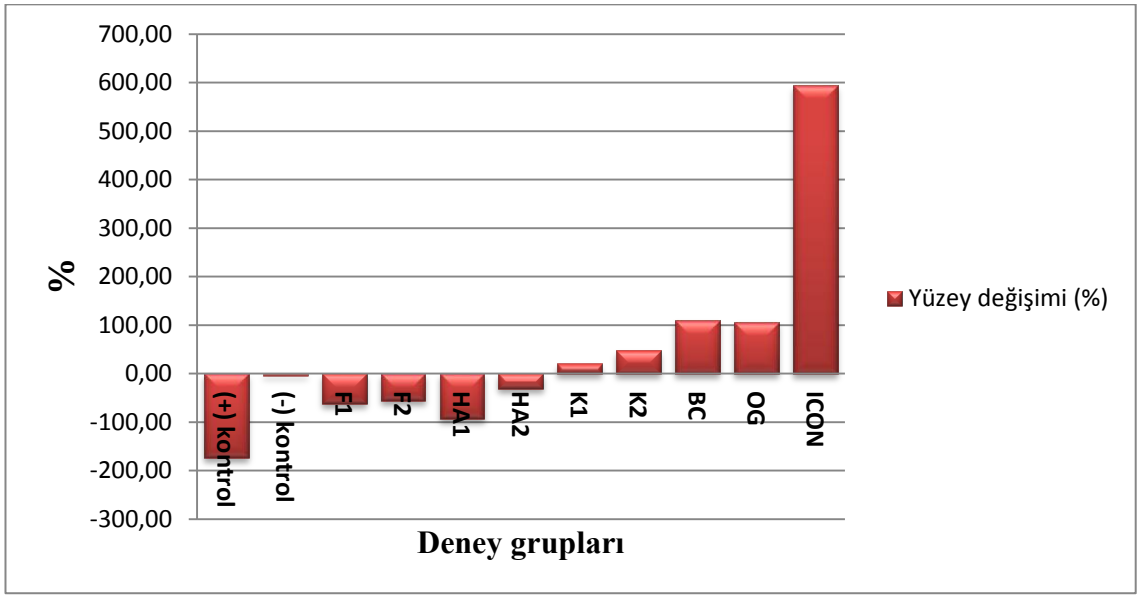
F1 grubunun F2, HA1 ve HA2 grupları ile arasında erozyon döngüsünden sonra yüzey değişimi açısından bir fark bulunmasa da diğer gruplar ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,0009$). F1 grubunda pozitif kontrol grubunda görüldüğü kadar bir yüzey kaybı görülmedi ancak; erozyon döngüsünden sonra eroziv aşınmanın % 61,94 oranında arttığı görüldü (Çizelge 3.4 ve Şekil 3.1).

F2 grubunun F1, HA1, HA2, K1 ve K2 grupları ile arasında yüzey değişimi açısından anlamlı bir fark olmadığı ancak, diğer gruplar ile arasındaki farkın

istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görüldü (p<0,0009). F2 grubundaki doku kaybının, pozitif kontrol grubunda görülen kadar olmasa da başlangıç erozyonuna göre sonra % 55,80 oranında arttığı tespit edildi (Çizelge 3.4 ve Şekil 3.1).

HA1 grubunun F1 ve F2 grupları hariç diğer bütün deney grupları ile arasında istatistiksel bir fark olduğu tesbit edildi (p<0,0009). HA1 grubu ile F1 ve F2 grupları arasında fark olmasa da erozyon döngüsünden en fazla doku kaybına HA1 grubunda (% 92,45) rastlandı (Çizelge 3.4 ve Şekil 3.1).

HA2 grubunda ise F1, F2 ve K1 grupları ile arasında istatistiksel fark bulunmadığı ancak diğer gruplarla arasındaki farkın anlamlı olduğu tespit edildi (p<0,0009).



Şekil 3.4. Başlangıç erozyonu oluşturulmuş mine yüzeylerinde erozyon döngüsü sonrası yüzey değişim oranları

K1 grubu ile F2, HA2, K2 ve OG grubu arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmasa da K1, K2 ve OG gruplarında erozyon döngüsü sonrasında F2 ve HA2 grubunda olduğu gibi doku kaybının devam etmediği, hatta sırası ile % 19,94, % 47,78 ve %106,26 oranında doku kazanımının olduğu tesbit edildi (Çizelge 3.4 ve Şekil 3.1).

K2 grubunun K1, OG ve BC grupları ile arasında fark bulunmazken diğer gruplar ile arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü (p<0,0009).

Erozyon döngüsünden sonra dört gruptada eroziv aşınmanın devam etmediği hatta yüzey kazanımı olduğu görüldü.

OG grubu ile K1ve K2 gruplarında, erozyon döngüsünden sonra ortalama yüzey değişimleri açısından istatistiksel olarak fark görülmedi ($p>0,0009$) ancak erozyonu önlemede OG grubunun K1 ve K2 grubuna göre daha iyi olduğu görüldü, (Çizelge 3.4).

BC grubundaki yüzey değişiminin K2 ve OG gruplarındakinden istatistiksel olarak farklı olmadığı ancak diğer gruplarla BC grubu arasında anlamlı bir fark olduğu görüldü ($p<0,0009$).

Icon grubunun diğer rezin gruplarına benzer şekilde ilave bir erozyon oluşturmadığı hatta yüzeyde % 593,82 oranında bir kazanım sağlayarak bütün deney gruplarından istatistiksel olarak farklı olduğu görüldü ($p<0,0009$), (Çizelge 3.5 ve Şekil 3.1). Bu çalışmada erozyonu önlemede en iyi metodun yüzeye Icon rezin materyal uygulamak olduğu görüldü.

3.3.2. Erozyon Döngüsü Sonrasında Yüzey Pürüzlülük Değişimi

Erozyon döngüsünden sonra grupların yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerinin değerlendirilmesi, d ve c değerinin farklarının alınıp karşılaştırılmasıyla yapıldı. Elde edilen değerlerin kontrol gruplarıyla ve birbirleriyle arasındaki farklar Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U-testi ile karşılaştırıldı.

Pürüzlülük değişiminin eksi (-) olması yüzeyde pürüzlülüğün azaldığını, artı olması (+) ise yüzeyde pürüzlülüğün arttığını ifade etmektedir. Grupların erozyon döngüsü öncesi ve sonrası pürüzlülük değişim değerlerine ait ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 3.5'de gösterilmektedir

Çizelge 3.5. Erozyon döngüsü sonrası pürüzlülük değişim değerleri (Ortalama±Standart Sapma).

Deney grupları	n	Pürüzlülük değişimi	
+ kontrol	15	0,28 ± 0,26	a
- kontrol	15	-0,41 ± 0,33	b
F1	15	0,24 ± 0,39	a
F2	15	0,20 ± 0,32	a
HA1	15	0,15 ± 0,25	a
HA2	15	0,05 ± 0,27	a,b
K1	15	0,03 ± 0,31	a,b
K2	15	0,00 ± 0,31	a,b
BC	15	0,19 ± 1,30	a,b,c
OG	15	2,80 ± 2,27	c,d
Icon	15	3,46 ± 4,20	d

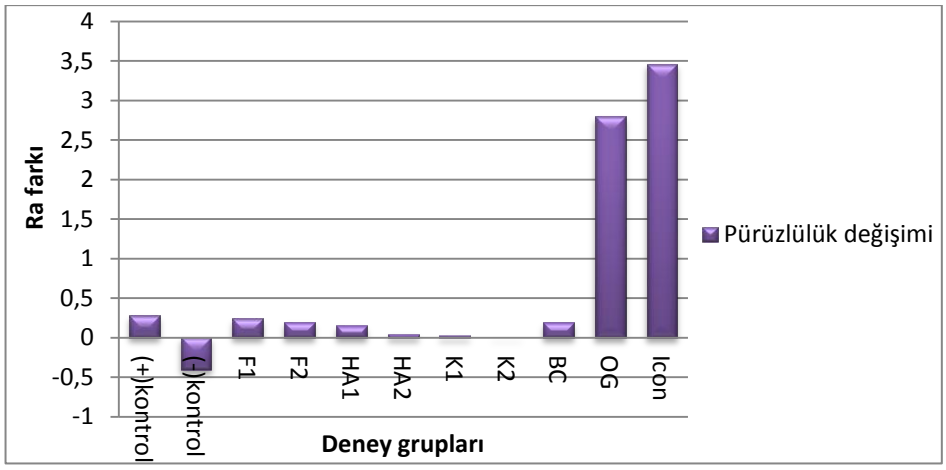
Pozitif değer; pürüzlülüğün arttığını, negatif değer; pürüzlülüğün azaldığını ifade etmektedir.

Pozitif kontrol grubundaki pürüzlülük değişiminin negatif kontrol, OG ve Icon grupları hariç diğer gruplardaki pürüzlülük değişiminden istatistiksel olarak farklı olmadığı bulundu ($p>0,0009$), (Çizelge 3.4).

Negatif kontrol grubundaki pürüzlülük değişiminin HA2, K1, K2 ve BC grubu hariç diğer gruplardan anlamlı derecede farklı olduğu görüldü ($p<0,0009$), (Çizelge 3.4). Erozyon döngüsünden sonra gruplar arasında pürüzlülüğün azaldığı tek grubun negatif kontrol grubu olduğu tesbit edildi (Şekil 3.5).

F1, F2, HA1, HA2, K1 ve K2 grupları arasında pürüzlülük değişimi açısından istatistiksel olarak bir fark bulunmadığı gibi pozitif kontrol grubuyla da aralarında bir fark görülmedi ($p>0,0009$).

HA2, K1 ve K2 gruplarının Icon ve OG grupları hariç diğer gruplar ile arasında pürüzlülük değişimi açısından fark olmadığı gibi pozitif ve negatif kontrol gruplarıyla da aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edildi ($p>0,0009$).

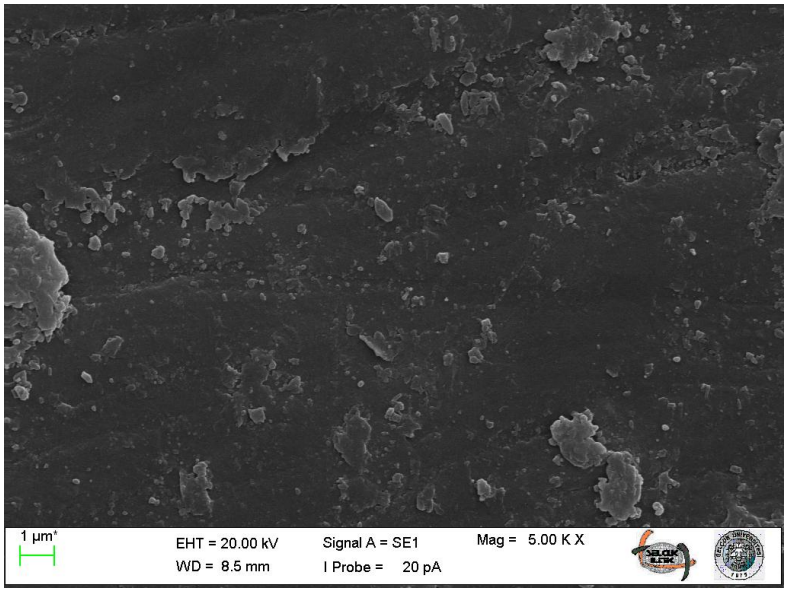


Şekil 3.5. Başlangıç erozyonu oluşturulmuş mine yüzeylerinde erozyon döngüsü sonrası pürüzlülük değişiminin grafiksel gösterimi

Rezin gruplarında OG ve Icon grupları pozitif ve negatif kontrol gruplarından istatistiksel olarak farklı bulunurken ($p<0,0009$), BC grubu ile pozitif ve negatif kontrol grupları arasında fark bulunmadı ($p>0,0009$). BC'nin OG grubu ile arasında istatistiksel açıdan fark bulunmasa da, Icon grubu ile arasındaki farkın anlamlı olduğu görüldü ($p<0,0009$).

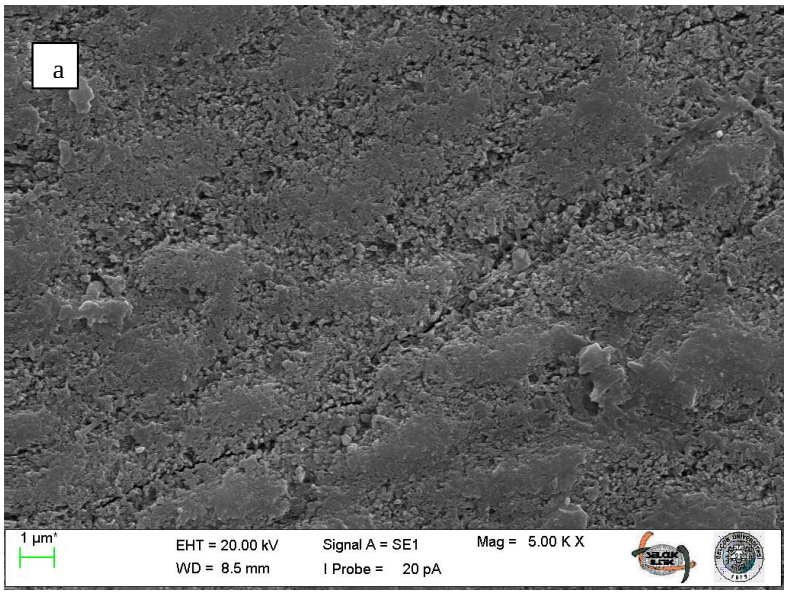
Deney grupları arasında erozyon döngüsünden sonra pürüzlülüğün en fazla olduğu grupların Icon (3,46 ± 4,20) ve OG (2,80 ± 2,27) olduğu gözlendi (Şekil 3.5)

3.4. SEM VE EDS Analizine Ait Bulgular

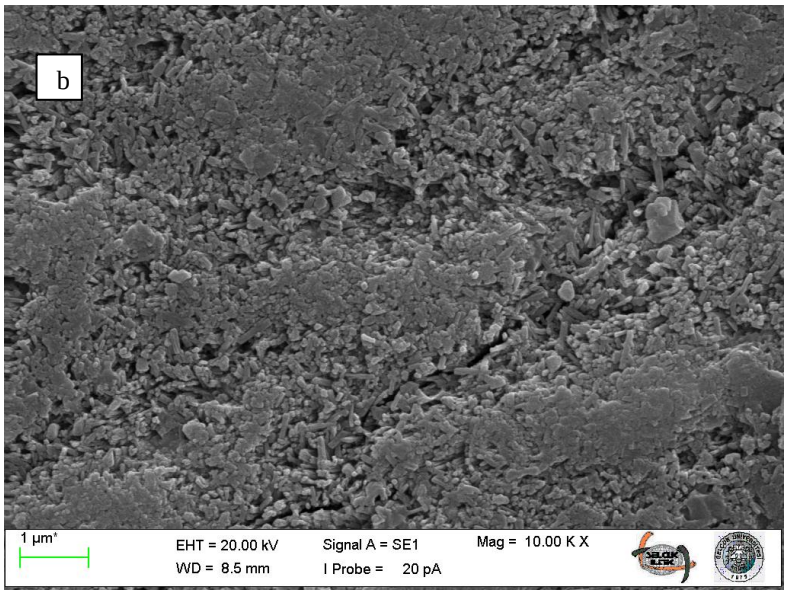


Resim 3.1. Kontrol mine yüzeyinin SEM görüntüsü (x 5 000 büyütme)

Mine yüzeyi zımparalandığı için örnek üzerinde farklı kalınlıklarda smear tabakası oluştuğu, mineden ya da zımparadan kopan partiküllerin yüzeyde biriktiği görülmektedir (Resim 3.1).



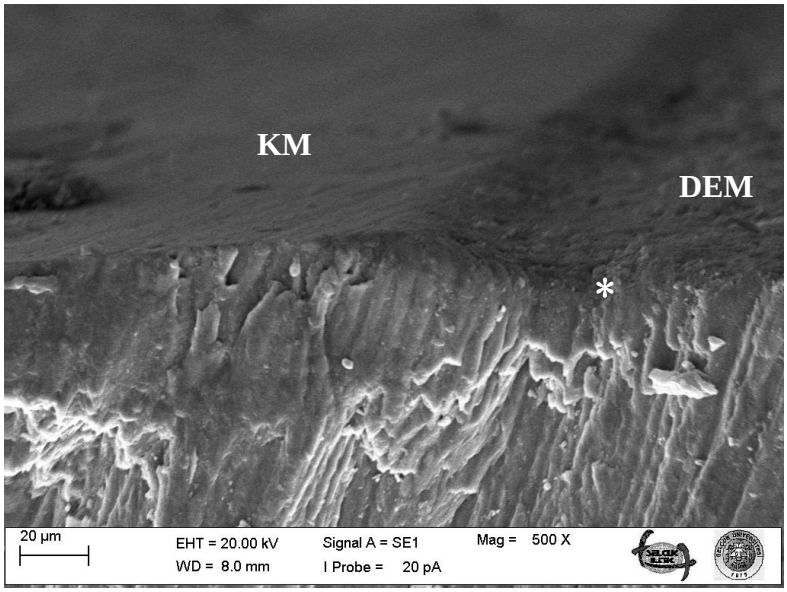
Resim 3.2a. Başlangıç erozyonu oluşturulmuş mine yüzeyinin SEM görüntüsü (x5000 büyütme)



Resim 3.2b. Başlangıç erozyonu oluşturulmuş mine yüzeyinin SEM görüntüsü (x 10 000 büyütme)

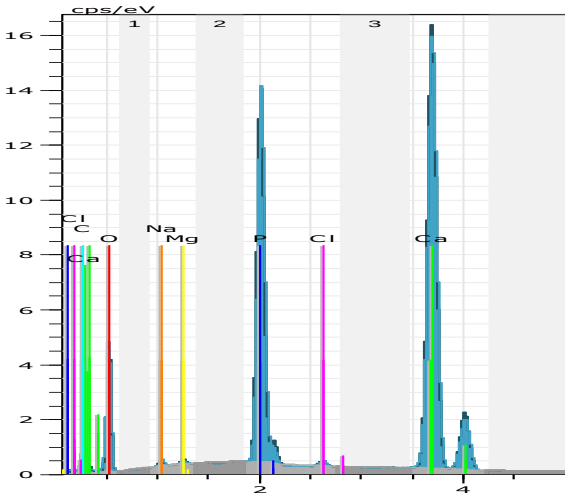
Başlangıç erozyonu oluşturulmuş mine yüzeyinde smear tabakasının bütünüyle uzaklaştığını ve interprizmatik alanların kor yapısına göre daha fazla çözündüğünü göstermektedir. %1'lik ve pH'sı 3,2 olan sitrik asit solüsyonunun

zımparalanmış mine yüzeyine 1 saat uygulanması ile mine yüzeyinde Tip II asitleme modeli oluştuğu görülmektedir (Resim 3.2 a,b).



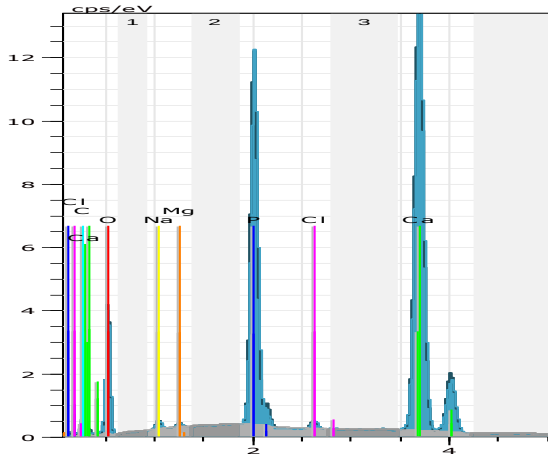
Resim 3.3. Deneysel erozyon oluşturulmuş mine ile kontrol minenin arayüzey görüntüsü (x 500 büyütme) KM: Kontrol mine yüzeyi, DEM: Deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyi

Ara yüzey görüntüsüne bakıldığında kontrol mine yüzeyinden deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyine geçiş yaklaşık 8-10µm aşınmanın olduğunu göstermektedir. Ayrıca deneysel erozyona uğratılmış mine yüzeyi kontrol mineye göre daha pürüzlü bir yapı göstermektedir (Resim 3.3). Deneysel erozyon oluşturulmuş yüzeyde * işareti ile gösterilen yumuşama bölgesi dikkat çekmektedir.



Element	Ağırlık %	Atom %
O	43,46	61,44
Ca	38,31	21,62
P	14,21	10,38
C	3,02	5,69
Cl	0,30	0,19
Na	0,25	0,44
Mg	0,45	0,23

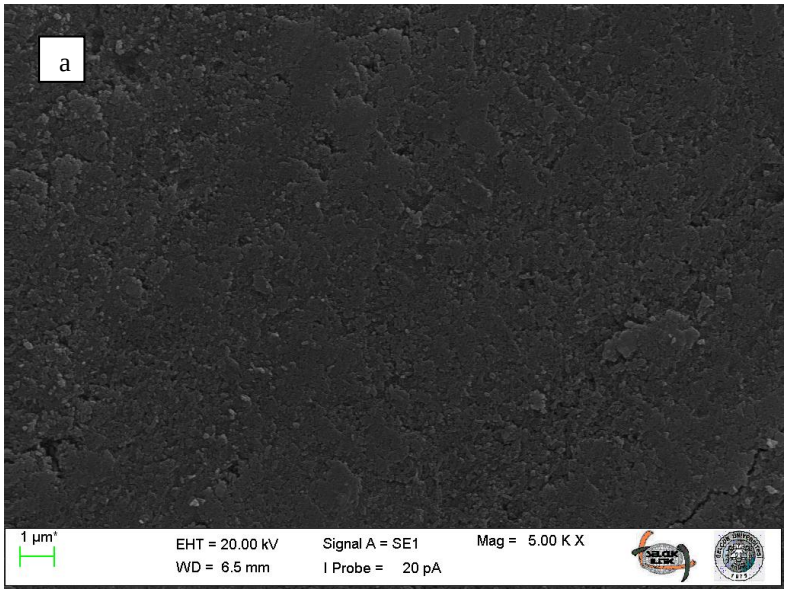
Şekil 3.6. Kontrol mine yüzeyinin EDS analiz



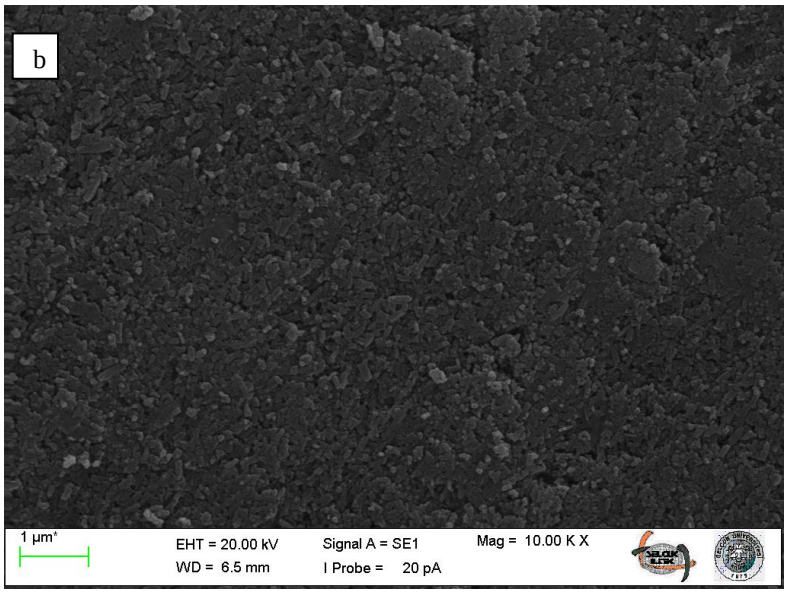
Element	Ağırlık %	Atom %
O	43,68	61,94
Ca	37,96	21,49
P	14,48	10,60
C	2,55	4,82
Cl	0,44	0,28
Na	0,67	0,66
Mg	0,23	0,21

Şekil 3.7. Deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyinin EDS analizi

Deneysel erozyon oluşturulmuş mine ile kontrol mine kıyaslandığında, deneysel erozyon oluşturulmuş minede O, P, Na ve Cl elementlerinin azalıp Ca, Mg ve C elementinin arttığı görülmektedir (Şekil 3.6 ve 3.7).

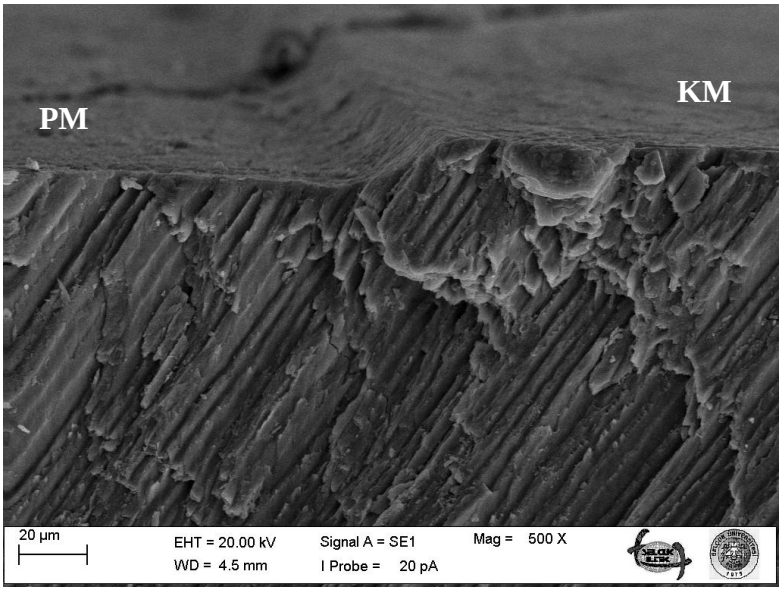


Resim 3.4a. Pozitif kontrol grubunun erozyon döngüsü sonrası SEM görüntüsü (x 5 000 büyütme)



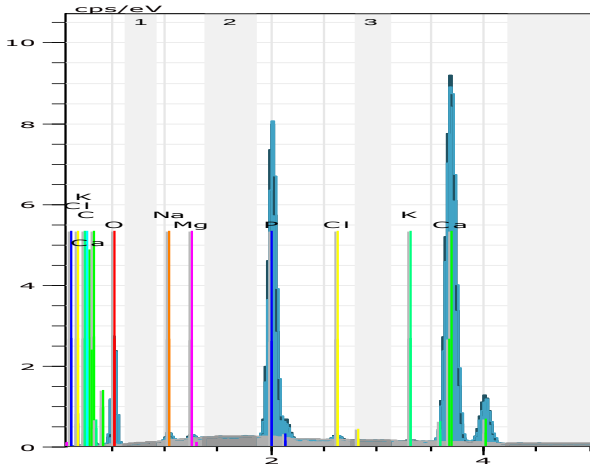
Resim 3.4b. Pozitif kontrol grubunun erozyon döngüsü sonrası SEM görüntüsü (x 10 000 büyütme)

Pozitif kontrol grubunda devam eden erozyon döngüsünden sonra mine prizmalarının periferleri ile birlikte korlarında da çözünme olduğu görüldü. Mine rodlarının görüntüsünün silikleştiği ve Tip 3 asitleme modelinin oluştuğu tespit edildi (Resim 3.4 a, b). 10 000 büyütmede mine prizması içerisinde HA kristallerinin belirginleştiği ve kristal yapılarının etrafında daha fazla demineralizasyon olduğu görülmektedir (Resim 3.4b).



Resim 3.5. Kontrol mine ile pozitif kontrol grubu minesinin ara yüzey SEM görüntüsü (x 500). KM: Kontrol mine yüzeyi PM: Pozitif kontrol grubu mine yüzeyi

Pozitif kontrol grubunda devam eden erozyon döngüsünden sonra yüzeyde 20µm'den daha fazla erozyon oluştuğu görülmektedir. KM işaretli kontrol mine yüzeyi ile PM işaretli pozitif kontrol mine yüzeyi arasında pürüzlülük açısından fark olduğu dikkat çekmektedir (Resim 3.5).

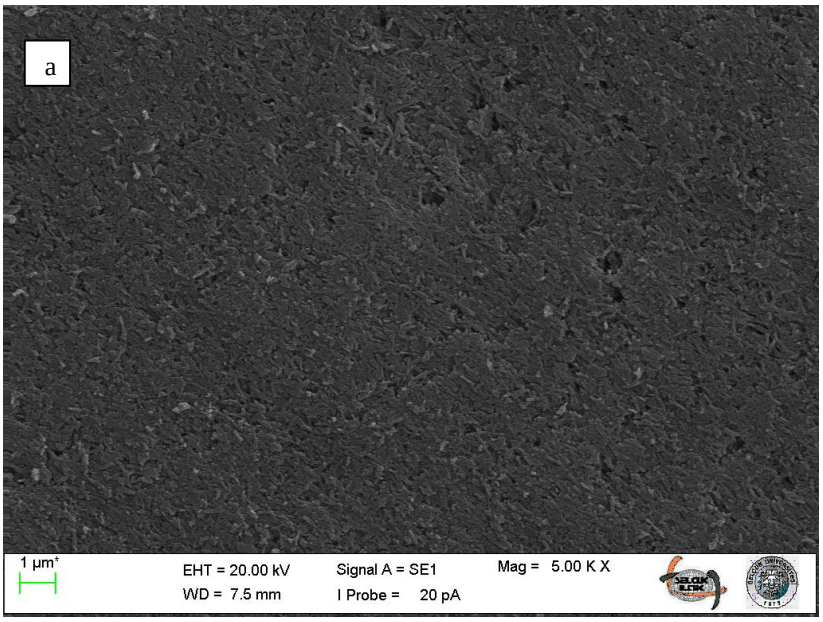


Element	Ağırlık %	Atom %
O	42,66	61,52
Ca	39,22	22,58
P	14,69	10,95
C	1,86	3,58
Cl	0,36	0,23
Na	0,80	0,80
Mg	0,28	0,26

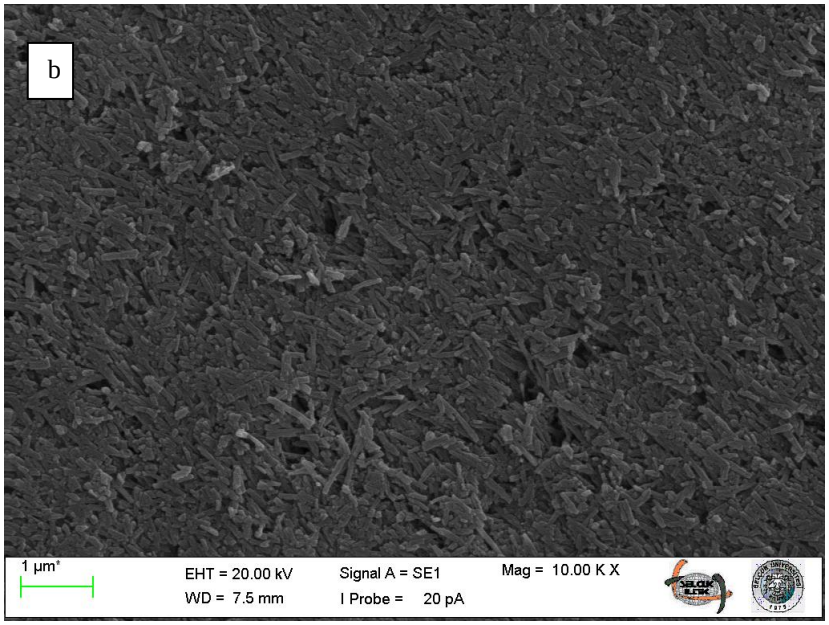
Şekil 3.8. Pozitif kontrol grubunun EDS analizi

EDS analizi sonucunda kontrol mine yüzeyine göre pozitif kontrol grubu mine yüzeyinde O, C ve Mg elementlerindeki düşme ve Ca, P, Cl ve Na elementlerinde ise yükselme dikkat çekmektedir (Şekil 3.6 ve 3.8)..

Deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyine oranla pozitif kontrol grubu mine yüzeyinde O, C ve Cl elementlerinin atom yüzdelerinin düştüğü, Ca, P, Na ve Mg elementlerinin atom yüzdelerinde ise artış olduğu görülmektedir (Şekil 3.7 ve 3.8). Pozitif kontrol grubu mine yüzeyinde hem kontrol mineye hem de deneysel erozyon oluşturulmuş mineye göre Ca,P ve Na oranlarının artmasını döngüler arasında örneklerin yapay tükürük içerisinde bekletilmesine bağlanabilir.

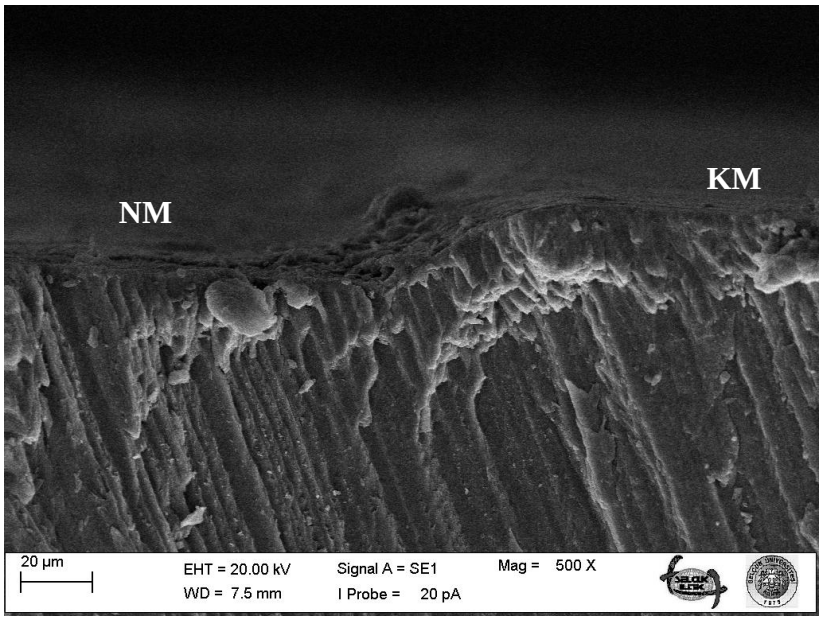


Resim 3.6a. Negatif kontrol grubunun erozyon döngüsü sonrası SEM görüntüsü (x 5 000 büyütme)



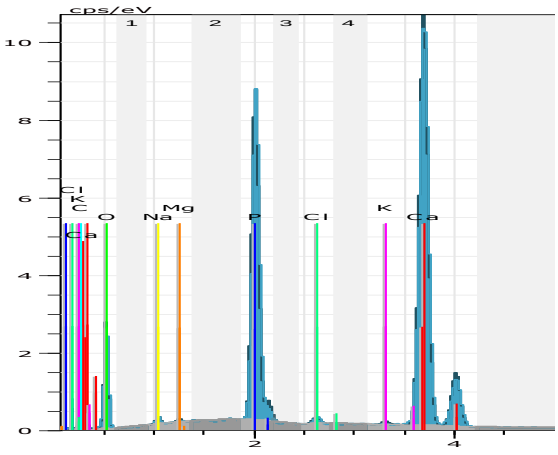
Resim 3.6b. Negatif kontrol grubunun erozyon döngüsü sonrası SEM görüntüsü (x 10 000 büyütme)

Negatif kontrol grubunun SEM bulgularına bakıldığında yüzeydeki rod yapılarının burada da izlenmediği ve yüzeydeki hidroksiapatit kristallerinin daha büyük ve daha belirgin olduğu görülmektedir (Resim 3.6 a,b).



Resim 3.7. Kontrol mine ile negatif kontrol grubunun arayüzey görüntüsü (x500 büyütme) KM: Kontrol mine yüzeyi NM: Negatif kontrol grubu mine yüzeyi

Negatif kontrol grubunun SEM'de arayüzey görüntüsü incelendiğinde ise sağlam mineye oranla yaklaşık 8-10µm'lik bir doku kaybı olduğu görülmektedir (Resim 3.7).



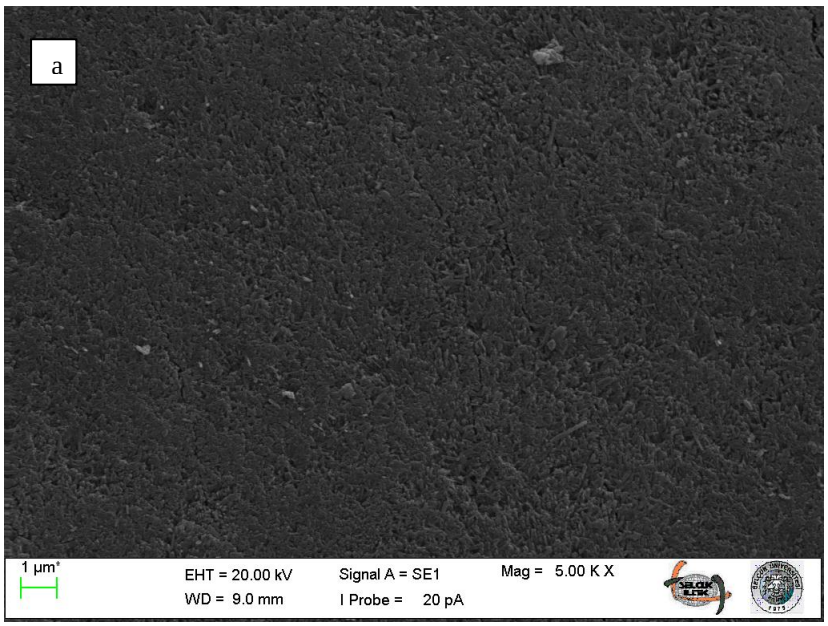
Element	Ağırlık %	Atom %
O	41,07	60,83
Ca	41,92	24,79
P	14,92	11,03
C	1,02	2,01
Cl	0,46	0,31
Na	0,68	0,70
Mg	0,19	0,19

Şekil 3.9. Negatif kontrol grubunun EDS analizi

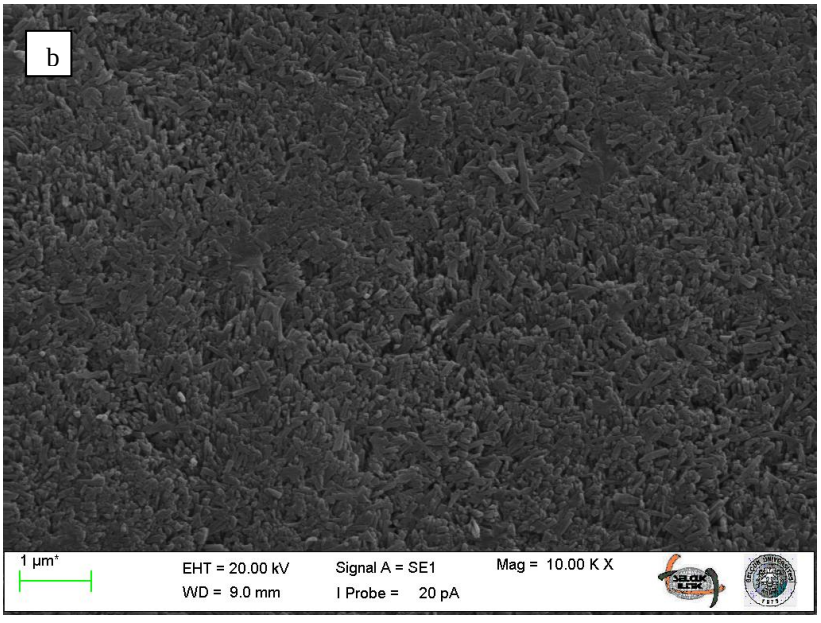
Negatif kontrol grubunun EDS analizi sonuçlarına göre erozyon döngüsünden sonra kontrol mineye göre negatif kontrol grubunun O, C, Na ve Mg yüzdesi düştüğü Ca, P ve Cl yüzdesinin ise arttığı görülmektedir (Şekil 3.6 ve 3.9).

Başlangıç erozyonu oluşturulmuş mine yüzeyine göre ise O, C ve Mg elementlerinin yüzdesinin düştüğü, Ca, P, Cl ve Na elementlerinin yüzdelerinin ise

arttığı gözlenmektedir (Şekil 3.7 ve 3.9). Yapay tükürüğün bu elementlerin artmasında katkısı olduğu düşünülebilir.

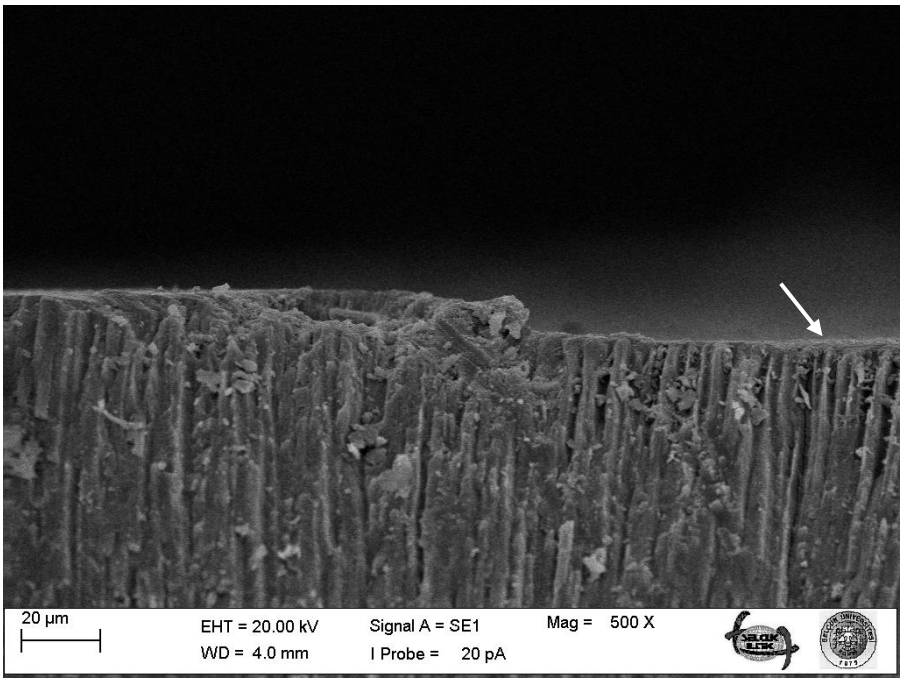


Resim 3.8a. F1 grubunun erozyon döngüsünden sonraki SEM görüntüsü (x5 000 büyütme)



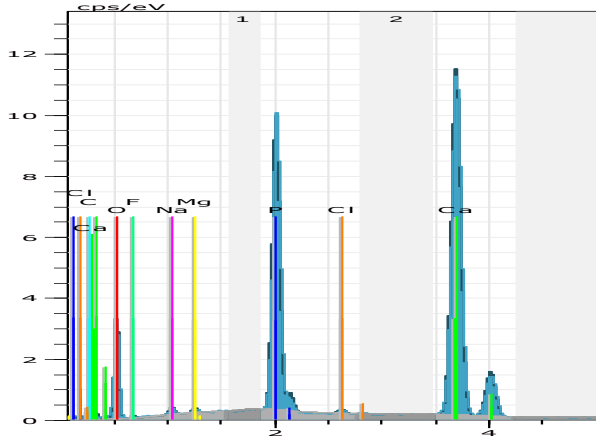
Resim 3.8b. F1 grubunun erozyon döngüsü sonrası SEM görüntüsü (x 10 000 büyütme).

F1 grubunun SEM bulgularında yüzeydeki rod yapılarının görünmediği ve hidroksi apatit kristallerinin negatif kontrol grubuyla kıyaslandığında yüzeyde daha kısa oldukları gözlenmektedir. Bununla birlikte mine kristal yapısında yoğunlaşma görülmektedir (Resim 3.8a, b).



Resim 3.9. Erozyon döngüsü sonrası kontrol mine ile F1 grubunun arayüzey görüntüsü (x 500 büyütme)

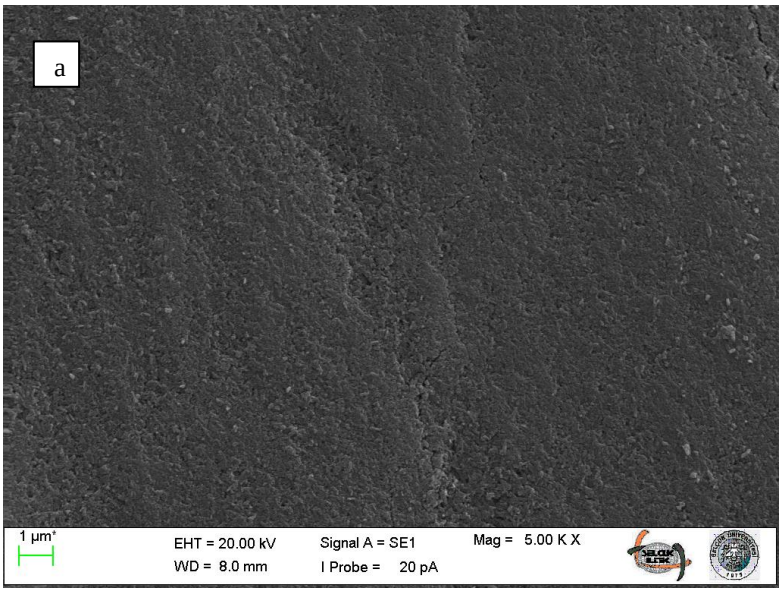
Erozyon döngüsünden sonra kontrol mineden F1 grubu mine yüzeyine geçiş 8-10µm'lik bir doku kaybının olduğunu göstermektedir. Ayrıca yüzeyde ok ile gösterilen çok ince amorf bir katmanın varlığı dikkat çekmektedir (Resim 3.9).



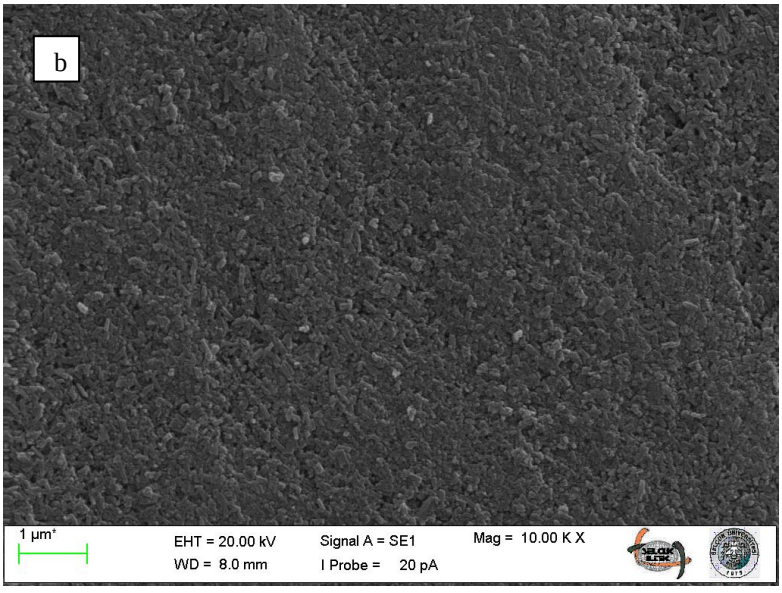
Element	Ağırlık %	Atom %
O	38,70	55,07
Ca	35,56	20,20
P	14,67	10,78
C	2,0	3,79
Cl	0,85	0,55
Na	0,71	0,70
Mg	0,38	0,35
F	7,14	8,55

Şekil 3.10. F1 grubunun EDS analizi

F1 grubunun EDS analizinde sağlam mine yüzeyine göre O, Ca ve C yüzdelerinde düşüş gözlenirken P, Cl, Na ve Mg yüzdelerinde ise artış gözlenmektedir. Bunlara ilave olarak F1 grubu mine yüzeyinde erozyon döngüsü sonrası flor elementine rastlanmıştır. Sitrik asit içerisine NaF ilave edilmesi neticesinde, erozyona uğratılmış mine yüzeyinde %8,55 oranında flor elementi birikimi gözlenmiştir (Şekil 3.10).

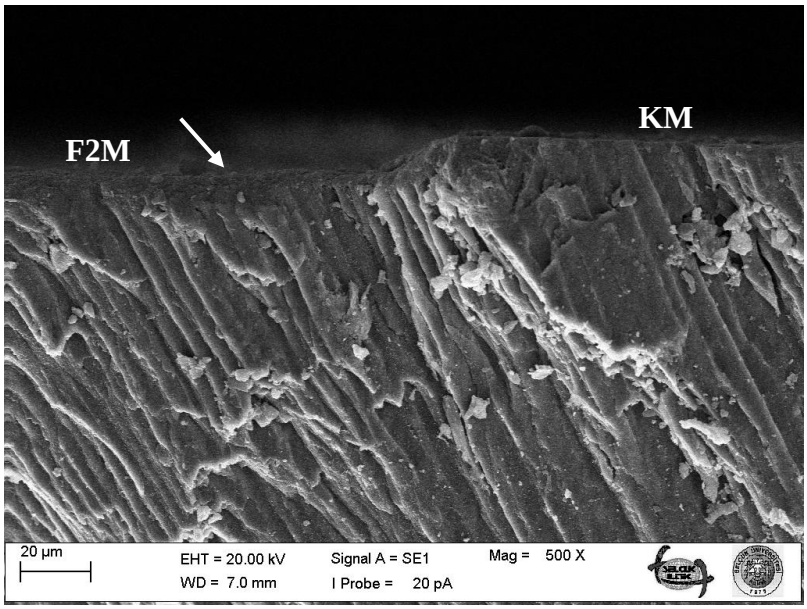


Resim 3.10a. F2 grubunun erozyon döngüsü sonrası SEM görüntüsü (x5 000 büyütme)



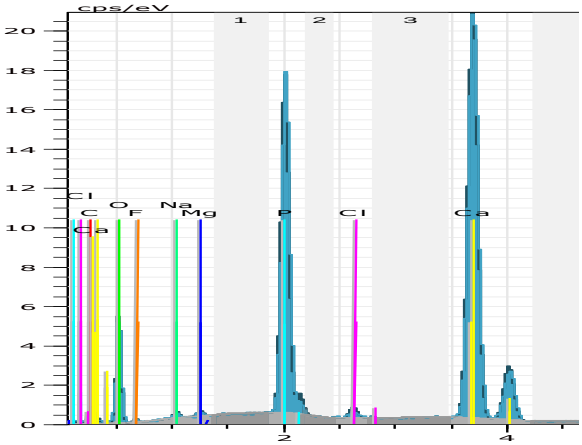
Resim 3.10b. F2 grubunun erozyon döngüsü sonrası SEM görüntüsü (x10 000 büyütme).

F2 grubunun SEM bulgularında yüzeydeki rod yapılarının izlenmediği ve yüzeydeki apatit kristallerinin yoğunluğunun F1 grubu ve negatif kontrol grubuna göre daha da arttığı gözlenmektedir (Resim 3.10 a,b).



Resim 3.11. Erozyon döngüsü sonrası kontrol mine ile F2 grubunun arayüzey görüntüsü (x 500 büyütme)

Erozyon döngüsü sonrasında yüzeydeki 8-10µm'lik eroziv aşınma göze çarpmaktadır. Ayrıca F2 grubunda yüzeyde ok ile gösterilen amorf yapının F1 grubuna göre daha belirgin olduğu görülmektedir (Resim 3.11).



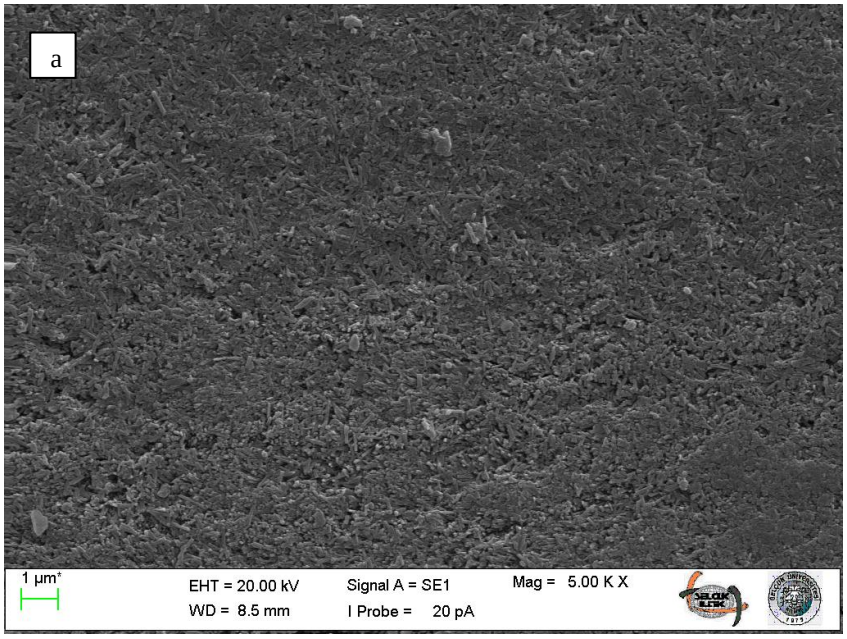
Element	Ağırlık %	Atom %
O	39,29	55,11
Ca	35,52	19,89
P	13,22	9,58
C	2,47	4,62
Cl	0,30	0,19
Na	0,81	0,79
Mg	0,35	0,32
F	8,4	9,5

Şekil 3.11. F2 grubunun EDS analizi

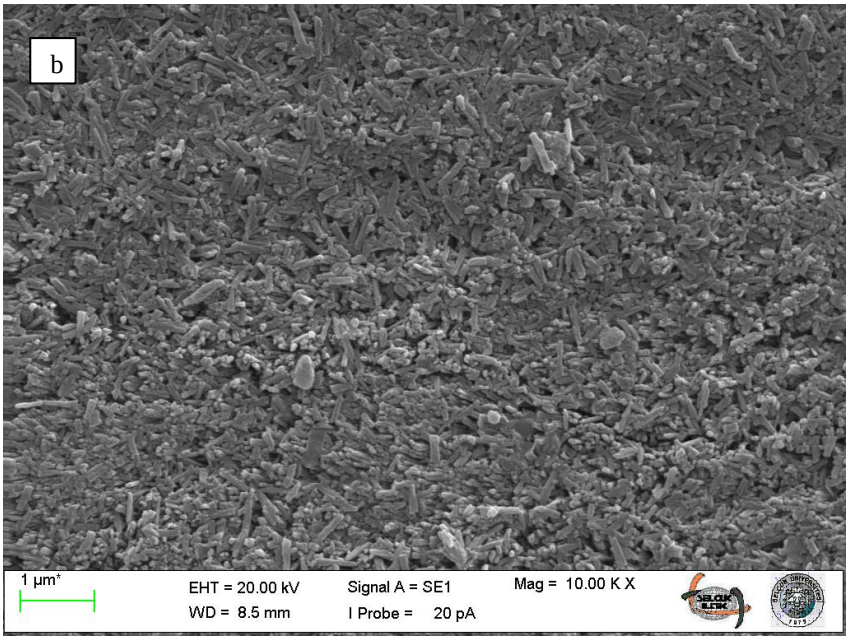
F2 grubunun EDS analizine göre yüzeydeki O, Ca, P, C ve Mg yüzdeleri kontrol mineye daha düşük olduğu Na elementinin daha yüksek olduğu ve Cl elementinin yüzdesinin değişmediği görülmektedir (Şekil 3.6 ve Şekil 3.11).

Deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyine göre kıyaslandığında ise O, Ca, P, C ve Cl yüzdelerinin düştüğü, Na ve Mg yüzdelerinin ise yükseldiği gözlenmektedir (Şekil 3.7 ve Şekil 3.11).

F1 grubu ile kıyaslandığında ise Ca, P, Cl ve Mg yüzdelerinin düştüğü, O, C, Na, Mg ve F yüzdelerinin ise yükseldiği göze çarpmaktadır. F1 grubunda %8,55 olan flor yüzdesi F2 grubunda 9,5'e yükselmiştir (Şekil 3.10 ve Şekil 3.11). Sitrik asit içerisine ilave edilen flor konsantrasyonunun artması yüzeydeki flor elementi yüzdesini de artırmaktadır.

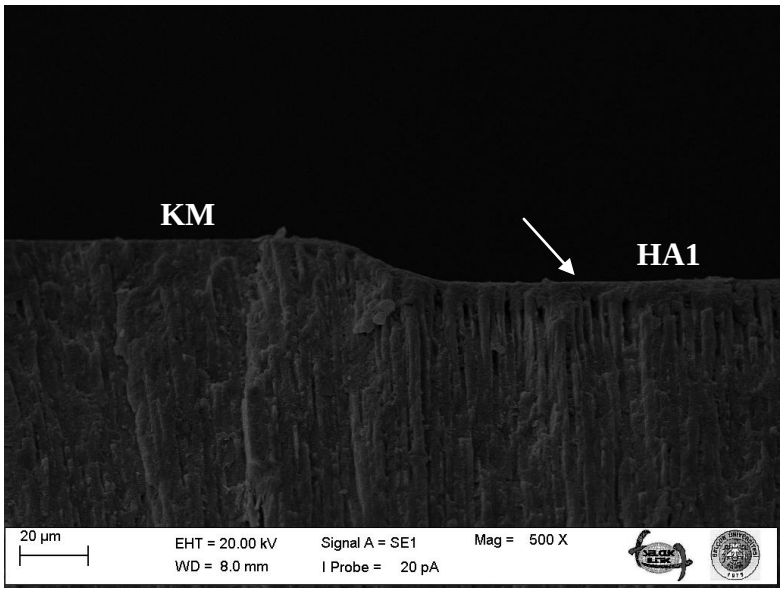


Resim 3.12a. HA1 grubunun erozyon döngüsünden sonraki SEM görüntüsü a) x 5 000 büyütme



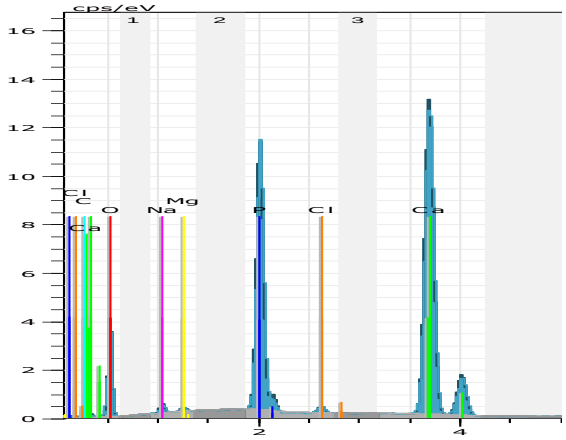
Resim 3.12b. HA1 grubunun erozyon döngüsünden sonraki SEM görüntüsü a) x 10 000 büyütme

Erozyon döngüsünden sonra HA1 grubunda kristallerin pozitif kontrol, F1 ve F2 grubuna göre daha belirginleştiği ve kristal boyutlarında artış olduğu görülmektedir. Hidroksiapatit kristallerinin düzensizliği ve farklı boyutlarda kristal yapıların oluştuğu izlenmektedir (Şekil 3.12a,b).



Resim 3.13. Erozyon döngüsü sonrası sağlam mine ve HA1 ara yüzey görüntüsü (x500 büyütme)

Erozyon döngüsü sonrasında yüzeyde kalınlığı yaklaşık 5µm'lik bir bölgenin varlığı dikkat çekmektedir (ok işareti). Bu bölge yüzeydeki bir katmandan ziyade mine yüzeyinindeki yumuşama bölgesi olarak değerlendirilebilir (Resim 3.13).

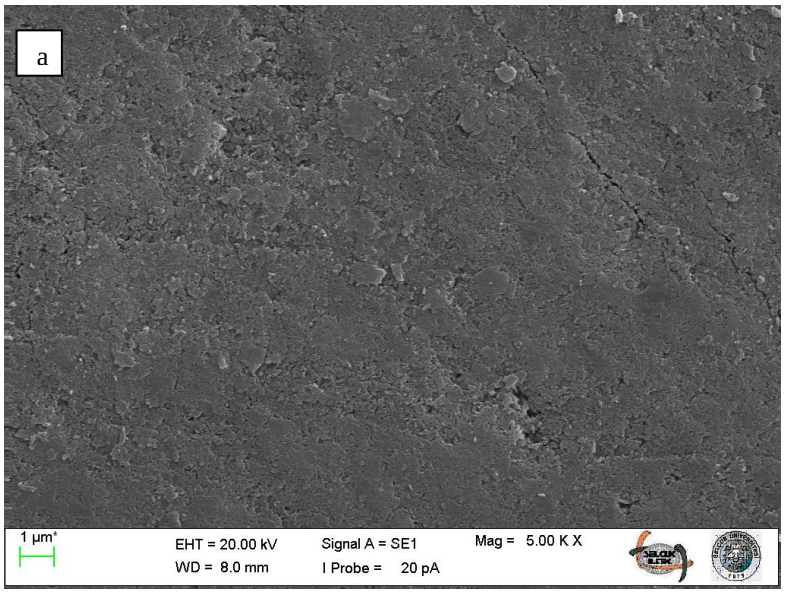


Element	Ağırlık %	Atom %
O	44,40	62,58
Ca	37,04	20,84
P	14,19	10,33
C	2,42	4,55
Cl	0,55	0,35
Na	1,06	1,04
Mg	0,33	0,30

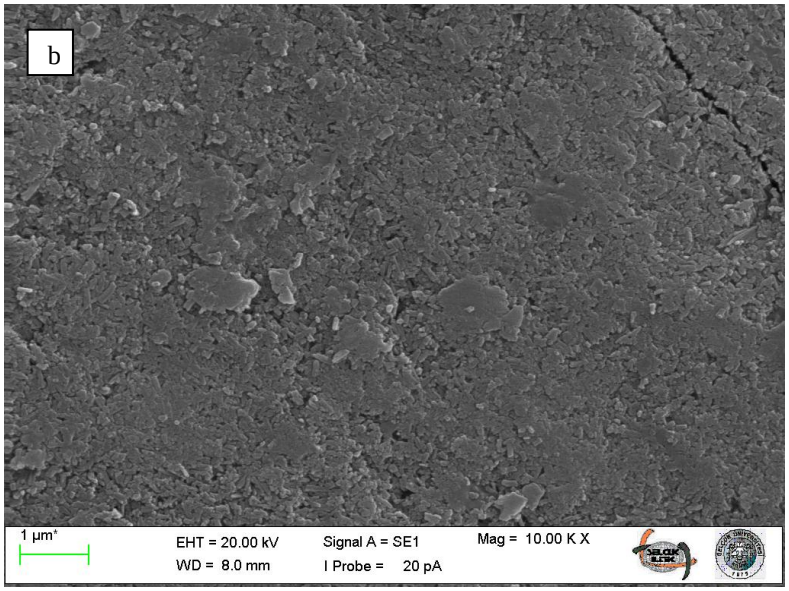
Şekil 3.12. HA1 grubunun EDS analizi

HA1 grubunda kontrol mineye göre O, Na, Cl ve Mg elementlerinin arttığı, Ca, C ve P elementlerinin ise azaldığı görülmektedir (Şekil 3.6 ve Şekil 3.12).

Dental erozyon oluşturulmuş mine yüzeyine göre ise Na, Cl ve O elementlerinin arttığı, Ca, C, P ve Mg elementlerinin ise azaltığı görülmektedir (Şekil 3.7 ve Şekil 3.12).

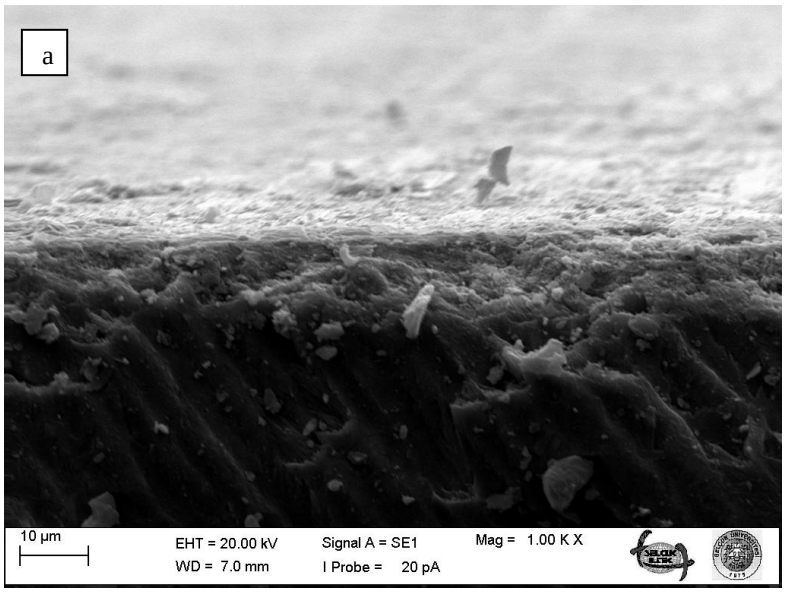


Resim 3.14a. HA2 grubunun erozyon döngüsü sonrası SEM görüntüsü (x5 000 büyütme).

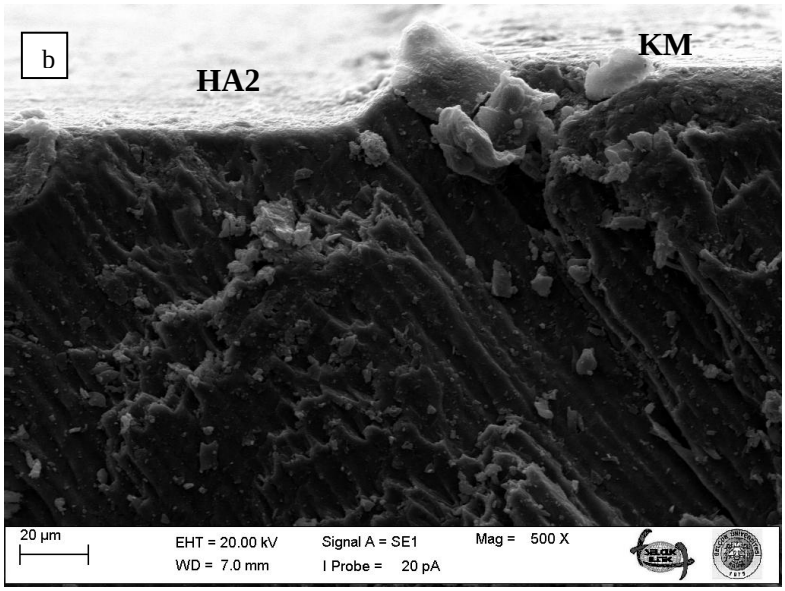


Resim 3.14b. HA2 grubunun erozyon döngüsünden sonraki SEM görüntüleri (x10 000 büyütme).

HA2 grubunda erozyon döngüsünden sonra yüzeydeki rod yapısının izlenmediği hatta yüzeyde tabaka şeklinde yoğun amorf bir yapı oluştuğu görülmektedir (Şekil 3.14 a,b).

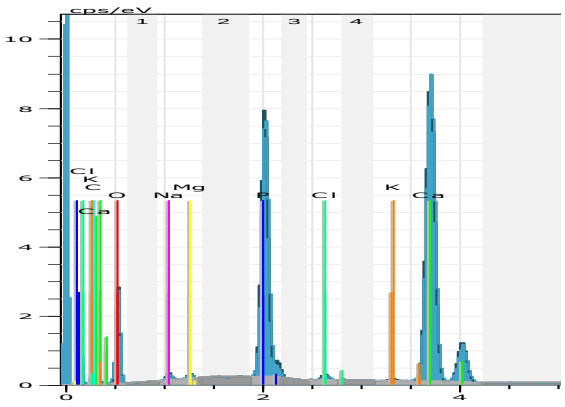


Resim 3.15a. Erozyon döngüsünden sonra HA2 grubu arayüzey görüntüsü (x1 000 büyütme).



Resim 3.15b. Erozyon döngüsünden sonra sağlam mine ile HA2 grubunun arayüzey görüntüsü (x 500 büyütme). KM: Kontrol mine yüzeyi HA2M: HA2 grubunun mine yüzeyi

Şekil 3.15a'da HA2 mine yüzeyini örten 2µm kalınlığında amorf yapı dikkat çekmektedir. HA2 grubunda kontrol mineye göre yaklaşık 10 µm'lik bir doku kaybı gözlenmektedir. HA2 grubunun mine yüzeyinde oluşan ince tabakanın sınırları daha belirgin bir şekilde izlenmektedir (Şekil 3.15 b).



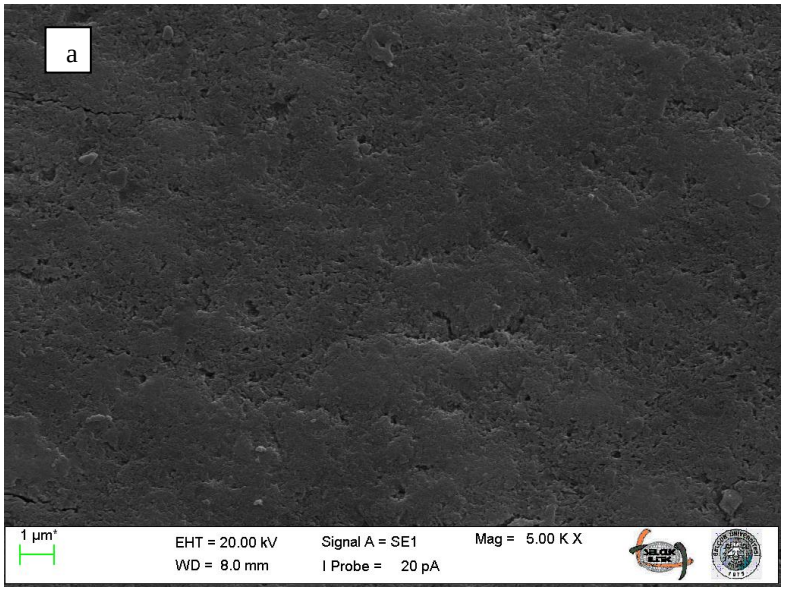
Element	Ağırlık %	Atom %
O	42,98	61,95
Ca	39,27	22,60
P	14,14	10,53
C	1,74	3,54
Cl	0,54	0,35
Na	0,76	0,36
Mg	0,37	0,76

Resim 3.13 HA2 grubunun EDS analizi

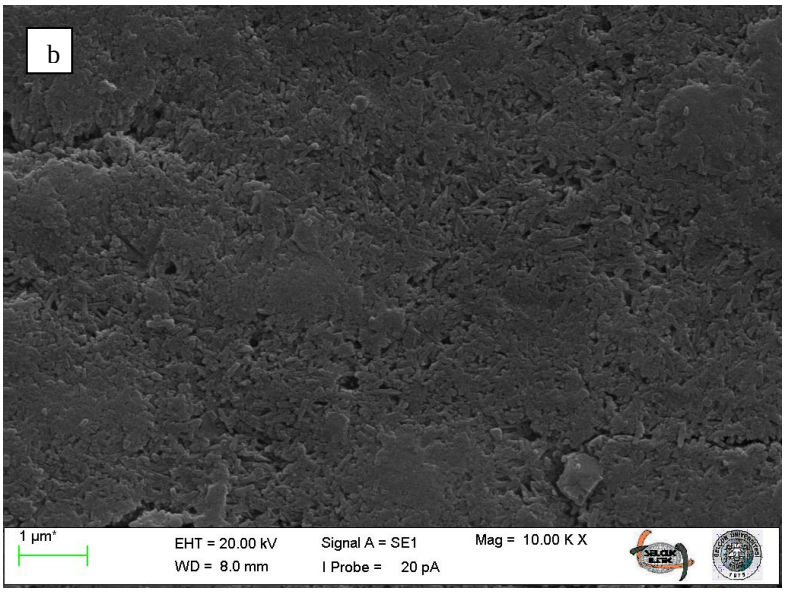
HA2 grubunun EDS analizi incelendiğinde kontrol mineye göre O,P ve C yüzdelerinin düştüğü, Ca, Na, Cl ve Mg yüzdelerinin ise yükseldiği gözlenmektedir (Şekil 3.6 ve Şekil 3.13).

Deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyine göre kıyaslandığında ise Ca, Na ve Cl yüzdelerinin yükseldiği, diğer elementlerin ise düştüğü gözlenmektedir. Ca oranındaki artış Na-HA ve yapay tükürük içerisindeki artışa, Na ve Cl'deki artış da yapay tükürüğe bağlanabilir (Şekil 3.7 ve Şekil 3.13).

HA1 grubuna göre kıyaslanacak olursa O, P, C, Cl ve Na oranlarının düştüğü, Ca ve Mg oranlarının ise arttığı görülmektedir (Şekil 3.12 ve Şekil 3.13).

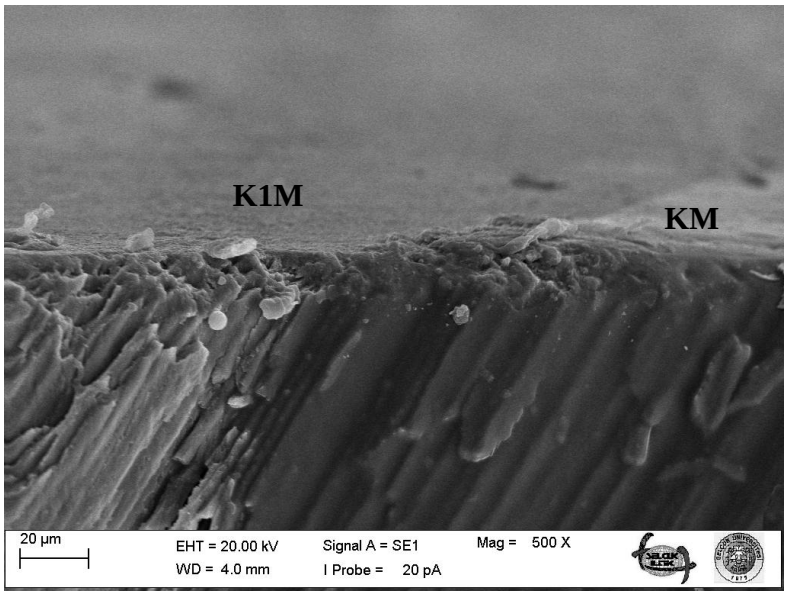


Resim 3.16a. K1 grubunun erozyon döngüsünden sonraki SEM görüntüsü (x 5 000 büyütme)



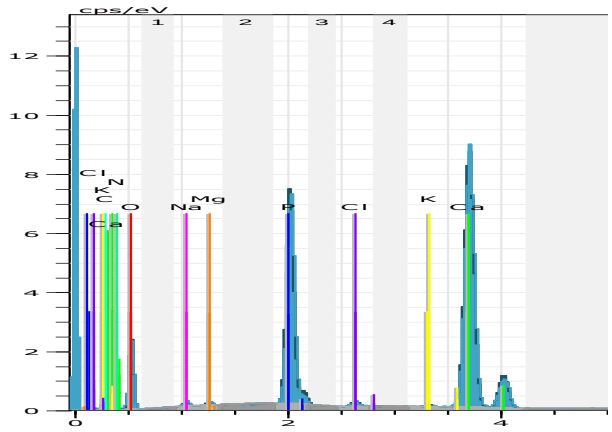
Resim 3.16b. K1 grubunun erozyon döngüsünden sonraki SEM görüntüsü (x 10 000 büyütme).

K1 grubunda erozyon döngüsünden sonra rod yapısından eser kalmadığı ve yüzeyi kaplayan amorf bir katman oluştuğu izlenmektedir. Hidroksiapatit kristallerinden ziyade yüzeyde başka bir madde birikimi görülmektedir (Şekil 3.16a).



Resim 3.17. Erozyon döngüsünden sonra kontrol mine ile K1 grubunun arayüzey görüntüsü (x 500 büyütme). KM: Kontrol mine yüzeyi K1M: K1 grubunun mine yüzeyi.

K1 grubu örneğinin arayüzey görüntüsü incelendiğinde iki yüzey arasındaki farkın çok az (yaklaşık 2-5µm) olduğu görülmektedir (Resim 3.17).

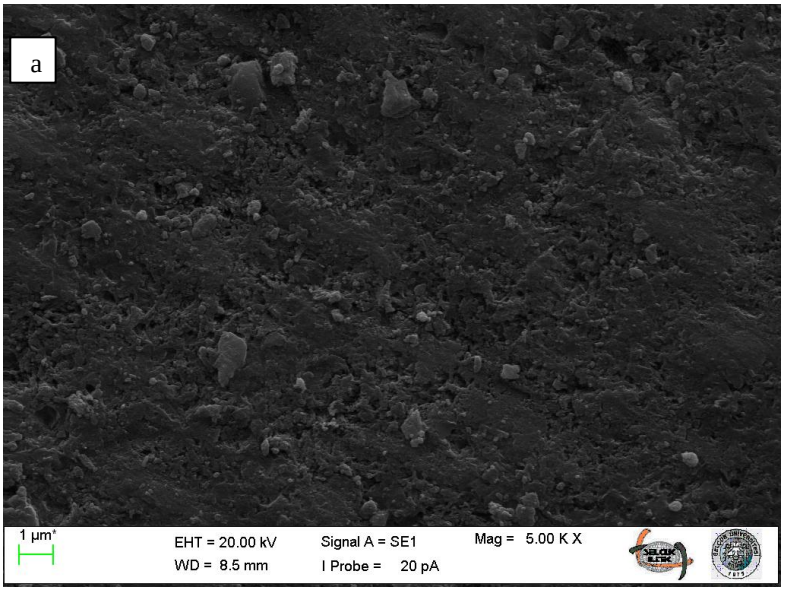


Element	Ağırlık %	Atom %
O	40,34	57,67
Ca	39,02	22,27
P	14,37	10,61
C	1,90	3,62
Cl	0,42	0,27
Na	0,63	063
Mg	0,28	0,26
N	2,76	4,51

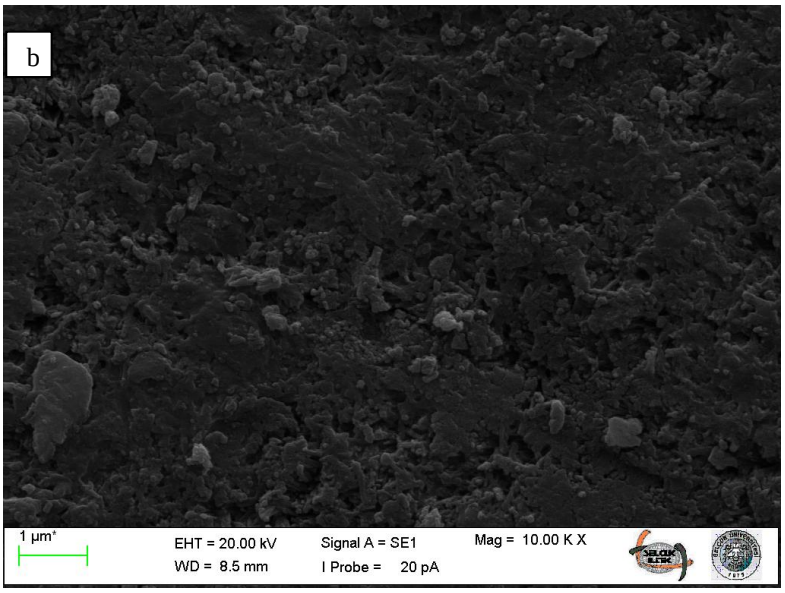
3.14. K1 grubunun EDS analizi

EDS analizi sonucunda K1 grubunda kontrol mineye göre yüzeydeki O, P, C, Cl ve Na elementlerinin azaldığı, Ca ve Mg elementlerinin arttığı görülmektedir (Şekil 3.6 ve Şekil 3.14).

Deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyine göre kıyaslandığında ise K1 grubunda O, C ve Mg elementlerinin azaldığı, Ca, P, Na ve Cl elementlerinin arttığı görülmektedir (Şekil 3.7 ve Şekil 3.14). Bunların yanında yüzeyde daha önceki grupların mine yüzeylerinde rastlanmayan N elementine K1 grubunda %4,51 oranında rastlanılmıştır (Şekil 3.14).

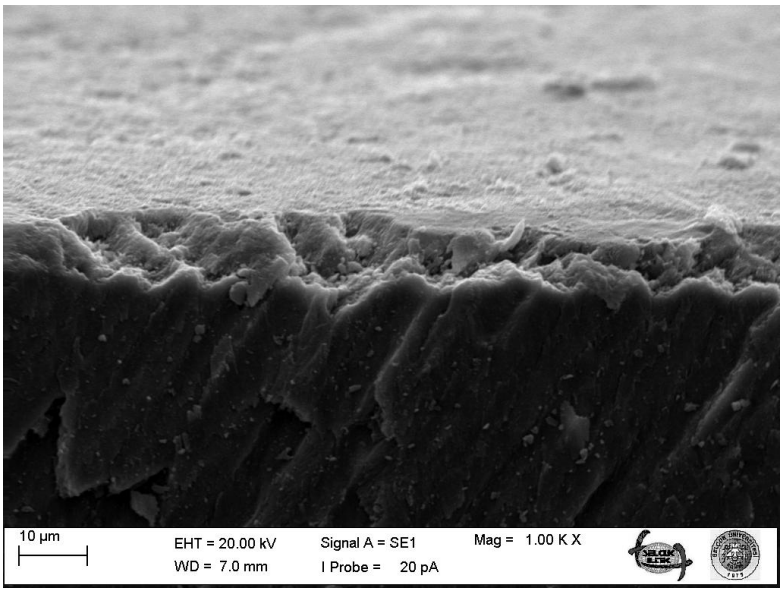


Resim 3.18a. K2 grubunun erozyon döngüsünden sonraki SEM görüntüsü (x 5 000 büyütme)



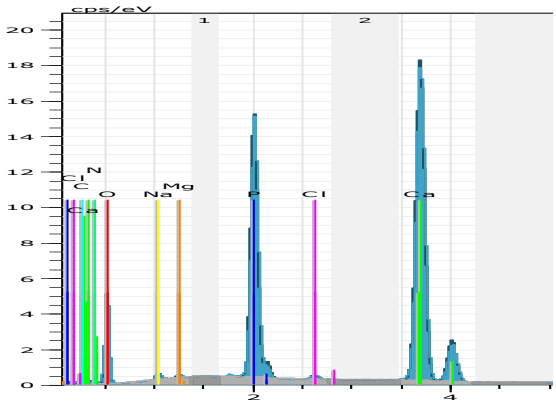
Resim 3.18b. K2 grubunun erozyon döngüsünden sonraki SEM görüntüsü (x 10 000 büyütme)

Resim 3.18 a, b'deki SEM görüntülerinde K2 grubunda rod yapılarının tamamıyla kaybolduğu ve K1 grubuna göre yüzeyde daha yoğun bir katman oluştuğu görülmektedir.



Resim 3.19. K2 grubu örneğinin arayüzey görüntüsü (x1000 büyütme)

K2 grubunda yüzeyi kaplayan katmanın yaklaşık 5µm olduğu görülmektedir (Resim 3.19).



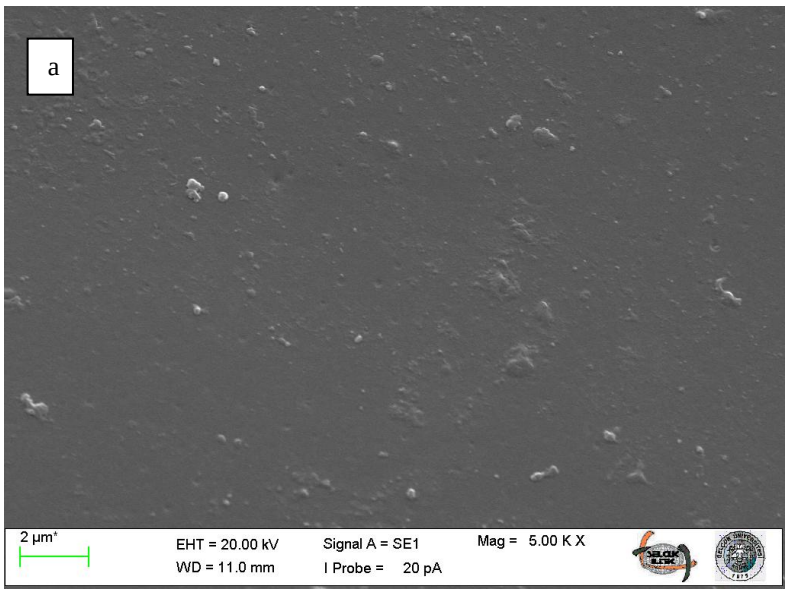
Element	Ağırlık %	Atom %
O	41,33	56,85
Ca	35,59	19,54
P	14,89	10,58
C	3,96	7,26
Cl	0,34	0,21
Na	0,66	064
Mg	0,21	0,19
N	3,01	4,73

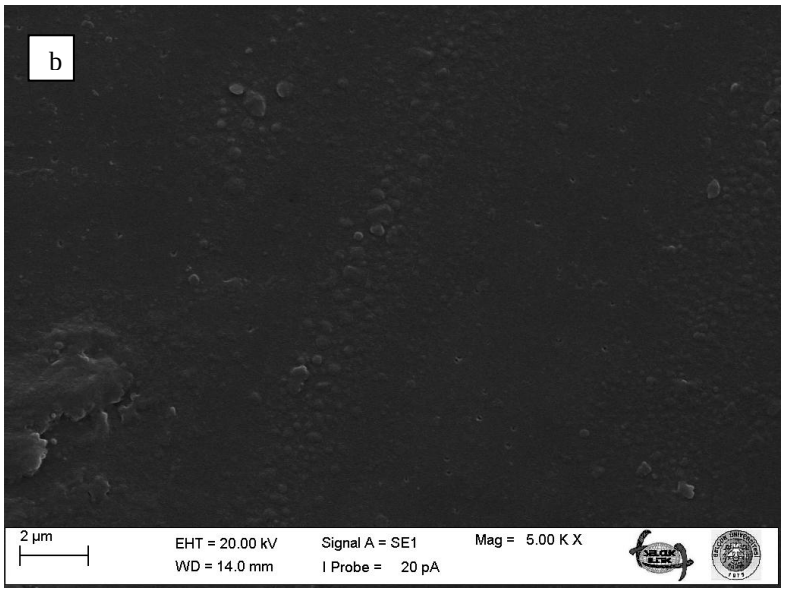
Şekil 3.15. K2 grubunun EDS analizi sonucundaki atom dağılımı

EDS analizi incelendiğinde ise K2 grubunda sağlam mineye göre O, Ca ve Mg oranlarının azaldığı P, C, Cl ve Na oranlarının arttığı görülmektedir (Şekil 3.6 ve Şekil 3.15).

Deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyi ile kıyaslandığında K2 grubunun mine yüzeyinde O, Ca, Cl, Na ve Mg oranlarının düştüğü, P ve C oranlarının ise arttığı gözlenmektedir (Şekil 3.7 ve Şekil 3.15). Bunlara ilave olarak yüzeydek1 grubunda %4,51 olan N elementine K2 grubunda %4,73 oranında rastlanmıştır (Şekil 3.15).

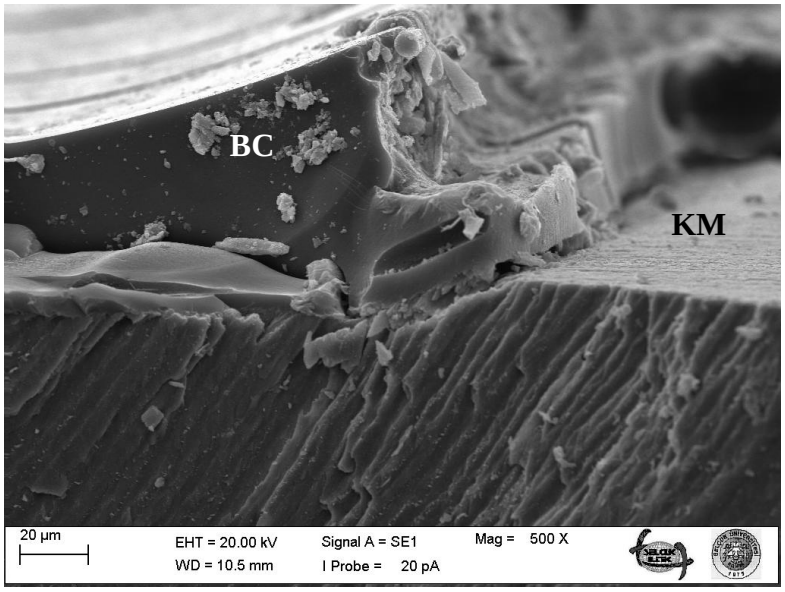
K1 grubu ile kıyaslandığında ise K2 grubu mine yüzeyinde O, P, C, Na ve N elementleri artarken, Ca, Cl ve Mg elementleri azalmıştır (Şekil 3.14 ve Şekil 3.15).





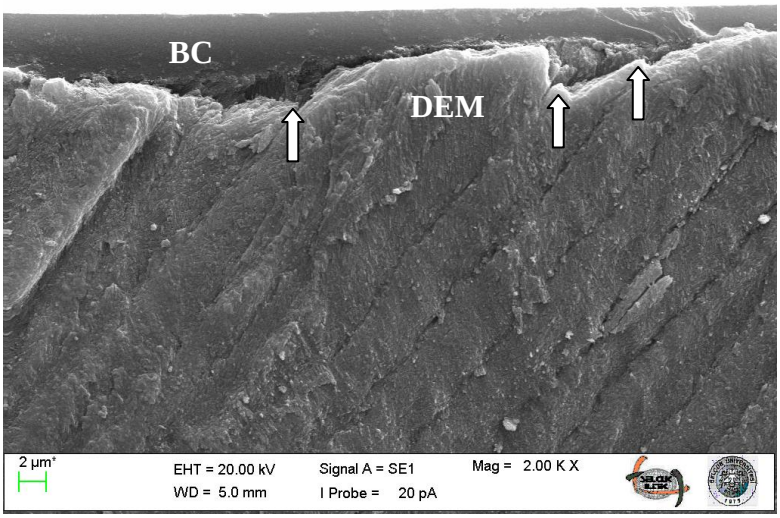
Resim 3.20. BC grubu örnek yüzeyinin SEM görüntüsü (x 5000 büyütme). a) Erozyon döngüsü öncesi b) Erozyon döngüsü sonrası

BC grubunun yüzey görüntüsü incelendiğinde BC materyalinin yüzeyi tamamen kapladığı ve pürüzsüz bir yüzey oluşturduğu görülmektedir (Resim 3.20a). Erozyon öncesi ve sonrası karşılaştırıldığında, erozyon döngüsünden sonra rezinin yüzeyde kaldığı ve yüzeyi kapladığı gözlenmektedir. Yüzey pürüzlülüğünün erozyon döngüsünden sonra çok değişmediği dikkat çekmektedir.



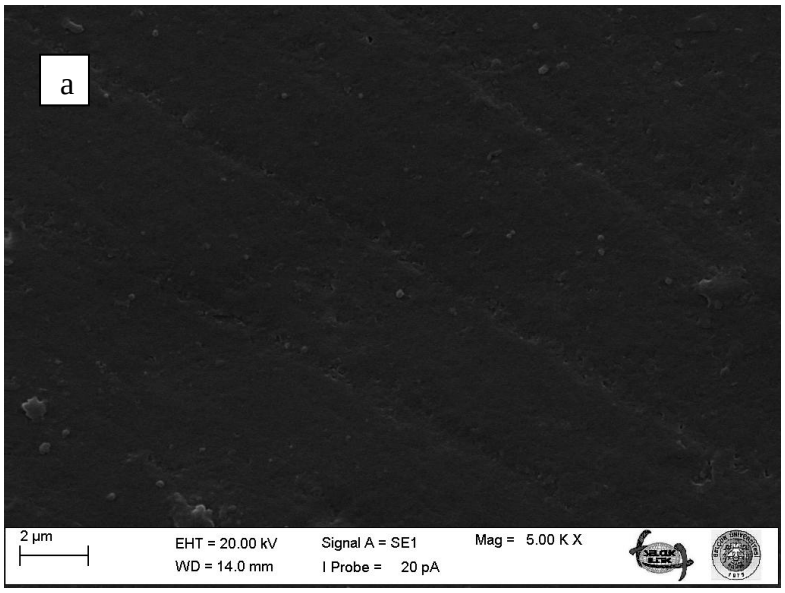
Resim 3.21. BC grubunun erozyon döngüsünden sonraki arayüzey SEM görüntüsü (x 2 000). BC: BisCover LV rezin materyali, KM: Kontrol mine yüzeyi

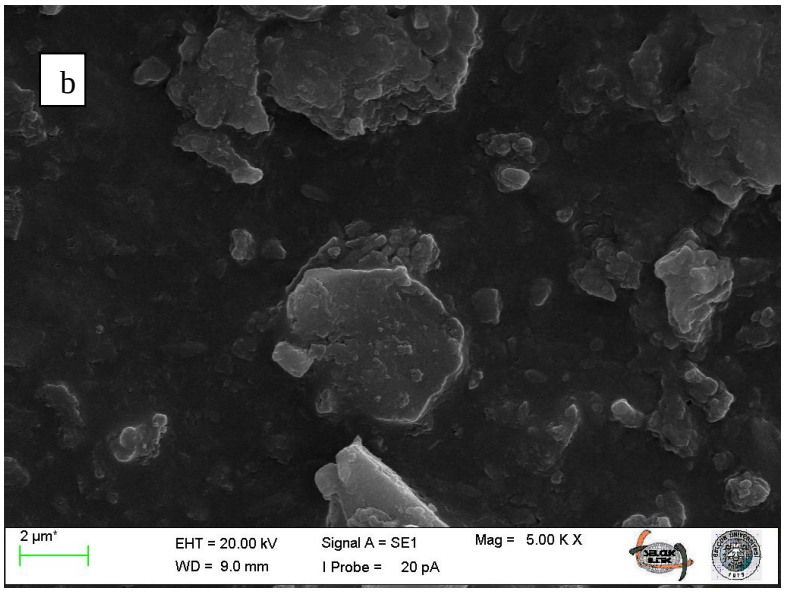
SEM görüntüsünde BC'nin deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyini bütünüyle kapladığı görülmektedir. Rezin deneysel erozyon sonucu oluşmuş doku kaybını telafi ettiği gibi bir miktarda yüzey fazlalığı sağlamıştır.



Resim 3.22. BC grubunun erozyon döngüsünden sonraki arayüzey SEM görüntüsü (x 2 000). BC: BisCover LV rezin materyali, ok işareti: Rezin tag yapıları, DEM: Deneysel erozyon oluşturulmuş mine

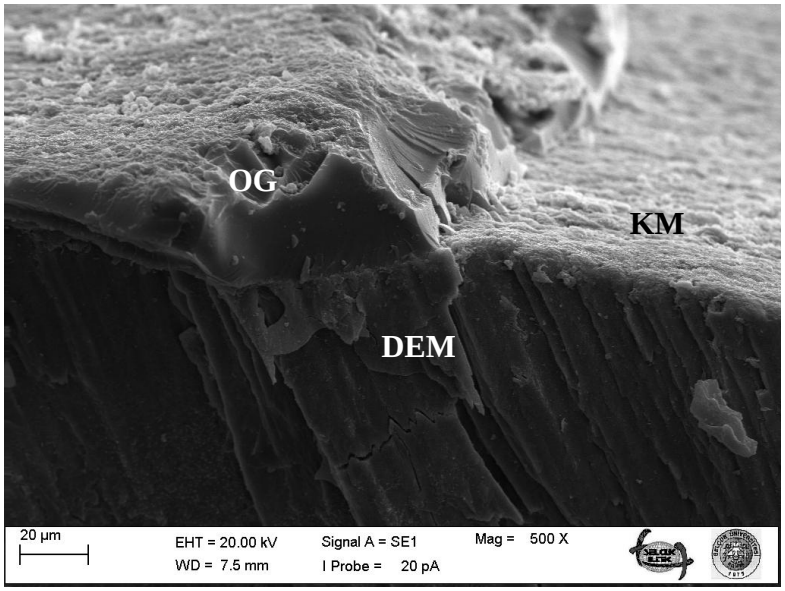
BC uygulanmadan önce asit uygulanması nedeniyle yüzeyde daha derin demineralizasyon bölgelerinin oluştuğu ve demineralizasyon bölgelerin rezin materyalleriyle dolmasıyla rezin tagların oluştuğu görülmektedir (ok işareti). BC uygulanan yüzeyde erozyon döngüsünden sonra mine dokusunda herhangi bir kayıp olmadığı gözlenmektedir (Resim 3.22).





Resim 3.23. OG grubu örnek yüzeyinin SEM görüntüsü (x5 000 büyütme) a) Erozyon döngüsü öncesi b) Erozyon döngüsü sonrası

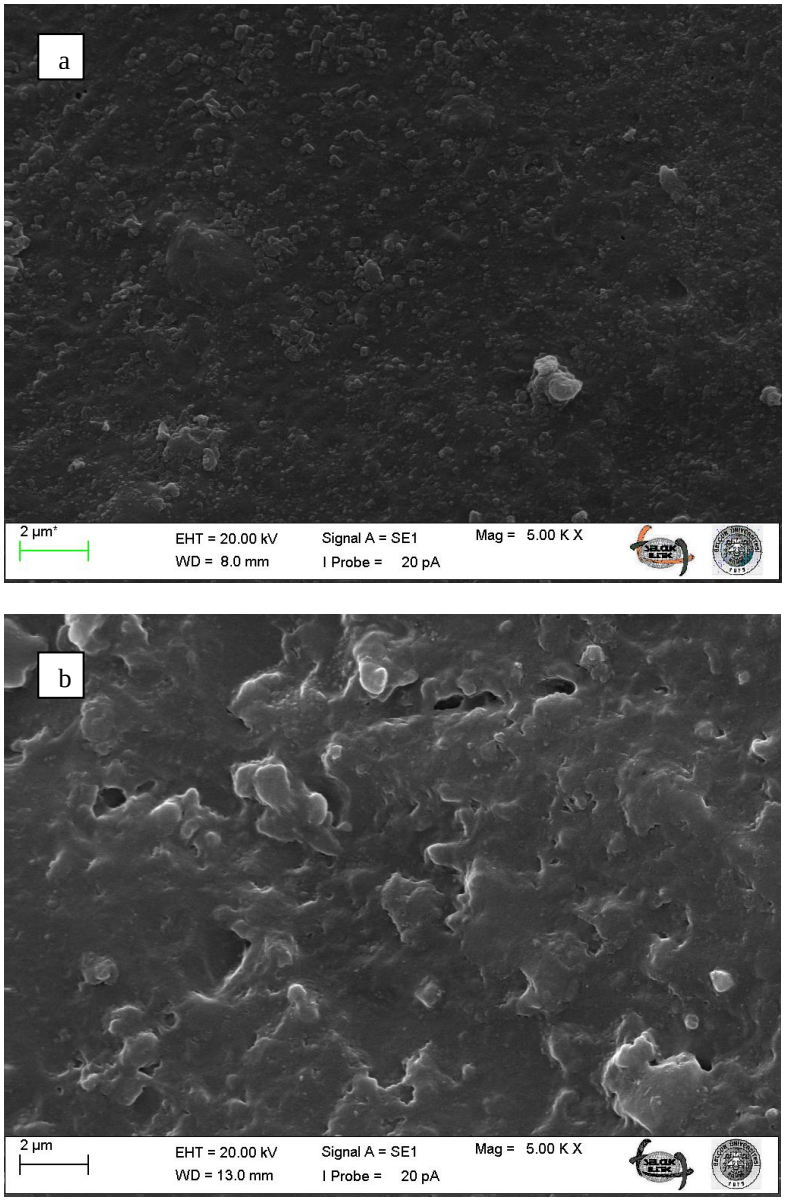
OG materyali uygulandığı anda yüzeyinin oldukça pürüzsüz olduğu ve yüzeyi tamamen kapladığı görülmektedir (Resim 3.23a). Erozyon döngüsü sonrasında OG'nin yüzeyde kaldığı ancak yüzeyin ya sitrik asit ya da yapay tükürük nedeniyle deformasyona uğrayıp pürüzlü bir görünüm sergilediği görülmektedir (Resim 3.23a,b).



Resim 3.24. OG grubunun erozyon döngüsü sonrası arayüzey SEM görüntüsü (x 500 büyütme) OG: OptiGuard rezin materyali, KM: Kontrol mine yüzeyi, DEM :Deneysel erozyon oluşturulmuş mine

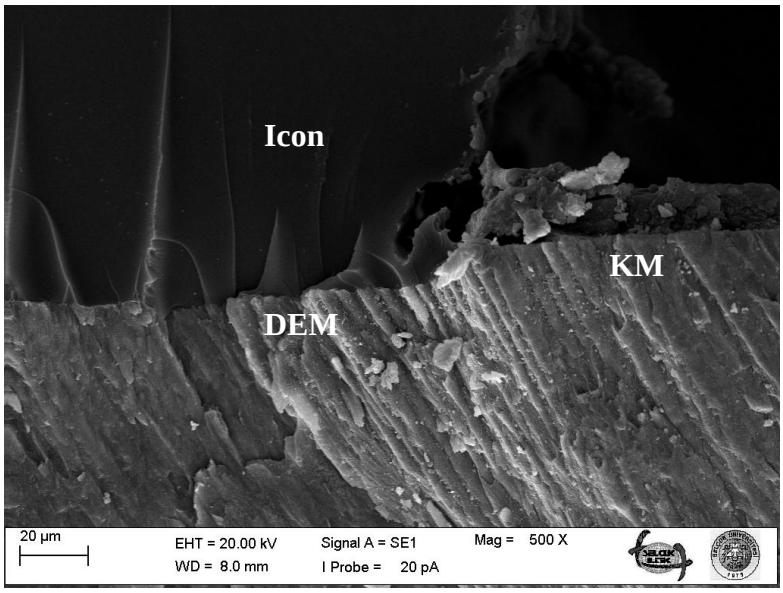
OG grubunun SEM görüntüsünde erozyon döngüsünden sonra rezinin yüzeyde kaldığı ve kalınlık oluşturduğu görülmektedir. Mine ile bağlantısının güzel

olduğu herhangi bir açıklığın olmadığı izlenmektedir. OG'nin yüzey yapısındaki pürüzlülük dikkat çekmektedir (Resim 3.24).



Resim 3.25. Icon grubu örnek yüzeyinin SEM görüntüleri (x 5000 büyütme) a) Erozyon döngüsü öncesi b) Erozyon döngüsü sonrası

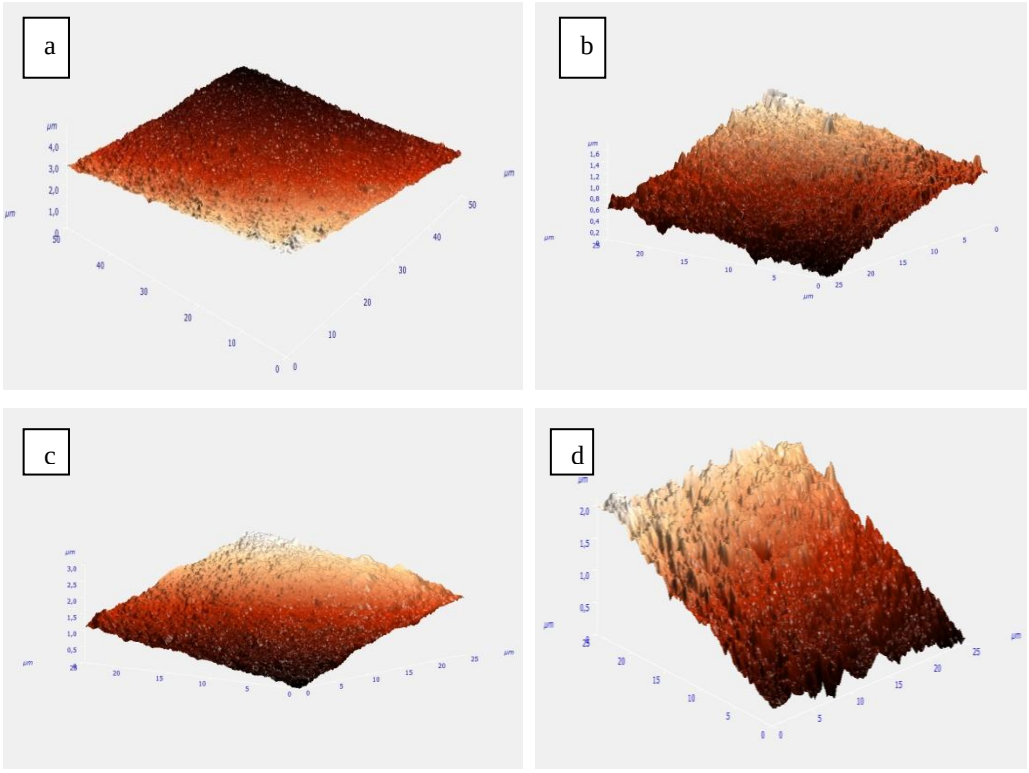
Icon grubunun SEM görüntüsü incelendiğinde Icon'un yüzeye uygulandığı anda yüzeyinin çok fazla pürüzlü olmadığı ve yüzeyi tamamen kapladığı görülmektedir (Resim 3.25a). Fakat erozyon döngüsünden sonra yüzey pürüzlülüğünün arttığı dikkat çekmektedir. Bununla birlikte rezinin hala yüzeyi kapladığı görülmektedir (Resim 3.25a,b).



Resim 3.26. Icon grubu örneğinin erozyon döngüsü sonrası arayüzey SEM görüntüsü (x500 büyütme) DEM: Deneysel erozyon oluşturulmuş mine, KM:Kontrol mine

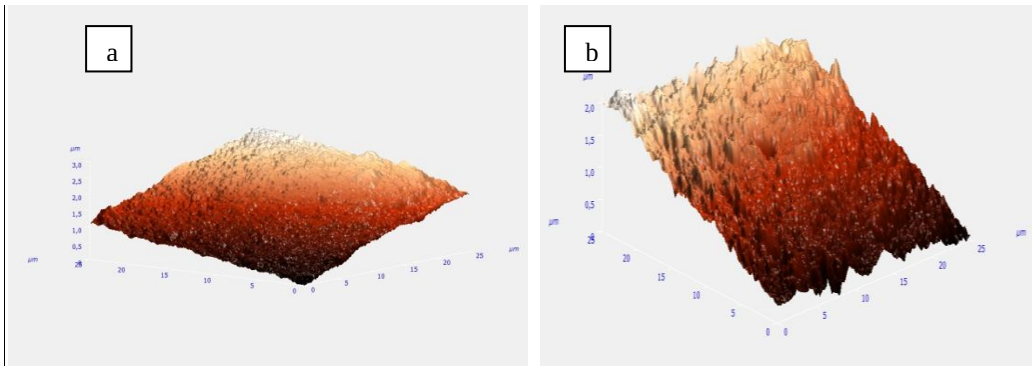
Icon grubunun SEM görüntüsünde rezin kalınlığının oldukça fazla olduğu dikkat çekmektedir. Icon materyalinin aşınma alanını doldurmasının yanında yüzeyde ciddi anlamda kalınlık yaptığı görülmektedir. Icon'nun deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyi ile bağlantısının oldukça iyi olduğu, herhangi bir açıklığın bulunmadığı görülmektedir Deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyindeki yumuşama bölgesinin kaybolduğu görülmektedir (Resim 3.26). Bu durum Icon'un uygulama prosedüründe yer alan 2 dk asitleme işlemine bağlanabilir.

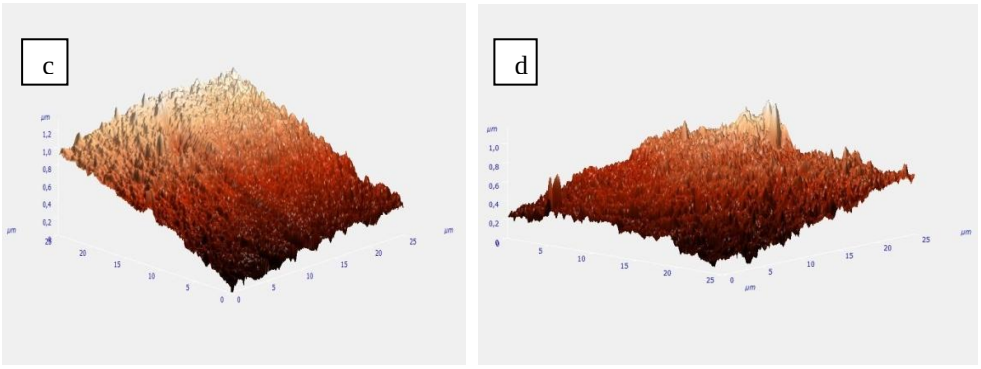
3.5. AFM Analizine Ait Bulgular



Resim 3.27. AFM görüntüleri a) Sağlam mine yüzeyi b) Deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyi c) Negatif kontrol grubu mine yüzeyi d) Pozitif kontrol grubu mine yüzeyi

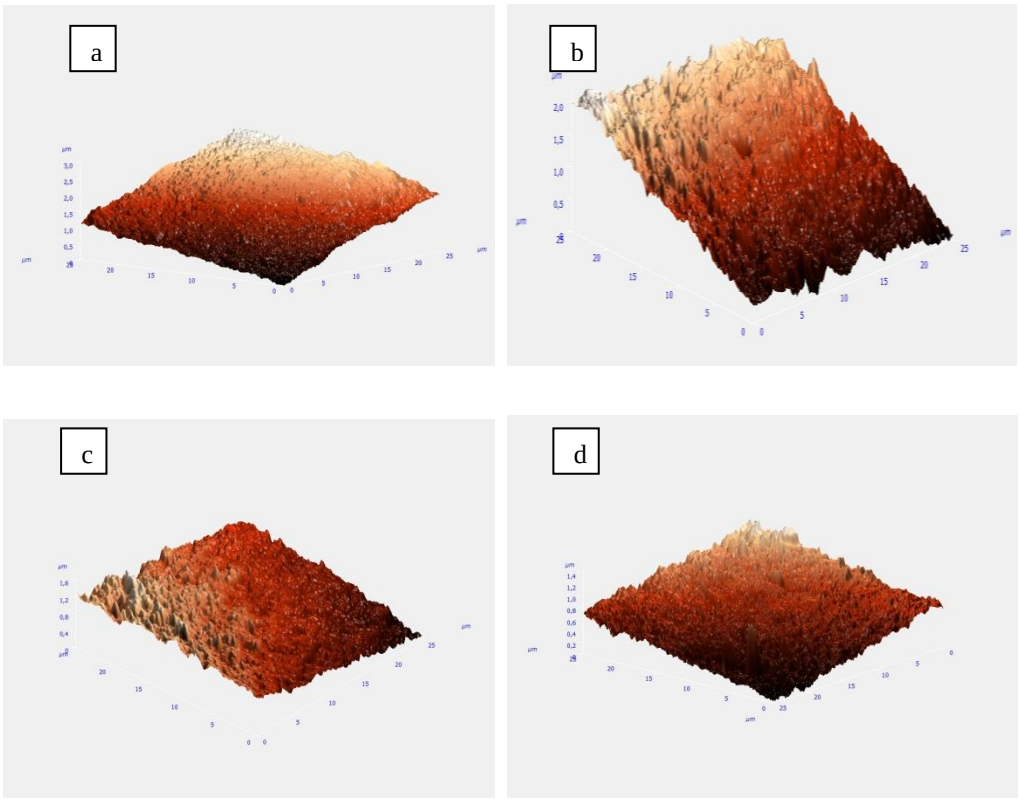
Deneysel erozyon oluştuktan sonra sağlam mine yüzeyinin pürüzlülüğünün arttığı görülmektedir (Resim 3.28 a,b). Pozitif kontrol grubunda olduğu gibi eroziv koşullar devam ettiğinde pürüzlülük daha da artmakta (Resim 3.28 b, c), fakat eroziv koşullar durup, distile su ile döngüye devam edildiğinde önceden oluşmuş pürüzlülüğünün azaldığı izlenmektedir (Resim 3.28 c, d),





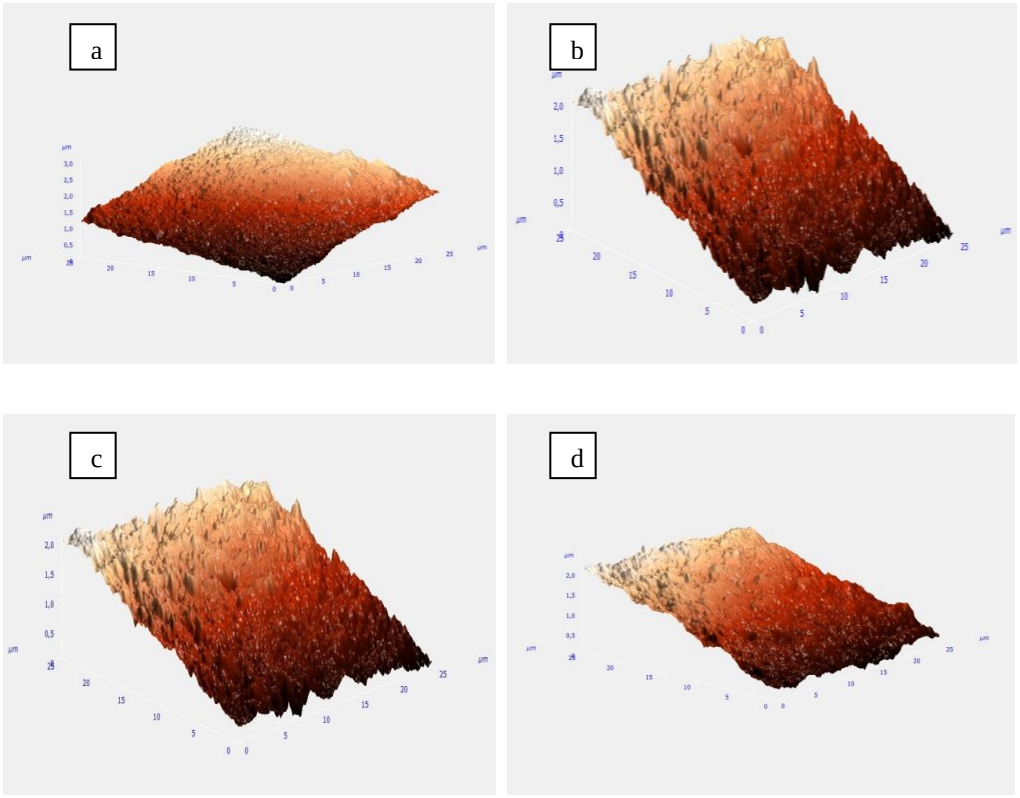
Resim 3.28. F1 ve F2 grubunun AFM görüntülerinin kontrol gruplarıyla karşılaştırması a) Negatif kontrol grubu b) Pozitif kontrol grubu c) F1grubu d) F2 grubu (25µm x25µm)

Deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyi florid ilave edilmiş iki farklı konsantrasyonu olan sitrik asit solüsyonu ile muamele gördüğünde yüzey pürüzlülüğünde çok fazla bir değişiklik olmadığı görülmektedir.



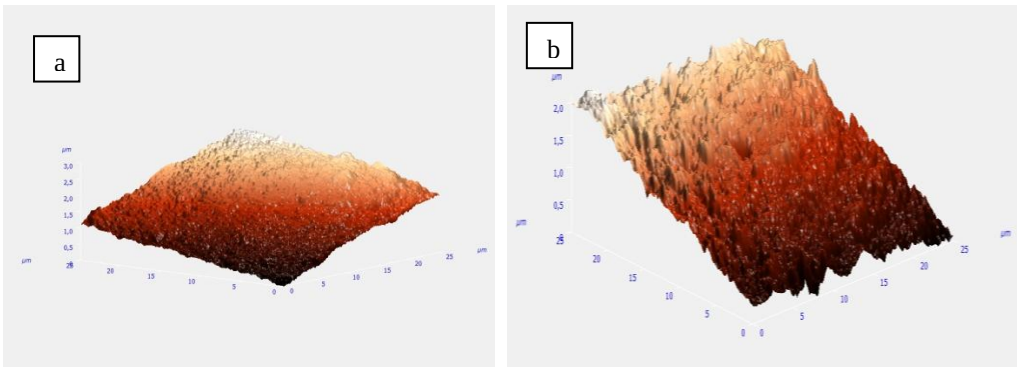
Resim 3.29. HA1 ve HA2 grubunun AFM görüntülerinin kontrol gruplarıyla karşılaştırması a) Negatif kontrol grubu b) Pozitif kontrol grubu c) HA1 grubu d) HA2 grubu (25µm x25µm)

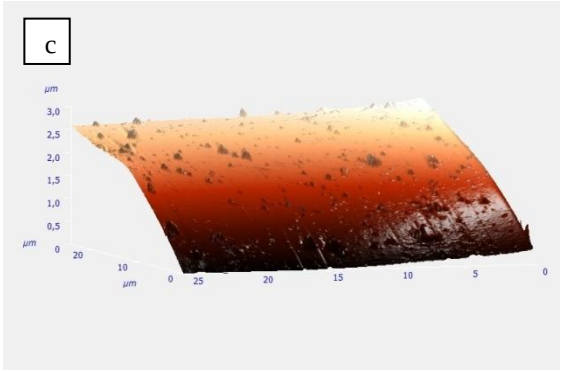
Her iki grubun negatif kontrol grubuna göre daha pürüzlü olduğu ve pozitif kontrol grubu ile pürüzlülüklerinin benzer olduğu görülmektedir. Ancak HA1grubu HA2 grubuna göre daha pürüzlü bir yüzeye sahiptir (Resim 3.29).

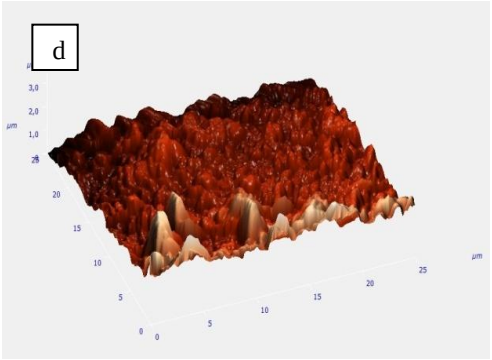


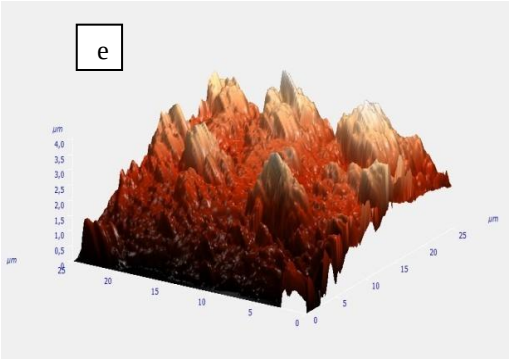
Resim 3.30. K1 ve K2 grubunun AFM görüntülerinin kontrol gruplarıyla karşılaştırması a) Negatif kontrol grubu b) Pozitif kontrol grubu c) K1 grubu d) K2 grubu(25µm x25µm).

Her iki grubun negatif kontrol grubuna göre daha pürüzlü olduğu görülmektedir. Pozitik kontrol grubunun pürüzlülüğü K1 grubu ile benzese de K2 grubu pozitif kontrol ve K1 grubuna göre daha az pürüzlü görünmektedir.









Resim 3.31. Rezin gruplarına ait AFM görüntüleri a) Negatif kontrol b)Pozitif kontrol c) BC grubu d) OG grubu e)Icon grubu (25µm x25µm).

Rezin gruplarının hepsi pürüzlülük açısından pozitif ve negatif kontrol gruplarından çok farklı görünmektedirler. BC negatif kontrol grubuna göre bile daha pürüzsüz görünmektedir. OG ve Icon hem negatif hem de pozitif kontrol grubundan çok daha pürüzlü bir yüzeye sahiptir. OG ve Icon kendi arasında kıyaslandığında Icon grubunun yüzeyi OG'ye göre daha pürüzlüdür.

4. TARTIŞMA

Asitli içeceklerin eroziv olduğu çok iyi bilindiği halde, birçok kişi bu ürünleri tüketmekten vazgeçememektedir. Bu durumda erozyona uğramış dişlerin hem konservatif şekilde tedavi edilmesi hem de eroziv etkiyi engelleyici kolay ve ucuz yöntemlere ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada sitrik asit solüsyonunun NaF ve nano-HA'nın farklı konsantrasyonları ile modifiye edilmesi, dental erozyonun en önemli etkeni olarak görülen sitrik asidin eroziv potansiyelini azalttığı, bununla birlikte kazein ilave edilmesinin, başlangıç erozyonu üzerinde iyileştirici etki oluşturması ile sitrik aside NaF ve nano-HA ilavesine göre daha da faydalı olduğu görüldü.

Ayrıca birçok içecekte bulunan ve yüksek eroziv potansiyeli olan sitrik asidin, bu çalışmada kullanılan NaF ve nano-HA ile modifikasyonu asit titrasyonunda azalmaya yol açmıştır. İçeceklerin asit titrasyonlarının eroziv özellikleri ile olan ilişkisi düşünüldüğünde bu çalışmada olduğu gibi bazı modifikasyonlar içeceklerin asit titrasyonunun değiştirilmesiyle eroziv etkiyi azaltmada ya da engellemede faydalı olduğu iddia edilebilir. Özellikle kazein ile modifiye edilen içeceklerin eroziv etkilerinin azalmasının yanında erozyona uğramış diş dokusunun iyileşmesine de yardım edebileceği düşünülebilir.

Bu çalışmada restoratif materyallerin üzerinde kullanılan BisCover LV ve OptiGuard'ın ya da çeşitli başlangıç lezyonların teavisinde kullanılması önerilen rezin infiltrant ajanı Icon'un erozyon tedavisinde bir alternatif olup olamayacağı test edilmiştir. Bu in vitro çalışmaya ait bulgular değerlendirildiğinde bu ürünlerin eroziv diş bölgelerini kapladığı ve ilave eroziv etki oluşumunu engellediği görülmüştür.

4.1. Titrasyon Asitliğinin (TA) Değerlendirilmesi

İçeceklerin başlangıç pH'sının dental erozyona sebep olan faktörlerden sadece biri olduğu belirtilmektedir (Owens 2007). Titrasyon asitliğinin ise bu lezyonların etyolojisinde çok daha önemli bir rol oynadığı kabul edilmektedir (Owens 2007).

İçeceklerin pH değerlerinin ölçülmesi, hidrojen iyon konsantrasyonunun belirlenmesine bağlı bir yöntem olduğu için, asitli içeceklerin içindeki ayrışmamış

asidin varlığını belirleyemez (Turgut ve ark 2004). Bu yüzden erozyon çalışmalarında pH değerinin yanısıra titrasyon asitliğinin ölçülmesi içecekteki toplam asit miktarını belirlemede önemlidir (Turgut ve ark 2004). Eroziv potansiyeli belirlemede titrasyon asitliği değerinin, sadece pH'ya bakılarak yapılan belirlemelere göre daha iyi bir yöntem olduğu kabul gören genel bir görüştür (Grobler ve ark. 1985, Edwards ve ark. 1999).

Çözeltinin belirlenmiş bir pH değerine ulaşması için gereken bazik solüsyon miktarını ölçmeye dayalı bir test olan titrasyon asitliğinin belirlenmesi yönteminde 5,5-10 arasında değişen pH değerleri kullanılmaktadır (Cairns ve ark 2002). Bu çalışmada kullanılan çözeltilerin titrasyon asitliği 50ml çözeltinin pH'sını 5,5 ve 7,0'ye çıkarmak için gereken 1 M NaOH çözeltisinin hacmi (ml) olarak hesaplandı (Cairns ve ark 2002). Sitrik asit çözeltisine sodyum hidroksit (NaOH) ilave edilmesiyle, ayrışmamış asit içerisindeki mevcut protonların sayısı azaltılmaktadır (West ve ark 2001).

Titrasyon asitliği yüksek olan içecekler ağızda daha uzun süreli pH düşmelerine sebep olurlar (Touyz ve Silove 1993). Böyle bir durumda ağız ortamında nötral pH'ya ulaşana kadar mine dokusunda çözünme meydana gelir (Larsen ve Nyvad 1999). Bu yüzden yüksek titrasyon asitliğine sahip içeceklerin erozyon oluşturma potansiyeli de daha yüksektir (Touyz ve Silove 1993).

Çalışmamızda sitrik asit ile NaF, nano-HA ve kazein ile modifikasyonlarının titrasyon asitliği değerleri hesaplandı. En yüksek TA değerine pozitif kontrol grubu olan %1'lik sitrik asit solüsyonunda (pH 7,0 için 5,53ml) rastlandı. Erozyon ölçümlerine bakıldığında yine en fazla erozyonun pozitif kontrol grubunda olduğu görülmektedir. Owens (2007) içeceklerin pH ve titrasyon asitliğinin dental erozyon üzerine etkilerini incelediği bir çalışmasında enerji içeceğinin (Red Bull) titrasyon asitliğinin yüksek olmasına bağlı olarak mine üzerinde şiddetli eroziv potansiyeli olduğu sonucuna varmıştır.

Çalışmamızda pozitif kontrol, F1, F2 ve HA1'in pH değerleri birbirine yakın olmasına karşın eroziv aşınma miktarları farklı çıkmıştır. Bu farklılık çözeltilerin titrasyon asitliği değerlerinin (pH 7,0 için F1: 5,38, F2: 5,15, HA1: 5,30) ve içeriklerinin farklı olmasına bağlanabilir. Larsen ve Nyvad'in (1999) yaptıkları

çalışmada düşük pH'ya sahip bazı içeceklerin (Coca Cola, Pepsi Cola, Sprite Light vs.) titrasyon asitliği değerlerinin düşük çıktığı, aksine pH'sı bu içeceklere göre yüksek olan portakal suyunda ise bu değerin çok yüksek çıktığı görüldü. İçeceklerin asit titrasyon düzeyleri erozyon oluşturmada pH değerinden daha önemli rol oynamaktadır.

Jensdottir ve ark (2005) içeceğin pH ve titrasyon asitliğinin yanında HA'ya göre doygunluk derecesinin de içeceğin eroziv potansiyeli üzerinde etkili olduğunu rapor etmişlerdir. İçeceklerin içerisindeki kalsiyum ve fosfat oranları artırıldığında doygunluk dereceleri de artmaktadır (Grenby 1996,Hughes ve ark 1999,Jensdottir ve ark 2005). Bu sonuçlar referans alınarak nano-HA'in sitrik asit içerisindeki konsantrasyonu artırıldığında kalsiyum ve fosfatın artmasına bağlı olarak HA2 solüsyonunun minenin hidroksiapatitine göre doygunluk derecesinin arttığı ve kritik pH değerinin düştüğü söylenebilir. Ayrıca HA2 solüsyonunun minenin hidroksiapatitine göre doygunluk derecesi pozitif kontrol, F1, F2 ve HA1'den daha fazladır.

Bu çalışmada en düşük TA değerine kazein solüsyonlarında (pH 7,0 için K1: 2,75, K2: 1,83) rastlanmıştır. Kazein solüsyonlarının diğer solüsyonlar gibi erozyonu devam ettirmediği hatta mine yüzeyinde bir miktar doku kazanımı sağladığı görüldü. Manton ve ark (2010) bazı gazlı içeceklere ilave ettikleri CPP-ACP'nin içeceklerin pH değerlerini arttırdığını ve titrasyon asitliği değerlerini düşürdüğünü gözlemledi. İçeceklerin pH'sının artması ve TA değerlerinin düşmesi CPP-ACP'den ortama salınan kalsiyum ve fosfat iyonlarına atfedilmiştir. Kazein kalsiyum ve fosfat içermemektedir. Titrasyon asitliğinin düşük olması, kazeini ilave edilmeden önce sitrik asit çözeltisinin pH'sının NaOH ilave edilerek artırıldığında sitrik asit içerisindeki proton sayısının düşmesine bağlanabilir. Ayrıca kazein solüsyonlarının pH değerlerinin yüksek olması eroziv potansiyellerinin az olmasında bir etken olabilir.

4.2. Yüzey Değişiminin Değerlendirilmesi

Dental erozyonun in vitro değerlendirmesinde birçok teknik kullanılmaktadır. Mikrosertlik (micro-indentation) ve nano-indentation testleri, profilometre, mikroradyograf, kimyasal analiz, SEM ve EDX analizi, polarize ışık mikroskobu ve Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop yaygın şekilde kullanılan tekniklerdir.

Başlangıç erozyonunda mine yüzeyinden mineraller ayrılmaya başlar ve mine zayıflar. Bunun sonucunda mine yüzeyinde yumuşama meydana gelir (Barbour ve Rees 2004). Mine yüzeyinde yumuşama meydana gelmesi için minenin 5 dakika asidik içeceğe maruz kalması yeterlidir (Lippert ve ark 2004). Yüzey sertliği ölçüm teknikleri yumuşama denilen erozyon başlangıcının ölçülmesinde kullanılan basit ve ucuz bir yöntemdir. Minenin yumuşamasıyla erozyonun minede oluşturduğu yüzey sertlik kaybı belirlenebilir. Fakat yumuşamış tabakanın kalınlığının 2-5µm olması sebebiyle "microindentation" tekniğinin sadece yumuşamış bölgeden değil alttaki sağlam mineden de etkilendiği düşünülmektedir (Barbour ve Rees 2004). Nanoindentation tekniği ile yumuşama tabakasının kalınlığının daha az olduğu başlangıç erozyonlarında daha hassas sonuçlar elde edilebilir (Barbour ve Rees 2004).

Mikrosertlik testleri ile yüzey sertliğindeki değişim değerlendirilebilirken mine kaybının miktarı belirlenemez. Yumuşama evresinden ziyade daha ileri evrelerdeki erozyonu değerlendirmek amacıyla profilometre cihazı kullanılmaktadır. Profilometre cihazının stylus ve lazer profilometre olmak üzere iki çeşidi vardır. Stylus profilometrede iğne şeklindeki ucun yüzeyi boydan boya taramasıyla 2 boyutlu veri elde edilir. Sağlam mine referans alındığında erozyon derinliği hakkında bilgi elde edilir. Lazer profilometrede ise yüzeyin üç boyutlu bir haritası çıkartılmaktadır. Bu harita ile erozyonun hem derinliği hemde hacmi hakkında veri elde edilebilir (Azzopardi ve ark 2001). Çalışmamızda numunelerin sitrik aside maruz kalma süresi fazla olduğu için yüzey sertlik testlerinden ziyade profilometre cihazı tercih edilmiştir. Ayrıca ölçüm yapılan yüzeylerin boyutları standart olduğu için erozyon hacminden ziyade erozyon derinliği önem arz etmektedir. Bu yüzden stylus profilometre kullanılmıştır.

Mikroradyograf profilometrede olduğu gibi hem madde kaybını, hem de sertlik testlerinde olduğu gibi yumuşamayı inceleme potansiyeline sahiptir (Barbour

ve Rees 2004). Eroziv lezyonların mikroradyograf ve profilometre verileri arasında güçlü bir ilişki olduğu düşünülmektedir (Hall ve ark 1997).

Kimyasal analiz teknikleri iyi planlanmış, doğru ve hassas tekniklerdir. Fakat sadece mineden salınan iyonların net konsantrasyonları hakkında bilgi verir. Yüzeyde yeni materyallerin birikmesi hakkında bilgi vermez (Barbour ve Rees 2004). Kimyasal analiz ile erozyonla kaybedilen iyonlar tespit edilebilir. Çalışmamızda olduğu gibi diş yüzeyine remineralizasyonu sağlayıcı malzemeler ya da rezin materyaller uygulandığında kimyasal analiz yetersiz kalacaktır. Bu yüzden ilave testler kullanılarak bu eksiklik giderilebilir.

SEM ve EDS genellikle bir incelemede destekleyici teknik olarak kullanılmaktadır. SEM ile mine erozyonunun yüksek çözünürlüğe sahip görüntüsü elde edilebilir. EDS ise örnek yüzeyinin birkaç mikrometre üzerindeki elementlerin yüzdeleri hakkında bilgi vermektedir. Çalışmamızda yüzey ve arayüzey analizi yapmak için SEM görüntülerinden faydalanılmıştır. Ayrıca erozyon döngüsünden sonra yüzeydeki element değişimini değerlendirmek için EDS cihazı kullanılmıştır. SEM analizleri ile sonuçlarımız görsel olarak açıklığa kavuşmuştur. EDS analizi de yüzeyde SEM ile göremediğimiz elementlerin yüzde olarak miktarlarını vermiştir. Her iki analiz çalışmamızın sonuçlarına katkı sağlamıştır.

Erozyon derinliği çok fazla olan örneklerde erozyon derinliğini ölçmek için polarize ışık mikroskobu ve Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop kullanmak bir yöntem olabilir. Fakat ölçüm yapması basit olduğu ve güvenli sonuç verdiği için çalışmamızda profilometre cihazı kullanılmıştır. Sonuçların görsel olarak desteklenmesi için SEM ve AFM cihazlarından faydalanılmıştır. Ayrıca yüzeydeki iyon dağılımını belirlemek için EDS cihazı kullanılmıştır.

Erozyona sürekli maruz kalan bireylerde 6 ay içine 17,6 – 108,2 μm arasında mine kaybı gerçekleştiği rapor edilmiştir (Milosevic ve ark 1997). Erozyonun dış kaynaklı faktörlerinden olan asidik içeceklerin diş yapısını demineralize etme potansiyellerini azaltmak için içeceklerin modifiye edilmesi önerilmiştir (Sorvari ve ark 1988, Sorvari 1989, Larsen ve Nyvad 1999, Hughes ve ark 2002). Bu amaçla asidik içecek ve muadilleri içerisine kalsiyum, fosfat, florid, nano-hidroksiapatit, magnezyum, demir, CPP-ACP ve gıda proteinleri (kazein, ovalbumin) ilave edilerek

asidik ajanın eroziv potansiyeli azaltılmaya çalışılmıştır (Sorvari ve ark 1988, Lee ve ark 2007, Magalhães ve ark 2009, Hemingway ve ark 2010, Manton ve ark 2010).

Bu çalışmada sitrik asidin eroziv potansiyelini azaltmak amacıyla 0,047mmol/L ve 0,071mmol/L oranında NaF, %0,05 ve %0,1 oranında nano-HA ve %0,2 ve %0,02 oranında kazein sitrik asit içerisine ilave edilmiştir.

İçeceklerin ve muadillerinin mine yüzeyindeki etkilerini değerlendirmek için ağız ortamını taklit eden koşulların oluşturulması önem arz etmektedir. Fakat ağız ortamını tam anlamıyla taklit eden bir model geliştirmek oldukça zordur. Çünkü ağız ortamında tükürüğün akış hızı, elektrolit bileşimi, tamponlama kapasitesi ve protein içeriği, yanak, dudak ve dil hareketi, dişlerin ve yumuşak dokuların anatomileri gibi erozyonu etkileyen birçok parametre vardır (Millward ve ark 1997,Addy ve Shellis 2006). Bu parametrelerin hepsinin in vitro bir çalışmada bir araya getirilmesi oldukça zordur.

Erozyonun in vitro değerlendirmesi için çeşitli döngü modelleri kullanılmıştır. Magalhães ve ark (2009) gazlı içecekleri iyonlarla destekledikleri çalışmalarında 1 günlük bir döngü modeli kullanmışlardır. Bir günlük olan bu döngüde örnekler 1 dakika modifiye edilmiş içeceklerde, 59 dakika yapay tükürük içerisinde bekletilmiş ve bu döngü 6 kez tekrarlanmıştır. Döngüden sonra örnekler 18 saat yapay tükürük içerisinde bekletilmiştir. Bu döngü de asidik içecekle erozyon, yapay tükürükle remineralizasyon sağlanarak ağız ortamı taklit edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma mevcut çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Fakat bizim çalışmamızdaki döngü süresi daha uzundur (10dakika-3 döngü-3 gün). Toplamda 6 dakika süreyle asidik içeceğe maruz kalan bir mine yüzeyinde ancak başlangıç erozyonu oluşabilir. Magalhães ve ark (2009) çalışma sonuçlarında görüldüğü üzere mine kaybı çok düşüktür (< 1 μm). Böyle başlangıç seviyesindeki erozyonlarda profilometreden ziyade mikrosertlik testi kullanılsa daha güvenilir sonuçlar elde edilebilirdi.

von Fraunhofer ve Rogers (2004) çalışmalarında piyasadaki içeceklerden hangisinin daha eroziv olduğunu belirlemek için dişleri 14 gün boyunca asidik içeceklerde bekletmişler ve bu 14 günlük süreyi 13 yıl boyunca içeceğin tüketilmesine denk tutmuşlardır. Bu metod uzun dönemde hangi içeceğin daha şiddetli erozyon oluşturabileceğini gösterebilirken ağız ortamını taklit eden bir metod

değildir. Çünkü ağız ortamında tükürüğün eroziv bir ajanın dilüe edilmesi ve ağızdan uzaklaştırılması, asidin nötralize edilmesi ve tamponlanması ve kalsiyum ve fosfat sayesinde minenin çözünme oranını düşürmesi gibi birçok koruyucu etkisi vardır (Zero ve Lussi 2000). Bireyler asidik içecekleri devamlı olarak ağızlarında tutamazlar. Bu durumu biraz olsun elimine etmek için çalışmamızda örnekler aralıklarla eroziv solüsyonlara koyuldu ve döngü aralarında yapay tükürük içerisinde bekletildi. Erozyon döngüsü içerisinde aside maruz kalınan toplam süre 90 dakikadır. von Fraunhofer ve Rogers (2004)'in döngü süresi referans alınırsa 90 dakikalık süre, günde 700gram içecek tüketen biri için yaklaşık 22 günlük bir süreyi temsil edebilir. Çalışmamızın sonuçları değerlendirildiğinde bu 90 dakikalık süre bile ciddi bir eroziv aşınmaya sebep olmuştur. Döngünün daha uzun olması çok daha fazla aşınmanın meydana gelmesine sebep olabilir iken daha az olması profilometre ile ölçüm yapmayı zorlaştıracak kadar az bir eroziv aşınma ile sonuçlanabilirdi.

İn vitro ortamda tam anlamıyla ağız ortamını taklit eden bir erozyon döngüsü geliştirmek zor olsa da, bu çalışmada oluşturulan erozyon döngü modeli bütün gruplarda aynı şekilde uygulandığı için, deney gruplarının birbirlerine göre üstünlükleri konusunda bilgi sahibi olmamızı sağladığı göz ardı edilmemelidir.

Bu çalışmada birçok asidik içecekte (sporcu içeceği, bazı gazlı içecekler, portakal suyu, limon suyu, greyfurt suyu, elma suyu vs.) bulunan ve dental erozyonla ilişkisi fosforik asit ve hidroklorik aside göre çok daha güçlü olan sitrik asit (Meurman ve ark 1990, West ve ark 2001) kullanılmıştır.

Sitrik asidin eroziv etkisini azaltmak için 0,047 ve 0,071mmol/L konsantrasyonlarda ilave edilen NaF erozyon döngüsünden sonra yüzeyde aşınmayı tam anlamıyla önleyememiş görünse de modifiye edilmemiş sitrik asit çözeltisinin mine yüzeyinde meydana getirdiği doku kaybından daha az bir doku kaybı meydana getirmiştir. Sitrik asit içerisine düşük konsantrasyonlarda NaF ilave etmek daha fazla eroziv aşınmanın oluşmasını engelleyebilir. Negatif kontrol grubunun 0,071mmol/L'lik NaF solüsyonuyla arasında istatistiksel olarak fark yok iken daha düşük konsantrasyondaki NaF solüsyonuyla arasındada fark bulunmuştur. Her iki NaF konsantrasyonu arasında eroziv aşınmayı önleme açısından bir fark bulunamasa da NaF konsantrasyonu artırıldığında eroziv aşınma daha az olmaktadır.

Attin ve ark (2003) sitrik asit içerisine kalsiyum, fosfat ve florid ilave ettikleri çalışmalarında düşük konsantrasyonlarda kalsiyum, fosfat ve floridin tek başına ilavesinden ziyade beraber ilave edilmesinin sitrik asidin eroziv potansiyelini azalttığını rapor etmişlerdir. Attin ve arkadaşlarının (2003) kullandıkları en yüksek florid konsantrasyonu 0,047 mmol/L'dir. Bu konsantrasyondaki florid solüsyonunun eroziv aşınmayı tam anlamıyla önleyemediği ancak yüzey sertliğindeki değişmenin kontrol grubuna göre daha az olduğu sonucuna varmışlardır. Sonuçlar çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

Düşük çözünürlüğe sahip florid minerali, mine yüzeyinde birikerek yüzeydeki pöröz boşlukları doldurmaktadır. Çalışmamızda erozyona uğratılmış mine yüzeyi kullanılmıştır. SEM bulguları incelendiğinde F2 grubunda yüzeydeki apatit kristallerinin yoğunluğunun negatif kontrol ve F1 grubundan daha fazla olduğu ve rod yapılarının kaybolduğu görülmektedir (Resim 3.10). Ortamda florid varlığında mine yapısındaki hidroksil iyonları ile flor iyonu yer değiştirerek asitlere karşı daha dayanıklı bir yapı olan florapatit meydana gelmektedir (Thylstrup ve ark 1979, Chow 1990, Keleş ve Toroğlu 2010). F2 grubunda erozyona uğratılmış mine yüzeyindeki pöröz boşlukların florapatit oluşumu ile dolduğu söylenebilir. EDS analizleri bu bulguyu destekler niteliktedir. F2 grubunun mine yüzeyinde %9,50 oranında florid elementine rastlanmıştır ve bu oran F1 grubundan daha fazladır (Şekil 3.11).

Sitrik asit yerine içeceklerin kendilerinin kullanıldığı in vitro bir çalışmanın sonucuna göre düşük konsantrasyonlu kalsiyum, fosfat ve florid ilave edilen asidik içeceklerin modifikasyonunun, içeceğin eroziv potansiyelini azaltabileceği bulunmuştur (Attin ve ark 2005). Bir içecek veya gıdanın pH değeri, kalsiyum, fosfat ve florid içeriği, dişteki minerale göre onun doygunluk derecesini belirler (Lussi ve Jaeggi 2008). Bu çalışmalarla benzer sonuçların bulunduğu çalışmamızda sitrik asidin iki farklı NaF konsantrasyonu ile modifiye edilmesinin erozyonu tam anlamıyla önleyemediği ancak azalttığı görüldü.

Sitrik asitin ($C_3H_5O(COOH)_3$) molekül başına 3 karboksil grubu vardır ve bu karboksil grupları minenin kalsiyumuna bağlanıp şelasyon oluşturarak dental erozyona sebep olabilir (Meurman ve ten Cate 1996,Featherstone ve Lussi 2006). Karboksil grubunun minedeki kalsiyum değil de başka bir kalsiyumla bağlanması sağlanabilir ve sitrik asidin mineye göre doygunluk derecesi artırılabilirse sitrik

asidin eroziv özelliği azaltılabilir. Bu amaçla çalışamanın bir bölümünde Min ve ark (2011) çalışmalarına paralel olarak sitrik asit içerisine konsantrasyonları %0,05 ve %0,10 olacak şekilde Nano- HA ilave edildi.

Çalışmamızın sonuçlarına göre %0,05 ve %0,10'luk nano-HA gruplarında deneysel erozyon ve erozyon döngüsü sonucu meydana gelen eroziv aşınmalar arasında fark bulundu. Deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyinin, %0,05 ve %0,10'luk oranlarda nano-HA ilave edilmiş sitrik asit ile muamelesinin yüzeydeki mine kaybını azalttığı görüldü. Gruplar arası değerlendirmede ise %0,05'lik nano-HA grubu ile pozitif kontrol grubu benzer bulunurken %0,10'luk nano-HA grubu hem pozitif kontrol hem de HA1 grubuna göre erozyonu azaltmada daha iyi bulundu. SEM görüntüleri incelendiğinde ise HA2 grubunun mine yüzeyinde yoğun amorf bir yapının oluştuğu görülmektedir. Erozyon sonucu yüzeyde oluşan pürüzlü yapı HA2 grubunda gözlenmemiştir.

Nano-HA çözeltisinin konsantrasyonunun artmasının erozyonu daha da azalttığı görülmektedir. EDS analizi bulgularında HA1 grubunda hem kontrol mine yüzeyine hem de deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyine göre Ca konsantrasyonu düşük bulunurken, HA2 grubunda bunun tam tersi bir durum söz konusudur. HA1 grubu solüsyonunda mineye geçecek yeterli kalsiyum iyonunun olmadığı, HA2 grubunda ise hem sitrik asit ile şelasyon yapacak hem de mineye göre doygunluğu sağlayacak kadar kalsiyum ve fosfat iyonu olduğu söylenebilir. Güçlü eroziv özelliği bulunan sitrik asit içerisine ilave edilen nano-HA ile, sitrik asidin nano-HA içerisindeki kalsiyum iyonları ile şelasyon yaptığı ayrıca bu solüsyonların mineye göre daha doygun hale geldiği böylelikle erozyonu önlediği düşünülebilir.

Min ve ark'nın (2011) sitrik asit ihtiva eden Powerade isimli sporcu içeceğine nano-HA ilave ettikleri çalışmanın sonuçlarına göre, nano-HA konsantrasyonunun artması ile içeceğin eroziv potansiyelinin azaldığı görülmüştür. Konsantrasyonu %0,05 olan grupta yüzey sertliğindeki azalma %0,10 ve %0,25 olan gruplara göre daha fazla bulunmuştur. Bizim çalışmamızın sonuçları bu çalışmanın sonuçlarını destekler niteliktedir (Min ve ark 2011). Min ve ark'nın (2011) çalışmasında en zayıf halka olan %0,05'lik nano-HA grubu, bizim çalışmamızda da deney grupları arasında eroziv aşınmanın en fazla olduğu grup olarak bulundu. Nano- HA'ten salınan kalsiyum, fosfat ve hidroksil iyonları ile sitrik asitin pH ve

mineye göre doygunluğunun arttığı ve sitrik asidin karboksil grubu ile minenin kalsiyumunun şelasyonunun biraz olsun önlendiği söylenebilir. Aşınmanın tam anlamıyla elimine edilmesi için nano-HA konsantrasyonunun %0,1'den daha fazla olması gerekmektedir. Bunun için ilave çalışmalar planlanabilir.

Lee ve ark (2007) da yine Powerade içeceğine %0,05, %0,25 ve % 0,5 oranlarında nano-HA ilave etmişler ve yüzey sertliğindeki değişikliğe bakarak içeceğin remineralizasyon potansiyelini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre Powerade'e ilave edilen çeşitli konsantrasyonlardaki nano-HA'nın içeceğin eroziv potansiyelini azaltacağı ve mine remineralizasyonunu destekleyebileceği sonucuna varılmıştır (Lee ve ark 2007).

Yine bir çalışmada diş macununa ilave edilen nano-HA'in yapay çürüğün sertliğini ve remineralizasyonunu arttırdığı görülmüştür. Nano-HA'nın erozyon üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalarda remineralizasyon olup olmadığını belirlemek için çoğunlukla polarize ışık mikroskobu, Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop ve mikrosertlik testi kullanılmıştır (Lee ve ark 2007, Huang ve ark 2010, Min ve ark 2011). Bu çalışmalara destek olarak bu çalışmada erozyon derinliğinin ve remineralizasyonun kantitatif değerlendirilmesi için profilometre cihazından faydalanılmıştır.

Hemingway ve ark.'ın (2010) yaptıkları in vitro çalışmada süt proteini olan kazein ve yumurta proteini olan ovalbumin %0,2'lik konsantrasyon olacak şekilde farklı pH'larda farklı asitlere ilave edilmiş. Non-contact profilometre ile başlangıç ve son aşınma miktarı ölçülerek erozyon miktarı belirlenmiş (Hemingway ve ark 2010). Bu çalışmanın sonuçlarına göre basit asit solüsyonlarına ve piyasada bulunan gazlı içeceklere kazein ve ovalbumin ilave edilmesi in vitro ortamda tükürük pelikılının varlığında mine erozyonunu anlamlı bir şekilde azalttığı görülmüştür. Bu sonuçlar kazein ve daha az ölçüde ovalbuminin eroziv potansiyelin azaltılması amacıyla gazlı içeceklerin formülasyonuna katılabileceğini göstermiştir (Hemingway ve ark 2010).

Hemingway ve ark (2010) çalışmalarına ilave olarak çalışmamızda kazein, konsantrasyonu düşürülerek sitrik asit çözeltisine ilave edildi. Sonuçlar hem %0,2 ve %0,02'lik konsantrasyonlarda modifiye edilen sitrik asitin diğer gruplara göre erozyonu ciddi anlamda önlediğini gösterdi. SEM görüntülerine bakıldığında yüzeyi

kaplayan yaklaşık 5µm kalınlığında amorf bir katmanın varlığı dikkat çekmektedir (Resim 3.16 ve 3.18). Bu katman kazeinin yüzeyde birikmesiyle oluşmuş bir bariyer olarak nitelendirilebilir. EDS analizinde yüzeyde % 4,51 ve %4,73 oranlarında azot elementine rastlanmıştır (Şekil 3.14 ve 3.15). Azotun varlığı göz önünde bulundurulursa, kazeinin yüzeyde birikip eroziv saldırılara karşı bir bariyer görevi gördüğü düşünülebilir. Bu bariyer sayesinde eroziv ataklar engellenmiş ve oluşmuş eroziv hasar yapay tükürük ile tamir edilmiştir. Yapay tükürüğün minenin remineralizasyonuna yardım eden potasyum klorid, magnezyum klorid, kalsiyum klorid, dipotasyum hidrojen fosfat (potasyum fosfat dibazik) potasyum dihidrojen fosfat bileşiklerini içerdiği bilinmektedir (Panich ve Poolthong 2009). Ayrıca kazein solüsyonlarının pH'larının yüksek olması erozyonu engellemeye yardımcı olmuş olabilir. de Carvalho Sales-Peres ve ark (2007) çalışmalarının sonucuna göre pH'nın kullandıkları içeceklerin eroziv potansiyelini belirlemede daha etkili olduğunu görmüşlerdir.

Kazeinin hidroksiapatit çözünürlüğü üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmanın sonuçlarına göre %0,02'lik kazeinin, pH'sı bazı gazlı içeceklere benzer olan sitrik asit çözeltisine ilave edilmesi ile hidroksi apatit çözünürlüğünün yaklaşık olarak %50-60 oranında azaldığı görülmüştür. (Barbour ve ark 2008). Bizim çalışmamızda kazein ilave edilen gruplarda erozyon azaltılmayıp durdurulmuş hatta yüzeyde remineralizasyon sağlanmıştır. Bu durum çalışmamızda kullanılan çözeltilerin pH'larının Barbour ve ark (2008) kullandıkları çözeltilerin pH'larından farklı olmasıyla açıklanabilir.

Kazeinin bir modifikasyonu olan CPP-ACP'nin hidroksiapatitin çözünülüğü üzerine etkileri birçok çalışmada incelenmiştir (Keleş ve Toroğlu 2010) (Wegehaupt ve Attin 2010). Mine yüzeyindeki beyaz lezyonların "CPP-ACP" ile remineralizasyonu sonrası braket bağlanma dayanımlarının incelendiği doktora tezininin sonuçlarına göre SEM görüntüleri CPP-ACP'ın yüksek oranda remineralizasyon kapasitesinin olduğunu göstermiştir (Keleş ve Toroğlu 2010). CPP-ACP kullanılarak remineralize edilmiş mine yüzeylerine yapıştırılan braketlerin bağlanma dayanımlarında kontrol grubuna kıyasla herhangi bir fark bulunmamıştır. CPP-ACP kullanılarak remineralize edilmiş mine yüzeyinin asit ataklara olan direncinin incelendiği gruptan elde edilen SEM görüntüleri ise, remineralize olmuş

mine yüzeyinin normal mine yüzeyine kıyasla asit ataklara karşı daha dirençli olduğunu göstermektedir (Keleş ve Toroğlu 2010).

Wegehaupt ve Attin'in yaptıkları in vitro bir çalışmanın sonuçlarına göre, dişlerin sık sık HCl'ye maruz kalmak ve diş fırçalama nedeniyle oluşan eroziv/abraziv diş aşınması, günlük olarak flor jellerinin florid içeriğine bakılmaksızın uygulanmasıyla belirgin şekilde azaltılabilir. CPP-ACP içeren kremlerin günlük tek sefer uygulanması ise daha az etkili bulunmuştur (Wegehaupt ve Attin 2010).

Kazein ile CPP-ACP'nin etki mekanizması farklıdır. Kazein, yüzeyde absorbe edilerek hidroksiapatitin çözünmesiyle salınan kalsiyum ve fosfat iyonları ile stabilize edilerek ve yüzeyden iyonların ayrılmasını engelleyerek etki göstermektedir (Barbour ve ark 2008). CPP-ACP ise düşük pH varlığında kalsiyum ve fosfat oluşturmak için ayrışarak bir kalsiyum ve fosfat rezervuarı gibi rol oynar ve demineralizasyonu azaltır (Ramalingam ve ark 2005). İleriki çalışmalarda asidik içeceklere kazein mi yoksa CPP-ACP'nin mi ilave edilmesinin daha etkili olduğu değerlendirilebilir. (Absi ve ark 1992) (Attin ve ark 2005), (Brunton ve ark 2000)

Sporcu içeceği Powerade'in insan minesi üzerinde erozyon oluşturduğu ve sporcu içeceğine %0,125 CPP-ACP ilave edilmesinin içeceğin rengini, berraklığını ve tadını değiştirmediği sonucuna varılmıştır (Ramalingam ve ark 2005). Ancak CPP-ACP konsantrasyonunun artması eroziv potansiyeli azaltmıştır. Bunun modifiye edilen sporcu içeceğinin pH'sının artması ve asit titresinin azalmasıyla ilgili olduğu düşünülmüştür (Ramalingam ve ark 2005).

Çalışmada kullanılan BisCover LV ve OptiGuard mikrosızıntı ve sekonder çürük oluşumunu, dolgunun renklenmesini önlemek için kullanılan yüzey örtücü materyallerdir. Rezin infiltrant materyali olan Icon Smooth Surface ise vestibül yüzeylerdeki başlangıç çürüklerinin tedavisinde kullanılmaktadır. Bizim çalışmamızda bu materyaller endikasyon alanının dışına çıkılarak erozyon üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla kullanıldı.

Çalışmamızın sonuçları bu materyallerin kullanım alanlarına ilave olarak erozyonu önlemek amacıyla da kullanılabileceğini gösterdi. Rezin materyallerinin bu

başarısı yüzeydeki aşınmayı durdurmanın yanında kaybolan dokunun yerini telafi etmesine de bağlanabilir.

Dentinin adeziv sistemler uygulanarak erozyondan korunması ile ilgili yapılmış birçok çalışma vardır ve bu çalışmalar adeziv sistemlerin dentin yüzeyini eroziv ataklara karşı koruduğunu göstermiştir (Brunton ve ark 2000, Sundaram ve ark 2007b, Kaneshiro ve ark 2008). Fakat mine üzerine böyle çalışmalar neredeyse yoktur. Kitchens ve Owens (2007) mine yüzeyine uyguladıkları florid içeren verniğin eroziv içeceklerle oluşan erozyona karşı koruyucu bir etkisinin olmadığını görmüşlerdir. Örnek sayılarının az olması nedeniyle bu sonucu elde ettiklerini dile getirmişlerdir. Florid içeren vernikler mine yüzeyine yapışarak florid ile mine yüzeyi arasındaki temas süresini uzatırlar ve uygulamanın hemen sonrasında oluşan florid kaybını engelleyerek yavaş ve uzun sürede florid salan rezervuarlar olarak görev yaparlar. Bazı verniklerin demineralize kök dentinine penetre olduğu rapor edilmiştir. Fakat mine yüzeyine bağlantı rezin uzantılarıyla olmaktadır. Bunun içinde mine yüzeyinin pürüzlendirilmesi gerekmektedir. Kitchens ve Owens (2007)'ın çalışmalarında florid içeren verniğin mine yüzeyine asidik içeceklerin eroziv potansiyellerinden koruyamamasının nedenlerinden biri de bu olabilir.

Çalışmamızda kullanılan rezin bazlı yüzey örtücü materyallerden BisCover LV ile OptiGuard arasında istatistiksel açıdan bir fark bulunmadı. Her iki materyal asit uygulanıp mine yüzeyi daha pürüzlü hale getirildikten sonra uygulanmıştır. Mine yüzeyinin pürüzlendirilmesiyle yüzeydeki serbest enerji artar ve rezin bazlı materyal kapiller etki ile yüzey içine penetre olur. Rezin içindeki monomerlerin polimerizasyonuyla rezinin mine yüzeyi ile bağlanması sağlanır. Rezin-mine bağlanmasının temel mekanizması mine yüzeyinde rezin mikrotaglarının oluşmasına dayanmaktadır (Roberson ve ark 2011). BC ve OG'nin erozyon döngüsü sonrasında mine yüzeyinde eroziv aşınmanın önüne geçmesinin yanında yüzeyde hala rezin bulunması bu iki rezinin sitrik aside karşı mine yüzeyinde bir bariyer oluşturduğunu göstermektedir. SEM görüntüleri bu bulguyu desteklemektedir (Resim 3.20 ve Resim 3.23) fakat OP'nin hem yüzey hem de arayüzey görüntüleri incelenecek olursa erozyon döngüsünden sonra rezinin pürüzlülüğünün arttığı ve mine yüzeyiyle olan bağlantısının iyi olduğu görülmektedir (Resim 3.23 ve Resim 3.24). BC'nin SEM görüntüleri incelendiğinde ise mine yüzeyi ile bağlantısının iyi olduğu görülmektedir.

Rezin tag yapılarının varlığı ve rezin ile mine arasında herhangi bir açıklığın bulunmaması iyi bir rezin-mine bağlantısının kanıtıdır (Resim 3.22). Erozyon döngüsünden sonra rezin yüzeyinde çok fazla değişiklik olmaması ve yüzeyde hala rezinin bulunması BC 'nin sitrik aside karşı dirençli olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda en iyi performansı gösteren Icon Smooth Surface ise başlangıç çürüklerinin tedavisinde kullanılan bir rezin infiltrasyon materyalidir (Yang ve ark., 2010). Icon uygulaması başlangıç çürüklerinin genişlemiş interkristalin boşluklarının rezin ile doldurulması esasına dayanmaktadır. Erozyonda parsiyel demineralize bölge olan yumuşama bölgesinin rezin ile doldurulmasının erozyonun durdurulmasında faydalı olabileceği düşüncesiyle Icon kullanılmıştır. Icon çalışmamızda hem erozyonu durdurmuş hemde yüzeyde yaklaşık 50μm kalınlığıda rezin tabakası oluşturmuştur. SEM görüntüsü incelendiğinde erozyon döngüsünden sonra Icon'nun yüzeyinin deformasyona uğradığı ve pürüzlülüğün arttığı görülmektedir (Resim 3.25a,b). Yüzeydeki bu deformasyon ya yapay tükürük ya da sitrik asit nedeniyle oluşmuş olabilir. Ara yüz görüntüsünde ise Icon'nun mineyle olan sıkı bağlantısı dikkat çekmektedir. Fakat Icon'un uygulama prosedüründe 2 dk asit uygulaması olduğu için yüzeydeki yumuşama bölgesinin asit uygulanmasıyla kaybolduğu ve bağlanmanın makrotag yapılarla sağlandığı görülmektedir (Resim 3.26).

4.3. Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi

Minenin asitlenerek pürüzlendirilmesi sonucunda üç farklı yüzey modeli meydana gelmektedir. Bunlardan Tip I asitleme modelinde prizmaların merkezinde çözünme meydana gelir. Tip II'de ise prizmaların periferinde çözünme meydana gelirken Tip III asitleme modelinde diğer iki tipe benzeyen fakat prizma morfolojisine benzemeyen bir görüntü meydana gelir (Roberson ve ark 2011). Minenin asitlenmesi sonrasında yüzey pürüzlü bir hal alır ve yüzey enerjisi artar. Çalışmamızda mine yüzeyinin 36°C'de 1 saat boyunca %1'lik sitrik asit çözeltisine (pH 3,2) maruz bırakılarak deneysel erozyon oluşturulmasıyla yüzeyde Tip II asitleme modeli meydana gelmiştir. Bu da yüzeyin pürüzlendiğini ve R_a değerinin arttığını göstermektedir.

Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi R_a parametresinin hesaplanmasına dayanmaktadır. Diş hekimliğinde pürüzlülük ölçümü için en yaygın kullanılan cihaz

profilometre cihazıdır. Birçok asidik içeceğin mine yüzey yapısını pürüzlendirdiği daha önceki çalışmalarla rapor edilmiştir (Kitchens ve Owens 2007, Fujii ve ark 2011). Çalışmamızda birçok içecekte bulunan ve güçlü eroziv etkisi olan sitrik asit ile deneysel erozyon oluşturularak mine yüzeyi pürüzlendirildi. Daha sonra bu pürüzlendirilmiş mine yüzeyinin, çeşitli preparatlarla modifiye edilmiş sitrik asit ile muamelesi sonucunda yüzey pürüzlülüğünde nasıl bir değişme meydana geldiği profilometre cihazı kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyine uygulanan rezin materyallerin erozyon döngüsünden sonra eroziv mineye göre pürüzlülüğünün kıyaslanması yine profilometre cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Bu çalışmamızın sonucunda erozyon döngüsünden sonra deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyinde pürüzlülüğün azaldığı tek grubun negatif kontrol grubu olduğu bulunmuştur. Fakat sitrik asidin modifiye edildiği gruplardan HA2 ve K1 grupları ile rezin grubundan BC grubunun negatif kontrol grubu ile arasında fark bulunmamıştır.

Distile suyun mine yüzeyinde eroziv etkisinin çok az olması pH'sının 7,0'a yakın olmasıyla açıklanabilir. Döngüler arasında örnekler yapay tükürük içerisinde bekletildiği için, yapay tükürükten gelen iyonlarla negatif kontrol grubunda remineralizasyon gerçekleşmiş, bunun neticesinde de yüzey pürüzlüğü azalmış olabilir. Çünkü yapay tükürüğün remineralizasyon potansiyelinin varlığı daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir (Gelhard ve ark 1983, Attin ve ark 2000). SEM görüntüsüne bakıldığında negatif kontrol grubunda hidroksiapatit kristallerinin belirginleştiği ve demineralize olan interprizmatik alanların dolduğu görülmektedir (Resim 3.6). EDS analizinde başlangıç erozyonu oluşturulmuş mine yüzeyine göre Ca, P, Cl ve Na elementlerinin yüzdelerinin artması remineralizasyonun bir sonucudur (Resim 3.9).

HA2 grubunda pürüzlülük artmış olsa da negatif kontrol grubuyla aralarında fark bulunmamıştır. Bunun yanında HA2 grubunun OG ve Icon grubu hariç diğer gruplarla da arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamıştır. SEM görüntüleri incelendiğinde HA2 grubunun yüzeyinde düzgün ve yoğun bir katman oluştuğu görülmektedir. EDS analizinde de görüldüğü üzere nano-HA tozunun kalsiyum ve fosfor yüzdesi oldukça yüksektir. HA2 solüsyonunda nano-HA konsantrasyonunun

daha yüksek olması sitrik asit solüsyonunun diş minesine göre doygunluk derecesini artırıp, HA2 solüsyonundan mine yüzeyine kalsiyum ve fosfat iyonlarının geçişine neden olmuş olabilir. Erozyona uğratılmış mine yüzeyinde kaybolan kalsiyum ve fosfat iyonlarının yerine gelmesi ile yüzey pürüzlüğünün azaldığı söylenebilir. AFM görüntüleri de bu bulguyu desteklemektedir. HA2 grubunun yüzey pürüzlülüğünün negatif kontrol grubuyla benzediği görülmektedir (Resim 3.29).

K1 ve K2 gruplarının HA2 grubunda olduğu gibi OG ve Icon grubu hariç diğer gruplarla arasında istatistiksel açıdan fark bulunmadı. R_a değerleri incelendiğinde K1ve K2 gruplarında pürüzlülüğün neredeyse değişmediği görülmektedir. SEM görüntülerinde yüzeyde bir madde birikiminin olduğu ve yüzeyin düzleştiği dikkat çekmektedir. Yüzeydeki bu madde birikiminin pürüzlülük üzerinde etkisi olduğu düşünülebilir. Ayrıca kazein yüzeyde absorbe edilerek kalsiyum ve fosfatın yüzeyden ayrılmasını engellediği bilinmektedir. Bu yüzden kazein gruplarında pürüzlülüğün değişmediği düşünülebilir. AFM görüntülerinde her iki grubun negatif kontrol grubuna göre daha pürüzlü olduğu görülmektedir. Pozitif kontrol grubunun pürüzlülüğü K1 grubu ile benzese de K2 grubu pozitif kontrol grubu ve K1 grubuna göre daha az pürüzlü görünmektedir (Resim 3.30).

Rezin grupları arasında deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyine göre pürüzlülük değişiminin en az olduğu grup BC grubu olarak görülmüştür. SEM görüntüleri incelendiğinde erozyon döngüsünden sonra BC ve Icon'un yüzey pürüzlülüğünde çok fazla değişim olmadığı görülmektedir (Resim 3.20a,b ve Resim 3.25a,b). OG grubunda ise yüzey yapısının değiştiği ve yüzeyin pürüzlendiği görülmektedir (Resim 3.23a,b). AFM görüntüleri değerlendirilecek olursa deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyi OG ve Icon ile kaplandığında erozyon önlenmiş olsa da yüzey pürüzlülüğü artmaktadır (Resim 3.31d,e). Bu yüzden bu materyaller uygulandıktan sonra yüzeyin en ince grenli polisaj diskleri ile polisajlanması pürüzlülüğü azaltmakta faydalı olabilir. Ancak BC ile kaplandığında pürüzlüğün erozyon döngüsünden sonra çok fazla değişmediği, yüzeyin negatif kontrol grubuna göre daha pürüzsüz olduğu görülmektedir (Resim 3.31c).

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada pH'sı 3,2 olan %1'lik sitrik asit solüsyonunun NaF, nano-hidroksiapatit ve kazein ile modifiye edilmesinin deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyinde erozyonu azaltıcı, durdurucu ya da iyileştirici bir etkisinin olup olmadığı incelenmiştir. Ayrıca deneysel erozyon oluşturulmuş mine yüzeyinin farklı rezinlerle kaplanmasının erozyonu önleyip önlemediği test edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre;

Sitrik asidin modifiye edilmesi titrasyon asitliği değerini azaltmaktadır. Sitrik asidin farklı preparatlarla farklı konsantrasyonlarda modifiye edilmesi titrasyon asitliği değerinin farklı olmasına sebep olmaktadır. En yüksek titrasyon asitliği değerine pozitif kontrol grubu olan % 1'lik sitrik asit solüsyonunda rastlanırken en düşük titrasyon asitliği değeri %0,2'lik kazein solüsyonunda görüldü.

Sitrik asit modifikasyonunun eroziv aşınma üzerine etkisi değerlendirildiğinde gruplar arasında fark bulunmuştur. Sitrik asidin içerisine flor ilave etmek eroziv aşınmayı azaltmıştr.

Nano-hidroksiapatitin %0,05'lik konsantrasyonu erozyonu azaltmada yeterli bulunmamıştır. Ancak nano-hidroksiapatitin konsantrasyonu artırıldığında %0,1 eroziv aşınma yaklaşık %60 oranında azalmaktadır. Nano-hidroksiapatitin daha yüksek konsantrasyonları ile erozyonun tamamen durdurulmasının mümkün olup olmadığının ileri çalışmalar ile test edilmesi gerekir. Ancak konsantrasyonun artmasının içeceğin tadı üzerine olumsuz etkileri olabileceği göz ardı edilmemelidir.

Sitrik asidin kazein ile modifikasyonu erozyonu önlediği gibi doku kazanımı da sağlamıştır. Her iki kazein solüsyonunun erozyonu önlemedeki başarısı benzerdir. Daha düşük konsantrasyonlarda da benzer şekilde doku kazanımı elde edilip edilemeyeceği ileri çalışmalarda test edilmelidir.

Sitrik asidin modifiye edildiği gruplarda erozyon döngüsünden sonra pürüzlülük en çok 0,047mmol/L flor içeren sitrik asit grubunda artmıştır. Kazein gruplarında pürüzlülük neredeyse değişmemiştir. Fakat erozyon çeşitli şekillerde iyileşse dahi orijinal mine-rod dizilimi olmamakta ve amorf bir mine dokusu kazanımı ortaya çıkmaktadır.

Diş yüzeyinin rezin materyaller ile kaplanması eroziv aşınmayı önlemektedir. Rezin materyaller arasında en iyi performansı gösteren Icon Smooth Surface erozyonu önlediği gibi yüzeyde yaklaşık 70 μm'lik bir kalınlık meydana getirmiştir. Rezin materyallerin yüzey pürüzlülükleri incelendiğinde bütün rezin gruplarında pürüzlülük artarken Icon grubunda pürüzlülüğün daha fazla arttığı görülmektedir. Bu yüzden rezin materyaller uygulandıktan sonra yüzeyin en ince grenli polisaj diskleri ile polisajlanması pürüzlülüğü azaltmakta faydalı olabilir.

Bu in vitro çalışmanın sınırları içerisinde sitrik asidin modifiye edilmesinin eroziv etkiyi azaltıcı ya da ortadan kaldırıcı bir fonksiyon görmesi ileriki çalışmalara ışık tutabileceği gibi, piyasadaki ürünlerin benzer şekilde modifiye edilmesiyle non-eroziv ürünlerin üretilmesine de destek olabilir.

Erozyonla mücadelede içeceklerin modifiye edilmesinin yanında mine yüzeyinin rezin ile kaplanması erozyonu önlemektedir. Bu amaçla BisCover LV, OptiGuard ve Icon Smooth Surface'in kullanım endikasyonlarına erozyonun önlenmesi de dahil edilebilir. Fakat bu malzemeler uygulandıktan sonra yüzeyin en ince grenli polisaj diskleri ile polisajlanması faydalı olacaktır.

6. ÖZET

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mine Yüzeyinin Farklı Rezinlerle Kaplanması ve Sitrik Asidin Flor, Nano-Hidroksiapatit ve Kazein İle Modifiye Edilmesi İşlemlerinin Dental Erozyonu Önlemedeki Etkinliklerinin İncelenmesi

Ayşe DÜNDAR

Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı

DOKTORA TEZİ / KONYA-2012

Eroziv içeceklerin çeşitliliği ve yaygın şekilde tüketimi dental erozyonu önemli bir şekilde artırmaktadır. Bununla birlikte, bu içeceklerin eroziv potansiyellerini azaltmak ve dişleri erozyona karşı güçlendirmek insanları dental erozyondan korumada yardımcı olabilir.

Bu çalışmanın amacı, sitrik asit modifikasyonunun (florid, nano-hidroksiapatit ve kazein ile) ve mine yüzeyinin rezin kaplanmasının dental erozyonun önlenmesi ve iyileştirilmesi üzerine etkinliğinin incelenmesidir.

Bu çalışmada, %1'lik sitrik asit solüsyonu (pH 3,2) NaF, nano-hidroksiapatit ve kazeinin iki farklı konsantrasyonu ile modifiye edilmiştir. Her bir test solüsyonunun pH 5,5 ve 7,0 için titrasyon asitliği değeri belirlendi. Rezin kaplama gruplarında deney materyalleri olarak BisCover LV, OptiGuard ve Icon Smooth Surface kullanıldı. Kökleri kronlarından ayrılan 165 adet sağlam sığıra ait alt keser diş akrilik rezine gömüldü ve 600, 800, 1000 ve 1200 gritlik zımpara ile parlatıldı. Bütün örnekler aside dayanıklı tırnak cilası ya da yapışkan bant ile pencere (3mmx4mm) oluşturulacak şekilde kapatıldı. Örneklerde in vitro ortamda pelikıl oluşturulduktan sonra, %1'lik sitrik asit (pH 3,2) ile 36 ° C'de 1 saat bekletilerek erozyona uğratıldı. Örnekler rastgele 11 gruba ayrıldı (n=15): Pozitif kontrol: 1% sitrik asit (pH 3,2), Negatif kontrol: Distile su , F1: 0,047mmol/L NaF içeren sitrik asit, F2: 0,071mmol/L NaF içeren sitrik asit, HA1: %0,05'lik nano-hidroksiapatit içeren sitrik asit, HA2: %0,1 nano-hidroksiapatit içeren sitrik asit, K1: %0,02 kazein içeren sitrik asit, K2: %0,2'lik kazein içeren sitrik asit, BC: BisCover LV uygulanan grup, OG: OptiGuard uygulanan grup, Icon: Icon Smooth Surface uygulanan grup. Erozyon döngüsü günde 3 defa 3 gün boyunca gerçekleştirildi. Her döngüde örnekler 10 mL kontrol ve modifiye solüsyonlarda (10 dakika) ve 10 mL yapay tükürük (60 dakika) içerisinde bekletildi. Tırnak cilası ve bant çıkarıldıktan sonra stylus profilometre, SEM, EDS ve AFM kullanılarak yüzey pürüzlülüğü, mine kaybı ve yüzey analizi değerlendirildi. Veriler eşleştirilmiş örneklerde t testi, Kruskal-Wallis ve Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U-testi ile analiz edildi. En yüksek mine kaybı pozitif kontrol ve HA1 solusyonlarında görüldü. F2, HA2, K1 ve K2 gruplarındaki eroziv aşınma negatif kontrol grubundan farklı bulunmadı ($p>0,05$). K1 ve K2 gruplarında erozyon durdurulduğu ve mine yüzeyinde bir miktar doku kazanımı olduğu görüldü. Rezin grupları arasında dental erozyonun önlenmesinde en iyi performansı Icon gösterdi ($p<0,05$). Yüzey pürüzlülüğü sadece negatif kontrol grubunda azaldı.

Sitrik asidin kazein ile modifikasyonu dental erozyon üzerinde diğer modifikasyonlarından daha etkili bulundu. Icon uygulaması dental erozyonun önlenmesinde en iyi metod olarak düşünülebilir. Eroziv mine iyileştirilse bile yüzey orijinal yapısına dönememektedir.

Anahtar sözcükler: Dental erozyon; florid; kazein; nano-hidroksiapatit; resin kaplama

7. SUMMARY

Evaluation of Effectiveness of Coating Enamel Surface With Different Resins and Modification of Citric Acid with Fluoride, Nano-Sized Hydroxyapatite and Casein on Prevention of Dental Erosion

The variety and widespread consumption of erosive drinks promotes dramatically the dental erosion. However, reducing the erosive potential of these drinks and strengthening the teeth against dental erosion could be helpful to protecting people from dental erosion.

The aim of this study was to evaluate the effectiveness of citric acid modification (with NaF, nano-sized hydroxyapatite and casein) and resin coating of enamel surface on protection or healing of dental erosion.

In this study, 1% citric acid (pH 3.2) was modified with two different concentrations of NaF, nano-sized hydroxyapatite and casein. Titratable acid to pH 5.5 and 7.0 were determined in each test solution. In resin coating groups BisCover LV, OptiGuard and Icon Smooth Surface were used as test materials. The crowns of sound extracted 165 bovine lower incisors separated from the roots were embedded with acrylic resin and polished with 600, 800, 1000 and 1200 grit paper. All the samples were covered with acid-resistant nail varnish or adhesive tape leaving only an exposed window (3mm x 4mm). After in vitro pellicle formation samples were eroded in citric acid for 1 hour at 36 ° C. Samples were divided into eleven groups (n=15): Positive control: 1% citric acid (pH 3.2), Negative control: Distilled water, F1: 1% citric acid with 0.047mmol/L NaF, F2: with 0.071mmol/L NaF, HA1: with 0.05% nano-sized hydroxyapatite, HA2: with 0.1% nano-sized hydroxyapatite. K1: with 0.2% casein, K2: with 0.02% casein, BC: BisCover LV, OG: OptiGuard, Icon: Icon Smooth Surface. Erosion cycling was performed 3 times daily for 3 days. In each cycle, the samples were immersed in 10 mL of control or modified solutions (10 min) and in10 mL of artificial saliva (60 min). After nail varnish and tape were removed, surface roughness, enamel loss and surface analyze were determined using stylus profilometer, SEM, EDS and AFM. The data were analyzed with Paired-sample t test, Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U-test with Bonferroni correction. Highest enamel losses were observed in the positive control and HA1 group. Erosive wears in F2, HA2, K1 and K2 groups were not significantly different from negative control ($p>0,05$). In K1 and K2 groups its shown that erosion were stopped and a little tissue recovery occurred on enamel surface. Amongst resin groups, Icon showed significantly the best performance on prevention of dental erosion ($p<0,05$). The surface roughness decreased in only negative control group.

Citric acid modification with casein was found more effective than the other modifications on dental erosion. Application of Icon was considered as best method on prevention of dental erosion. Even if the eroded enamel repairs, the surface could not be converted back to its original structure.

Key Words: Casein; dental erosion; fluoride; nano-sized hydroxyapatite; resin coating

8. KAYNAKLAR

1.Abrahamsen TC. The worn dentition--pathognomonic patterns of abrasion and erosion. Int Dent J. 2005;55:268-76.

2.Absi EG, Addy M, Adams D. Dentine hypersensitivity--the effect of toothbrushing and dietary compounds on dentine in vitro: an SEM study. J Oral Rehabil. 1992;19:101-10.

3.Addy M, Shellis RP. Interaction between attrition,abrasion and erosion in tooth wear. Monogr Oral Sci. 2006;20:17-31.

4.Aimutis WR. Bioactive properties of milk proteins with particular focus on anticariogenesis. J Nutr. 2004;134:989S-95S.

5.Al-Malik MI, Holt RD, Bedi R. The relationship between erosion, caries and rampant caries and dietary habits in preschool children in Saudi Arabia. Int J Paediatr Dent. 2001;11:430-39.

6.Arnadottir IB, Holbrook WP, Eggertsson H, Gudmundsdottir H, Jonsson SH, Gudlaugsson JO ve ark. Prevalence of dental erosion in children: a national survey. Community Dent Oral Epidemiol. 2010;38:521-6.

7.Arowojolu MO. Erosion of tooth enamel surfaces among battery chargers and automobile mechanics in İbadan: a comparative study. . Afr J Med 2001;30:5-8.

8.Attin T, Buchalla W, Gollner M, Hellwig E. Use of variable remineralization periods to improve the abrasion resistance of previously eroded enamel. Caries Res. 2000;34:48-52.

9.Attin T, Meyer K, Hellwig E, Buchalla W, Lennon AM. Effect of mineral supplements to citric acid on enamel erosion. Arch Oral Biol. 2003;48:753-9.

10.Attin T, Weiss K, Becker K, Buchalla W, Wiegand A. Impact of modified acidic soft drinks on enamel erosion. Oral Dis. 2005;11:7-12.

11.Austin RS, Stenhagen KS, Hove LH, Dunne S, Moazzez R, Bartlett DW ve ark. A qualitative and quantitative investigation into the effect of fluoride formulations on enamel erosion and erosion-abrasion in vitro. J Dent. 2011;39:648-55.

12.Azzopardi A, Bartlett DW, Watson TF, Sherriff M. The measurement and prevention of erosion and abrasion. J Dent. 2001;29:395-400.

13.Barbour ME, Rees JS. The laboratory assessment of enamel erosion: a rewiev. J Dent. 2004;32:591-602.

14.Barbour ME, Shellis RP, Parker DM, Allen GC, Addy M. Inhibition of hydroxyapatite dissolution by whole casein: the effects of pH, protein concentration, calcium, and ionic strength. Eur J Oral Sci. 2008;116:473-8.

15.Bartlett D. Intrinsic causes of erosion. Monogr Oral Sci. 2006;20:119-39.

16.Bartlett DW, Coward PY, Nikkah C, Wilson RF. The prevalence of tooth wear in a cluster sample of adolescent schoolchildren and its relationship with potential explanatory factors. Br Dent J. 1998;184:125-9.

17.Bartlett DW, Evans DF, Anggiansah A, Smith BG. A study of the association between gastro-oesophageal reflux and palatal dental erosion. Br Dent J. 1996;181:125-31.

18.Bartlett DW, Evans DF, Smith BG. Oral regurgitation after reflux provoking meals: a possible cause of dental erosion? J Oral Rehabil. 1997;24:102-8.

19.Bhatti SA, Walsh TF, Douglas CW. Ethanol and pH levels of proprietary mouthrinses. Community Dent Health. 1994;11:71-4.

20.Birmingham CL, Beumont P. Medical managment of eating disorders. First published. İngiltere, Cambridge University Press,. 2004;52-53.

21.Brunton PA, Kalsi KS, Watts DC, Wilson NH. Resistance of two dentin-bonding agents and a dentin densensitizer to acid erosion in vitro. Dent Mater. 2000;16:351-5.

22.Cairns AM, Watson M, Creanor SL, Foye RH. The pH and titratable acidity of a range of diluting drinks and their potential effect on dental erosion. J Dent. 2002;30:313-317.

23.Chow LC. Tooth-bound fluoride and dental caries. J Dent Res. 1990;69 Spec No:595-600; discussion 34-6.

24.Çaglar E, Kargül B, Tanboğa I, Lussi A. Dental erosion among children in an Istanbul public school. J Dent Child 2005;72:5-9.

25.Çetin B, Avşar A, Ulusoy AT. Kazein içerikli besinler ve dental ürünler. Atatürk Üni. Diş. Hek. Fak. Derg. 2011;4:24-31.

26.de Carvalho Filho AC, Sanches RP, Martin AA, Do Espírito Santo AM, Soares LE. Energy dispersive X-ray spectrometry study of the protective effects of fluoride varnish and gel on enamel erosion. Microsc Res Tech. 2011;74:839-44.

27.Edwards M, Creanor SL, Foye RH, Gilmour WH. Buffering capacities of soft drinks: the potential influence on dental erosion. J Oral Rehabil. 1999;26:923-927.

28.Featherstone JD, Lussi A. Understanding the chemistry of dental erosion. Monogr Oral Sci. 2006;20:66-76.

29.Fujii M, Kitosako Y, Sadr A, Junji T. Roughness and pH changes of enamel surface induced by soft drinks in vitro applications of stylus profilometry, focus variation 3D scanning microscopy and micro pH sensor. Dent Mater J. 2011;30:404-10.

30.Ganss C, Klimek J, Brune V, Schurmann A. Effects of two fluoridation measures on erosion progression in human enamel and dentine in situ. Caries Res. 2004;38:561-6.

31.Gelhard TB, Fidler V, s-Gravenmade EJ, Vissink A. Remineralization of softened human enamel in mucin- or CMC-containing artificial salivas. J Oral Pathol. 1983;12:336-41.

32.Geurtsen W. Rapid general dental erosion by gas-chlorinated swimming pool water. Review of the literature and case report. Am J Dent. 2000;13:291-3.

33.Giunta JL. Dental erosion resulting from chewable vitamin C tablets. J Am Dent Assoc. 1983;107:253-6.

34.Grenby TH. Lessening dental erosive potential by product modification. Eur J Oral Sci. 1996;104:221-8.

35.Grippo JO, Simring M, Schreiner S. Attrition, abrasion, corrosion and abfraction revisted, a new perspective on tooth surface lesion. J Am Dent Assoc. 2004;135:1109-18.

36.Grobler SR, Jenkins GN, Kotze D. The effects of the composition and method of drinking of soft drinks on plaque pH. British Dental Journal. 1985;158:293-296.

37.Hall AF, Sadler JP, Strang R, de Josselin de Jong E, Foye RH, Creanor SL. Application of transverse microradiography for measurement of mineral loss by acid erosion. Adv Dent Res. 1997;11:

38.Hannig M, Joiner A. Function and properties of the acquired pellicle. In: Duckworth RM ed. The teeth and their environment.Basel, Karger. 2006;29-64.

39.Harding MA, Whelton H, O'Mullane DM, Cronin M. Dental erosion in 5-year-old Irish school children and associated factors: a pilot study. Community Dent Health. 2003;20:165-70.

40.Harper DS, Osborn JC, Hefferren JJ, Clayton R. Cariostatic evaluation of cheeses with diverse physical and compositional characteristics. Caries Res. 1986;20:123-30.

41.Hellwig E, Lussi A. Oral hygiene products and acidic medicines. Monogr Oral Sci. 2006;20:112-8.

42.Hemingway CA, White AJ, Shellis RP, Addy M, Parker DM, Barbour ME. Enamel erosion in dietary acids: inhibition by food proteins in vitro. Caries Res. 2010;44:525-30.

43.Herpertz S, Hagenah U, Vocks S, von Wietersheim J, Cuntz U, Zeeck A. The diagnosis and treatment of eating disorders. Dtsch Arztebl Int. 2011;108:678-85.

44.Hooper S, West NX, Sharif N, Smith S, North M, De'Ath J ve ark. A comparison of enamel erosion by a new sports drink compared to two proprietary products: a controlled, crossover study in situ. J Dent. 2004;32:541-5.

45.Huang SB, Gao SS, Yu HY. Effect of nano-hydroxyapatite concentration on remineralization of initial enamel lesion in vitro. Biomed Mater. 2009;4:034104.

46.Huang S, Gao S, Cheng L, Yu H. Combined effects of nano-hydroxyapatite and Galla chinensis on remineralisation of initial enamel lesion in vitro. J Dent. 2010;38:811-9.

47.Hughes JA, Jandt KD, Baker N, Parker D, Newcombe RG, Eisenburger M ve ark. Further modification to soft drinks to minimise erosion. Caries Res. 2002;36:70-74.

48.Hughes JA, West NX, Parker DM, Newcombe RG, Addy M. Development and evaluation of a low erosive blackcurrant juice drink. 3. Final drink and concentrate, formulae comparisons in situ and overview of the concept. J Dent. 1999;27:345-50.

49.Hughes JA, West NX, Parker DM, Newcombe RG, Addy M. Development and evaluation of a low erosive blackcurrant juice drink in vitro and in situ. 1. Comparison with orange juice. J Dent. 1999;27:285-9.

50.Hunter ML, West NX, Hughes JA, Newcombe RG, Addy M. Relative susceptibility of deciduous and permanent dental hard tissues to erosion by a low pH fruit drink in vitro. J Dent. 2000;28:265-70.

51.Jaeggi T, Lussi A. Prevalence, incidence and distribution of erosion. Monogr Oral Sci. 2006;20:44-65.

52.Jensdottir T, Bardow A, Holbrook P. Properties and modification of soft drinks in relation to their erosive potential in vitro. J Dent. 2005;33:569-75.

53.Johansson AK, Lingstrom P, Birkhed D. Comparison of factors potentially related to the occurrence of dental erosion in high- and low-erosion groups. Eur J Oral Sci. 2002;110:204-11.

54.Kaneshiro AV, Imazato S, Ebisu S, Tanaka S, Tanaka Y, Sano H. Effects of a self-etching resin coating system to prevent demineralization of root surfaces. Dent Mater. 2008;24:1420-7.

55.Kato MT, Sales-Peres SH, Buzalaf MA. Effect of iron on acid demineralisation of bovine enamel blocks by a soft drink. Arch Oral Biol. 2007;52:1109-11.

56.Keleş K, Toroğlu S. Mine yüzeyindeki beyaz lezyonların "CPP-ACP" ile remineralizasyonu sonrası braket bağlanma dayanımlarının incelenmesi: ın vitro çalışma. Çukurova Üniversiesi, Doktora tezi. 2010;

57.Kitchens M, Owens BM. Effect of carbonated beverages, coffee, sports and high energy drinks, and bottled water on the in vitro erosion characteristics of dental enamel. J Clin Pediatr Dent. 2007;31:153-59.

58.Lagerweij MD, Buchalla W, Kohnke S, Becker K, Lennon AM, Attin T. Prevention of erosion and abrasion by a high fluoride concentration gel applied at high frequencies. Caries Res. 2006;40:148-53.

59.Larsen MJ, Nyvad B. Enamel erosion by some soft drinks and orange juices relative to their pH, buffering effect and contents of calcium phosphate. Caries Res. . 1999;33:81-87.

60.Lee HJ, Min JH, Choi CH, Kwon HG, Kim BI. Remineralization potential of sports drink containing nano-sized hydroxyapatite. *Key Eng. Mater.* 2007;330-332:275-78.

61.Levine RS. Fruit juice erosion--an increasing danger? J Dent. 1973;2:85-8.

62.Li L, Pan HH, Tao JH, Xu XR, Mao CY, Gu XH ve ark. Repair of enamel by using hydroxyapatite nanoparticles as the building blocks. Journal of Materials Chemistry. 2008;18:4079-84.

63.Lippert F, Parker DM, Jandt KD. Susceptibility of deciduous and permanent enamel to dietary acid-induced erosion studied with atomic force microscopy nanoindentation. Eur J Oral Sci. 2004;112:61-6.

64.Lussi A, Jaeggi T. Erosion--diagnosis and risk factors. Clin Oral Investig. 2008;12 Suppl 1:S5-13.

65.Lussi A. Erosive tooth wear - a multifactorial condition of growing concern and increasing knowledge. Monogr Oral Sci. 2006;20:1-8.

66.Lussi A, Jaeggi T, Scharer S. The influence of different factors on in vitro enamel erosion. Caries Res. 1993;27:387-93.

67.Lussi A, Jaeggi T, Zero D. The role of diet in the aetiology of dental erosion. Caries Res. 2004;38 Suppl 1:34-44.

68.Lussi A, Kohler N, Zero D, Schaffner M, Megert B. A comparison of the erosive potential of different beverages in primary and permanent teeth using an in vitro model. Eur J Oral Sci. 2000;108:110-4.

69.Magalhães AC, Moraesb SM, Riosb D, Buzalafb MAR. Effect of ion supplementation of a commercial soft drink on tooth enamel erosion. Food Additives and Contaminants. 2009;26:152-56.

70.Magalhães AC, Romanelli AC, Rios D, Comar LP, Navarro RS, Grizzo LT ve ark. Effect of a single application of TiF4 and NaF varnishes and solutions combined with Nd:YAG laser irradiation on enamel erosion in vitro. Photomed Laser Surg. 2011;29:537-44.

71.Magalhães AC, Stancari FH, Rios D, Buzalaf MA. Effect of an experimental 4% titanium tetrafluoride varnish on dental erosion by a soft drink. J Dent. 2007;35:858-61.

72.Manton D, Cai F, Yuan Y, Walker GD, Cochrane NJ, Reynolds C ve ark. Effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate added to acidic beverages on enamel erosion in vitro. Aust Dent J. 2010;55:275-79.

73.Maron FS. Enamel erosion resulting from hydrochloric acid tablets. J Am Dent Assoc. 1996;127:781-4.

74.McCracken M, O'Neal SJ. Dental erosion and aspirin headache powders: a clinical report. J Prosthodont. 2000;9:95-8.

75.McIntyre JM. Erosion. Aust Prosthodont J. 1992;6:17-25.

76.Messias DC, Maeda FA, Turssi CP, Serra MC. Effect of dentifrices against hydrochloric acid-induced erosion. Oral Health Prev Dent. 2011;9:269-73.

77.Meurman JH, Harkonen M, Naveri H, Koskinen J, Torkko H, Rytomaa I. Experimental sports drinks with minimal dental erosion effect. Scand J Dent Res. 1990;98:120-28.

78.Meurman JH, ten Cate JM. Pathogenesis and modifying factors of dental erosion. Eur J Oral Sci. 1996;104:199-206.

79.Millward A, Shaw L, Harrington E, Smith AJ. Continuous monitoring of salivary flow rate and pH at the surface of the dentition following consumption of acidic beverages. Caries Res. 1997;31:44-9.

80.Milosevic A, Lennon AM, Fear SC. Risk factors associated with tooth wear in teenagers: a case control study. Community Dent Health. 1997;14:143-47.

81.Milosevic A YP, Lennon M. . The prevalence of tooth wear in 14-year-old schoolchildren in Liverpool. Community Dent Health. 1993;11:83-86.

82.Min JH, Kwon HK, Kim BI. The addition of nano-sized hydroxyapatite to a sports drink to inhibit dental erosion: in vitro study using bovine enamel. J Dent. 2011;39:629-35.

83.Mistry M, Grenby TH. Erosion by soft drinks of rat molar teeth assessed by digital image analysis. Caries Res. 1993;27:21-5.

84.O'Brien M. Children's Dental Health in the United Kingdom 1993. London: OPCS, 1994. 1994;

85.Okunseri C, Okunseri E, Gonzalez C, Visotcky A, Szabo A. Erosive tooth wear and consumption of beverages among children in the United States. Caries Res. 2011;45:130-35.

86.Owens B. The potential effects of pH and buffering capacity on dental erosion. Gen Dent. 2007;55:527-531.

87.Panich M, Poolthong S. The effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate and a cola soft drink on in vitro enamel hardness. J Am Dent Assoc. 2009;140:455-60.

88.Ramalingam L, Messer LB, Reynolds EC. Adding casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate to sports drinks to eliminate in vitro erosion. Pediatr Dent. 2005;27:61-7.

89.Rees J, Loyn T, McAndrew R. The acidic and erosive potential of five sports drinks. Eur J Prosthodont Restor Dent. 2005;13:186-90.

90.Reynolds EC. Remineralization of enamel subsurface lesions by casein phosphopeptide-stabilized calcium phosphate solutions. j Dent Res. 1997;76:1587-95.

91.Reynolds EC. Anticariogenic complexes of amorphous calcium phosphate stabilized by casein phosphopeptides: a review. Spec Care Dentist. 1998;18:8-16.

92.Reynolds EC, Black CL. Reduction of cholate's cariogenicity by supplementation with sodium caseinate. Caries Res. 1987;21:445-51.

93.Reynolds EC, Black CL. Cariogenicity of a confection supplemented with sodium caseinate at a palatable level. Caries Res. 1989;23:368-70.

94.Reynolds EC, del Rio A. Effect of casein and whey-protein solutions on caries experience and feeding patterns of the rat. Arch Oral Biol. 1984;29:927-33.

95.Robb ND, Smith BG. Prevalence of pathological tooth wear in patients with chronic alcoholism. Br Dent J. 1990;169:367-9.

96.Roberson TM, Heymann HO, Swift EJ. Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry. In: Gürgan S. çeviri editörü, 5. baskı. Ayrıntı Basımevi, Güneş Tıp Kitabevleri. 2011;245-49.

97.Rytömaa I, Meurman JH, Franssila S, Torkko H. Oral hygiene products may cause dental erosion. Proc Finn Dent Soc. 1989;85:161-66.

98.Silva MF, Burgess RC, Sandham HJ, Jenkins GN. Effects of water-soluble components of cheese on experimental caries in humans. J Dent Res. 1987;66:38-41.

99.Smith BG, Knight JK. A comparison of patterns of tooth wear with aetiological factors. Br Dent J. 1984;157:16-9.

100.Sorvari R. Effects of various sport drink modifications on dental caries and erosion in rats with controlled eating and drinking pattern. Proc Finn Dent Soc. 1989;85:13-20.

101.Sorvari R, Kiviranta I, Luoma H. Erosive effect of a sport drink mixture with and without addition of fluoride and magnesium on the molar teeth of rats. Scand J Dent Res. 1988;96:226-31.

102.Srinivasan N, Kavitha M, Loganathan SC. Comparison of the remineralization potential of CPP-ACP and CPP-ACP with 900ppm fluoride on eroded human enamel: An in situ study. . Arch Oral Biol. 2009;55:541-44.

103.Steiner-Oliveira C, Nobre-dos-Santos M, Zero DT, Eckert G, Hara AT. Effect of a pulsed CO2 laser and fluoride on the prevention of enamel and dentine erosion. Arch Oral Biol. 2010;55:127-33.

104.Sundaram G, Wilson R, Watson TF, Bartlett DW. Effect of resin coating on dentine compared to repeated topical applications of fluoride mouthwash after an abrasion and erosion wear regime. J Dent. 2007b;35:814-8.

105.Sundaram G, Wilson R, Watson TF, Bartlett D. Clinical measurement of palatal tooth wear following coating by a resin sealing system. Oper Dent. 2007a;32:539-43.

106.Şener S, Ünlü N, Akgünlü F. Dişlerdeki aşınmalar; terminoloji ve ayırıcı tanı. SÜ Dişhek Fak Der. . 2008;17:230-33.

107.ten Bruggen Cate HJ. Dental erosion in industry. Br J Ind Med. 1968;25:249-66.

108.Thylstrup A, Fejerskov O, Bruun C, Kann J. Enamel changes and dental caries in 7-year-old children given fluoride tablets from shortly after birth. Caries Res. 1979;13:265-76.

109.Touyz LZG, Silove M. Increased acidity in frozen fruit juices and dental implications. J Dent Child. 1993;60:223-25.

110.Tschoppe P, Zandim DL, Martus P, Kielbassa AM. Enamel and dentine remineralization by nano-hydroxyapatite toothpastes. J Dent. 2011;39:430-7.

111.Turgut MD, Tekçiçek M, Çetin N, Pınar A, Ölmez S, Alpar R. The Erosive Effects of Some Carbonated Beverages Consumed in Turkey. Hacettepe Dişhekimliği Dergisi. 2004;28:8-14.

112.van Rijkom H, Ruben J, Vieira A, Huysmans MC, Truin GJ, Mulder J. Erosion-inhibiting effect of sodium fluoride and titanium tetrafluoride treatment in vitro. Eur J Oral Sci. 2003;111:253-7.

113.Vieira A, Jager DH, Ruben JL, Huysmans MC. Inhibition of erosive wear by fluoride varnish. Caries Res. 2007;41:61-67.

114.Wang P, Lin HC, Chen JH, Liang HY. The prevalence of dental erosion and associated risk factors in 12-13-year-old school children in Southern China. BMC Public Health. 2010;10:478.

115.Webster TJ, Ergun C, Doremus RH, Siegel RW, Bizios R. Enhanced osteoclast-like cell functions on nanophase ceramics. Biomaterials. 2001;22:1327-33.

116.Wegehaupt FJ, Attin T. The role of fluoride and casein phosphopeptide/ amorphous calcium phosphate in the prevention of erosive/abrasive wear in an in vitro model using hydrochloric acid. Caries Res. 2010;44:358-63.

117.West NX, Hughes JA, Addy M. The effect of pH on the erosion of dentine and enamel by dietary acids in vitro. J Oral Rehabil. 2001;28:860-64.

118.West NX, Hughes JA, Parker DM, Moohan M, Addy M. Development of low erosive carbonated fruit drinks 2. Evaluation of an experimental carbonated blackcurrant drink compared to a conventional carbonated drink. J Dent. 2003;31:361-5.

119.World Health Organization Expert Committee on Oral Health Status and Fluoride Use, Fluorides and Oral Health. WHO Technical Report Series No. 846. Geneva, World Health Organization.

120.Xhonga FA, Valdmanis S. Geographic comparisons of the incidence of dental erosion: a two centre study. J Oral Rehabil. 1983;10:269-77.

121.Yamagishi K, Onuma K, Suzuki T, Okada F, Tagami J, Otsuki M ve ark. Materials chemistry: a synthetic enamel for rapid tooth repair. Nature. 2005;433:819.

122.Yang F, Mueller J, Kielbassa AM. Surface substance loss of subsurface bovine enamel lesions after different steps of the resinous infiltration technique: a 3D topography analysis. Odont. 2011.

123.Yu H, Attin T, Wiegand A, Buchalla W. Effects of various fluoride solutions on enamel erosion in vitro. caries Res. 2010;44:390-401.

124.Zero DT. Etiology of dental erosion--extrinsic factors. Eur J Oral Sci. 1996;104:162-77.

125.Zero DT, Lussi A. Tooth wear and sensitivity. In Addy M, Embery G, Edgar WM, Orchhardson R, editors. Etiology of enamel erosion: intrinsic and extrinsic factors. London: Martin Dunitz. 2000;121-40.

126.Zhou SL, Zhou J, Watanabe S, Watanabe K, Wen LY, Xuan K. In vitro study of the effects of fluoride-releasing dental materials on remineralization in an enamel erosion model. J Dent. 2012;40:255-63.

9. EKLER

10. ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında ANTALYA'nın Finike ilçesinde doğdu. İlk öğrenimini Cengiz Topel İlköğretim Okulu'nda, orta öğrenimini Kumluca Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2002 yılında Özel Sancak Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2003 yılında Ege Üniveristesi Diş Hekimliği Fakültesi'ni kazandı. 2008 yılında bu fakülteden mezun olduktan sonra 2008-2009 sonbahar döneminde Selçuk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, diş hastalıkları ve tedavisi Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı ve halen aynı Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Evlidir. Yabancı dili İngilizce'dir.