



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
BEZMÎÂLEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**ÇEŞİTLİ BİTKİSEL ÖZÜTLERİN DENTAL EROZYONU ÖNLEYİCİ
ETKİLERİNİN *İN VİTRO* OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

DİŞ HEKİMLİĞİ UZMANLIK TEZİ

Ayça SARIALIOĞLU GÜNGÖR
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

DANIŞMAN
Doç.Dr. Nazmiye DÖNMEZ

İSTANBUL, 2018



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
BEZMİÂLEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
DIŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**ÇEŞİTLİ BİTKİSEL ÖZÜTLERİN DENTAL EROZYONU ÖNLEYİCİ
ETKİLERİNİN *İN VİTRO* OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

DIŞ HEKİMLİĞİ UZMANLIK TEZİ

Ayça SARIALIOĞLU GÜNGÖR
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

DANIŞMAN
Doç. Dr. Nazmiye DÖNMEZ

Bu araştırma Bezmialem Vakıf Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje no: 12.2016/21).

İSTANBUL, 2018



REPUBLIC OF TURKEY

BEZMIALEM VAKIF UNIVERSITY

FACULTY OF DENTISTRY

***IN VITRO* EVALUATION OF DENTAL EROSION PREVENTIVE
EFFECTS OF VARIOUS PLANT EXTRACTS**

THESIS OF SPECIALITY

Ayça SARIALIOĞLU GÜNGÖR
Department of Restorative Dentistry

SUPERVISOR

Assoc. Prof. Nazmiye Dönmez

This study is supported by Scientific Researches, Department of Bezmialem Vakif University
(Project no: 12.2016/21).

ISTANBUL, 2018

TEZ ONAY FORMU

Kurum : Bezmialem Vakıf Üniversitesi
Program seviyesi : Uzmanlık
Anabilim dalı : Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı
Tez sahibi : Ayça SARIALIOĞLU GÜNGÖR
Tez başlığı : Çeşitli Bitkisel Özütlerin Dental Erozyonu Önleyici Etkilerinin *In Vitro*
Olarak Değerlendirilmesi
Tez sunum tarihi : 17.01.2018

JÜRİ ÜYELERİ

İMZA

Danışman: Doç. Dr. Nazmiye DÖNMEZ

Üye : Prof. Dr. Esra CAN SAY

Üye : Yard. Doç. Dr. Mağrur KAZAK

Bu tez, Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıda belirtilen jüri üyeler tarafından kabul edilmiştir.

ANABİLİM DALI BAŞKANI

DEKAN

Doç. Dr. Nazmiye DÖNMEZ

Prof. Dr. Alper ALKAN

BEYAN

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

Ocak 2018

Ayça SARIALIOĞLU GÜNGÖR

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, büyük bir özveri ve içtenlikle her konuda yol gösteren ve hoşgörüsünü hep hissettiğim, danışman hocam olmasından büyük mutluluk duyduğum çok değerli tez danışmanım Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Başkanı sayın Doç. Dr. Nazmiye Dönmez'e,

Tez çalışma sürecimde önerileri ve yardımları ile bana destek olan, konu ile ilgili tüm bilgisini, tecrübelerini ve önerilerini benimle paylaşan Farmasötik Botanik Anabilim Dalı Öğretim Görevlisi Sayın Yard. Doç. Dr. Ece Sevgi'ye,

Deney aşamasında yapay tükürük ve sitrik asit solüsyonlarını hazırlamamda bana yardımcı olan Arş. Gör. Dr. Belma Zengin Kurt ve Öğr. Gör. M. Yunus Bektay'a,

Uzmanlık eğitimim süresince benden desteklerini esirgemeyen Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'ndaki tüm hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma,

Tez çalışmamın laboratuvar aşamasında, ODTÜ Merkez Laboratuvarındaki nanoindentasyon ölçümlerindeki katkılarından dolayı Zafer Artvin'e, Boğaziçi Üniversitesi İleri Teknolojiler Ar-Ge Merkez Laboratuvarları AFM Araştırma Laboratuvarı'ndaki yüzey pürüzlülüğü inceleme aşamasındaki yardımlarından dolayı Barış Demirci'ye ve Yıldız Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Merkez Laboratuvarı'nda SEM ile yüzey görüntülemelerini gerçekleştiren Ali Can Zaman'a,

Hayatım boyunca bana destek olup bugünlere gelmemi sağlayan anne ve babama,

Ve tabi ki; tezimin tüm aşamalarında yanımda olan ve beni hep destekleyen, yardımını hiç esirgemeyen, en zor anlarımda yanımda olan, sevgisini her zaman hissettiğim çok değerli eşim Volkan Güngör'e ve bana duyguların en güzelini tattıran oğlum Efe'ye,

Sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum...

Ayça SARIALIOĞLU GÜNGÖR

ÇEŞİTLİ BİTKİSEL ÖZÜTLERİN DENTAL EROZYONU ÖNLEYİCİ ETKİLERİNİN İN VİTRO OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bu tez çalışmasının amacı, demleme yoluyla çay haline getirilen, MMP aktivitesini inhibe edebilme özelliğine sahip 5 farklı bitki özünün dentin erozyonunu önleme üzerindeki etkisinin *in vitro* olarak değerlendirilmesidir.

Bu amaçla her biri çekilmiş sıgır dişlerinden elde edilen 20 dentin örneğinden oluşan 7 deney grubu [distile su (negatif kontrol), florlu gargara (pozitif kontrol), yeşil çay, kuşburnu, karanfil, nar kabuğu ve üzüm çekirdeği] oluşturulmuştur. Her eroziv atak öncesi 5 dk bitki çayı uygulaması olacak şekilde örnekler 3 gün boyunca günde 3 kez demineralizasyon (%0,3'lük sitrik asit, pH 2,45, 5 dk) ve remineralizasyon (yapay tükürük, 60 dk) siklusuna maruz bırakılmıştır. Deney süreçleri sonunda, dentin örneklerinin tamamının nanoindentasyon ölçümü ile elde edilen sertlik verileri ile birlikte AFM cihazı kullanılarak yüzey pürüzlülüğü ve maksimum derinlik değerleri incelenmiştir. Yüzeyde meydana gelen morfolojik değişiklikler ise SEM ile analiz edilmiştir. Tüm veriler, deney grupları arasında yapılan karşılaştırmalarında Kruskal-Wallis testi, grup içi değerlendirmelerde ise Friedman testi kullanılarak incelenmiş, anlamlılık, $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

Elde edilen verilere göre, en yüksek mikrosertlik değeri, karanfil grubunda görülürken, en düşük mikrosertlik değeri ise üzüm grubuna ait örneklerde dir. Tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunurken, en fazla mikrosertlik değişimi de yine karanfil grubunda görülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri, flor ve karanfil gruplarında; en az yüzey pürüzlülüğü değeri ise, üzüm grubunda görülmüş, ancak gruplar arasında istatistiksel anlamlılık bulunmamıştır. En fazla maksimum derinlik değeri, karanfil grubunda; en az maksimum derinlik değeri, kuşburnu grubunda elde edilmiş ve bu iki değer arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Nar, Colgate ve kuşburnu gruplarına ait AFM ve SEM görüntülerinde makromoleküler çökelti izlenmiştir. Sonuçlara göre, karanfil grubunun yüzey analizlerinde diğer tüm gruplara göre daha iyi sonuçlar gösterdiği, ayrıca karanfil ile birlikte yeşil çayın da dentin erozyonunu önlemede etkili olduğu bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Diş erozyonu, Bitki, SEM, Nanoindentasyon, AFM

IN VITRO EVALUATION OF DENTAL EROSION PREVENTIVE EFFECTS OF VARIOUS PLANT EXTRACTS

SUMMARY

The aim of this thesis was to evaluate the effect of some plant extracts with the ability to inhibit MMP activity to dentin erosion *in vitro*.

For this purpose, 7 experimental groups [distilled water (negative control), fluoride (positive control), green tea, rosehip, clove, pomegranate and grape seed], each consisting of 20 dentin samples obtained from drawn cattle teeth, were formed. The specimens were exposed to demineralization (0,3% citric acid, pH 2.45, 5 min) and remineralization (artificial saliva, 60 min) three times daily for 3 days as 5 min plant extract application before each erosive episode. At the end of the experiment, surface roughness and maximum depth values of dentin samples were examined using AFM while the hardness values of all the samples were examined by nanoindentation. Morphological changes on the surface were analyzed by SEM. The data was analyzed using the Kruskal-Wallis test for the comparison of the experimental groups, and the Friedman test for the intra-group evaluations. The significance was set to 0.05.

According to the obtained data, the highest microhardness value is observed in the clove group whereas the lowest microhardness value is in the samples of the grape seed group. While there was a statistically significant difference between all groups, the most microhardness change was also seen in the clove group. The highest surface roughness values were found in fluoride and clove groups; the least surface roughness value was seen in the grape seed group, but there was no statistical significance between the groups. The highest maximum depth value was in the clove group; the lowest depth value was obtained in the rose hip group and no statistically significant difference was observed between these two values. Macromolecular deposits were observed in AFM and SEM images of pomegranate, Colgate and rosehip groups. According to the results, it was found that the clove group showed better results in surface analysis than all other groups, and green tea in addition to clove was effective in preventing dentin erosion.

Key words: Dental erosion, Plant extracts, SEM, Nanoindentation, AFM

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	i
ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET.....	iii
SUMMARY.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	viii
viii	
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xv
RESİMLER LİSTESİ.....	xvii
xvii	
1. GİRİŞ ve AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Diş Sert Dokularının Yapısı ve Bileşenleri.....	3
2.1.1. Mine dokusu.....	3
2.1.2. Dentin dokusu.....	4
2.1.2.1. Dentinin yapısı.....	4
2.1.3. Sement dokusu.....	6
2.2. Diş Aşınmaları.....	6
2.2.1. Atrizyon.....	9
2.2.2. Abrazyon.....	10
2.2.3. Abfraksiyon.....	11
2.2.4. Erozyon.....	13
2.2.4.1. Erozyonun tanımı.....	13
2.2.4.2. Erozyonun prevalansı.....	14
2.2.4.3. Erozyonun etiyojisi.....	15
İçsel faktörler.....	16
Dışsal faktörler.....	20
2.2.4.4. Erozyonun oluşma mekanizması.....	32

2.2.4.5. Erozyon nedeniyle diş sert dokularında oluşan demineralizasyonu değerlendirme yöntemleri.....	35
Yüzey mikrosertlik değeri ölçümü.....	35
Nanosertlik ölçümü (nanoindentasyon).....	39
Yüzey profilometresi.....	43
Atomik kuvvet mikroskobu (AFM).....	44
Taramalı elektron mikroskobu (SEM).....	47
Enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDS/EDX).....	48
Optik koherens tomografi (OCT).....	48
Konfokal lazer taramalı mikroskop (CLSM).....	49
Transvers mikroradyografi (TMR) ve longitudinal mikroradyografi (LMR).....	49
Kantitatif lazer floresans (QLF).....	50
İyot geçirgenlik testi.....	50
2.2.4.6. Dental erozyonda tedavi yaklaşımları.....	50
Koruyucu ve önleyici tedaviler.....	50
Hassasiyet ve remineralizasyon tedavisi.....	52
Restoratif tedavi.....	63
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	65
3.1. Diş Örnek Sayısının Belirlenmesi.....	65
3.2. Sığır Dişlerinin Toplanması.....	65
3.3. Örneklerin Hazırlanması.....	66
3.4. Grupların Ayarlanması.....	68
3.5. Kullanılan Bitkisel Çayların Hazırlanması.....	71
3.6. Erozyon Siklusu.....	72
3.7. Ölçümlerin Yapılması.....	74
3.7.1. Nanosertlik değerlerinin ölçülmesi.....	74
3.7.2. Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçülmesi.....	75
3.7.3. Yüzey morfolojisi analizi.....	76
3.8. İstatistiksel Analizler.....	78
4. BULGULAR.....	79
4.1. Nanosertlik Değerlendirmesi.....	80
4.2. AFM ile yüzey pürüzlülük değerlendirmesi (R rms).....	85
4.3. AFM ile maksimum derinlik değerlendirmesi (R valley).....	88

4.4. AFM ile z mod ve 3D Görüntülerin Değerlendirilmesi.....	91
4.5. SEM ile Yüzey Topografisinin Görüntülenmesi.....	98
5. TARTIŞMA.....	110
6. SONUÇLAR.....	130
7. KAYNAKLAR.....	132
8. ÖZGEÇMİŞ.....	166



KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
μ	Mikron
μm	Mikrometre
AFM	Atomik Kuvvet Mikroskobu
AN	Anoreksiya Nervoza
BHN	Brinell Hardness Number
BN	Bulimia Nervoza
CaF ₂	Kalsiyum Florid
CHX	Klorheksidin
CLSM	Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop
CO ₃ ⁻	Karbonat
CPP-ACP	Kazein fosfopeptit- amorf kalsiyum fosfat
dk	Dakika
DOM	Demineralize Organik Matriks
ECG	Epikateşin- gallat
ECM	Ekstrasellüler Matriks
EGCG	Epigallokateşin- gallat
EDS/EDX	Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi
FAP	Florapatit
GÖRH	Gastroözefageal Reflü Hastalığı
gr	Gram
HAP	Hidroksiapatit
HCO ₃ ⁻	Bikarbonat
HPO ₄ ⁻²	Hidrojen Fosfat
H ₂ PO ₄ ⁻	Dihidrojen Fosfat
H ₂ CO ₃	Karbonik asit

HV	Hardness Value
kHz	Kilohertz
L	Litre
LMR	Longitudinal Mikroradyografi
mm²	Milimetrekare
MMP	Matriksmetalloproteinaz
N	Newton
NCPs	Nonkollajenöz proteinler
Nd: YAG	Neodmiyum-doped yttrium alüminyum garnet
nm	Nanometre
NO	Nitrik Oksit
OCT	Optik Koherens Tomografi
OH⁻	Hidroksil
PA	Prosiyanidin
pKa	Asit Çözünme Sabitinin Negatif Logaritması
PO₄⁻³	Fosfat
QLF	Kantitatif Lazer Floresans
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TIMPs	Metalloproteinlerin Doku İnhibitörleri
TMR	Transvers Mikroradyografi
ÜÇÖ	Üzüm Çekirdeği Özü
VHN	Vickers Hardness Number

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Çürüksüz sert doku kayıplarının patodinamiği	8
Şekil 2. Dental erozyonda etiyolojik faktörler.....	16
Şekil 3. Asitli içecekler (pH<4,5) nedeniyle diş yüzeyinde oluşan mineral kaybı.....	34
Şekil 4. Knoop ucunun şekli ve ucu oluşturan açılar	37
Şekil 5. Vickers ucunun şekli ve ucu oluşturan açılar	37
Şekil 6. Vickers geometrisinin şematize edilmesi.....	38
Şekil 7. Çoklu yük-derinlik grafiği	40
Şekil 8. Mikro çizik testinin şematik gösterimi.....	41
Şekil 9. Berkovich indentasyon izinin 3 boyutlu görüntüsü.....	41
Şekil 10. Vickers, Berkovich, Küresel ve Sferokonik çentikleyici uçlar.....	42
Şekil 11. AFM'yi oluşturan yapıların şematize edilmesi.....	45
Şekil 12. AFM cihazını oluşturan yapılar.....	46
Şekil 13. SEM çalışma prensibi.....	47
Şekil 14. Analiz yapılacak alanların çizimsel gösterimi.....	68
Şekil 15. Çalışma gruplarının ayarlanması.....	69
Şekil 16. Erozyon siklus modelinin şematik gösterimi.....	73
Şekil 17. Yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonra ölçülen ortalama nanosertlik değerleri (GPa).....	82
Şekil 18. Başlangıç/pH siklusu sonrası nanosertlik değerlerinin yüzdelik değişiminin gruplara göre şematik gösterimi.....	82
Şekil 19. Colgate örneklerinden incelenen yüzeylere göre elde edilen kuvvet penetrasyon eğrileri.....	83
Şekil 20. Distile su örneklerinden incelenen yüzeylere göre elde edilen kuvvet penetrasyon eğrileri.....	83
Şekil 21. Karanfil örneklerinden incelenen yüzeylere göre elde edilen kuvvet penetrasyon eğrileri.....	83
Şekil 22. Kuşburnu örneklerinden incelenen yüzeylere göre elde edilen kuvvet penetrasyon eğrileri.....	84

Şekil 23. Nar örneklerinden incelenen yüzeylere göre elde edilen kuvvet penetrasyon eğrileri.....	84
Şekil 24. Üzüm örneklerinden incelenen yüzeylere göre elde edilen kuvvet penetrasyon eğrileri.....	84
Şekil 25. Yeşil çay örneklerinden incelenen yüzeylere göre elde edilen kuvvet penetrasyon eğrileri.....	84
Şekil 26. Yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinin her bir grup için ölçülen referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki yüzey pürüzlülüğünün ortalama (μm) ve standart sapma değerleri ile grup içi ve gruplar arası anlamlılık düzeyleri (p).....	85
Şekil 27. Başlangıç/pH siklusu sonrası yüzey pürüzlülük (R rms) değerlerinin yüzdelik değişiminin gruplara göre şematik gösterimi.....	87
Şekil 28. Yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinin her bir grup için ölçülen referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki ortalama maksimum derinlik değerleri (μm).....	89
Şekil 29. Başlangıç/pH siklusu sonrası maksimum derinlik (R valley) değerlerinin yüzdelik değişiminin gruplara göre şematik gösterimi.....	90
Şekil 30. Yeşil çay grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki z mod görüntüleri ($20\mu\text{m}\times 20\mu\text{m}$).....	91
Şekil 31. Yeşil çay grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki 3D görüntüler.....	92
Şekil 32. Karanfil grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki z mod görüntüleri ($20\mu\text{m}\times 20\mu\text{m}$).....	92
Şekil 33. Karanfil grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki 3D görüntüler.....	93
Şekil 34. Nar grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki z mod görüntüleri ($20\mu\text{m}\times 20\mu\text{m}$).....	93
Şekil 35. Nar grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki 3D görüntüler.....	94
Şekil 36. Üzüm grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki z mod görüntüleri ($20\mu\text{m}\times 20\mu\text{m}$).....	94

Şekil 37. Üzüm grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki 3D görüntüleri.....	95
Şekil 38. Colgate grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki z mod görüntüleri (20µm×20µm).....	95
Şekil 39. Colgate grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki 3D görüntüleri.....	96
Şekil 40. Distile su grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki z mod görüntüleri (20µm×20µm).....	96
Şekil 41. Distile su grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki 3D görüntüleri.....	97
Şekil 42. Kuşburnu grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki z mod görüntüleri (20µm×20µm).....	97
Şekil 43. Kuşburnu grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki 3D görüntüleri.....	98
Şekil 44. Colgate grubuna ait örneklerden birinin hiçbir işlem uygulanmadan önce x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan başlangıç SEM görüntüleri.....	99
Şekil 45. Colgate grubuna ait örneklerden birinin deneysel erozyon uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan referans bölge SEM görüntüleri.....	99
Şekil 46. Colgate grubuna ait örneklerden birinin deney materyali uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan SEM görüntüleri.....	100
Şekil 47. Distile su grubuna ait örneklerden birinin hiçbir işlem uygulanmadan önce x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan başlangıç SEM görüntüleri.....	100
Şekil 48. Distile su grubuna ait örneklerden birinin deneysel erozyon uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan referans bölge SEM görüntüleri.....	101
Şekil 49. Distile su grubuna ait örneklerden birinin deney materyali uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan SEM görüntüleri.....	101

Şekil 50. Karanfil grubuna ait örneklerden birinin hiçbir işlem uygulanmadan önce x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan başlangıç SEM görüntüleri.....	102
Şekil 51. Karanfil grubuna ait örneklerden birinin deneysel erozyon uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan referans bölge SEM görüntüleri.....	102
Şekil 52. Karanfil grubuna ait örneklerden birinin deney materyali uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan SEM görüntüleri.....	103
Şekil 53. Kuşburnu grubuna ait örneklerden birinin hiçbir işlem uygulanmadan önce x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan başlangıç SEM görüntüleri.....	103
Şekil 54. Kuşburnu grubuna ait örneklerden birinin deneysel erozyon uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan referans bölge SEM görüntüleri.....	104
Şekil 55. Kuşburnu grubuna ait örneklerden birinin deney materyali uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan SEM görüntüleri.....	104
Şekil 56. Nar grubuna ait örneklerden birinin hiçbir işlem uygulanmadan önce x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan başlangıç SEM görüntüleri.....	105
Şekil 57. Nar grubuna ait örneklerden birinin deneysel erozyon uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan referans bölge SEM görüntüleri.....	105
Şekil 58. Nar grubuna ait örneklerden birinin deney materyali uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan SEM görüntüleri.....	106
Şekil 59. Üzüm grubuna ait örneklerden birinin hiçbir işlem uygulanmadan önce x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan başlangıç SEM görüntüleri.....	106
Şekil 60. Üzüm grubuna ait örneklerden birinin deneysel erozyon uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan referans bölge SEM görüntüleri.....	107
Şekil 61. Üzüm grubuna ait örneklerden birinin deney materyali uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan SEM görüntüleri.....	107
Şekil 62. Yeşil çay grubuna ait örneklerden birinin hiçbir işlem uygulanmadan önce x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan başlangıç SEM görüntüleri.....	108

Şekil 63. Yeşil çay grubuna ait örneklerden birinin deneysel erozyon uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan referans bölge SEM görüntüleri.....108

Şekil 64. Yeşil çay grubuna ait örneklerden birinin deney materyali uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan SEM görüntüleri.....109



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Mine dokusunun kuru ağırlığını % olarak oluşturan yapılar.....	4
Tablo 2. Diş yüzey aşınmalarının etiyojisi.....	8
Tablo 3. Diş yüzey kaybının sınıflandırılması	12
Tablo 4. Erozyon yaygınlığı ile ilgili yapılan araştırmalar	15
Tablo 5. Farklı içeceklerin erozyon potansiyelleri	21
Tablo 6. Yiyecek ve içeceklerin eroziv potansiyellerini etkileyen kimyasal faktörler.....	22
Tablo 7. Potansiyel eroziv içecek ve yiyecekler.....	22
Tablo 8. Diyet asitleri ve kaynakları	23
Tablo 9. Dental erozyon oluşumunu etkileyen davranışsal faktörler.....	25
Tablo 10. Dental erozyon oluşumunu etkileyen biyolojik faktörler.....	26
Tablo 11. Toplam doku içinde mine ve dentinin hacimce yüzde değerleri	33
Tablo 12. Mikrosertlik ölçüm testleri.....	36
Tablo 13. Vickers ve Knoop testlerinin avantajları ve dezavantajları.....	39
Tablo 14. Nar meyvesinin bölümleri ve içerikleri	59
Tablo 15. Üzümde elde edilen bazı fenolik bileşikler ve bioaktiviteleri.....	60
Tablo 16. Dental erozyonun restoratif tedavisinde kullanılan materyallerin avantaj ve dezavantajları	64
Tablo 17. Çalışmada kullanılan deney materyalleri ve içerikleri.....	70
Tablo 18. Çalışmada kullanılan yapay tükürük formülasyonu.....	74
Tablo 19. Çalışmada kullanılan bitki çaylarının oda sıcaklığında (24 °C) pH ve titrasyon değerleri (ml).....	79
Tablo 20. Yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinin her bir grup için ölçülen referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki ortalama nanosertlik değerlerinin standart sapmaları ve grup içi ile gruplar arası anlamlılık düzeyleri (p).....	80
Tablo 21. Uygulanan deney materyallerinin her bir grupta bulunan yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinde meydana getirdiği ortalama nanosertlik değişim yüzdeleri, standart sapmaları ve gruplar arası anlamlılık düzeyleri (p).....	81

Tablo 22. Yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinin her bir grup için ölçülen referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki yüzey pürüzlülüğünün ortalama (μm) ve standart sapma değerleri ile grup içi ve gruplar arası anlamlılık düzeyleri (p).....	85
Tablo 23. Uygulanan deney materyallerinin her bir grupta bulunan yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinde meydana getirdiği ortalama yüzey pürüzlülüğü değişim yüzdeleri, standart sapmaları ve gruplar arası anlamlılık düzeyleri (p).....	87
Tablo 24. Yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonra ölçülen maksimum derinliklerinin ortalama ve standart sapma değerleri (μm) ile grup içi ve gruplar arası anlamlılık düzeyleri (p).....	88
Tablo 25. Uygulanan deney materyallerinin her bir grupta bulunan yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinde meydana getirdiği ortalama maksimum derinlik (R valley) değişim yüzdeleri, standart sapmaları ve gruplar arası anlamlılık düzeyleri (p).....	90

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. İç faktörlere bağlı dental erozyonda dişeti kenarı boyunca bazılmamış mine görüntüsü.....	18
Resim 2. Doğal ortamda yeşil çay.....	56
Resim 3. Doğal ortamda karanfil.....	57
Resim 4. Doğal ortamda nar.....	58
Resim 5. Doğal üzüm çekirdeği.....	59
Resim 6. Kuşburnu bitkisinin çiçeği.....	62
Resim 7. Diş yüzeyindeki artıkların fırça ile temizlenmesi.....	66
Resim 8. Mecatome T180 kesme cihazı.....	66
Resim 9. Dişlerin gömülü olduğu akril blokların elde edilmesi.....	67
Resim 10. Minitech 233 parlatma cihazı.....	67
Resim 11. Oda sıcaklığında soğumaya bırakılan çay örnekleri.....	71
Resim 12. Kağıt filtre yardımıyla çayların süzülmesi.....	72
Resim 13. pH ölçüm cihazı ile çayların pH değerlerinin belirlenmesi.....	72
Resim 14. ‘CSM instrument nanoindentation tester’ cihazı.....	75
Resim 15. AFM cihazı ile görüntülemenin sağlandığı bilgisayar ekranı.....	76
Resim 16. Altın kaplama cihazı.....	77
Resim 17. SEM cihazı.....	77

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Yıllardır karyoloji alanında yapılan araştırmalar sonrasında, eroziv beslenme alışkanlıklarına bağlı dental erozyon prevalansının gittikçe artması ve gelişen teknolojiyle uyumluluk gösteren yöntemler ile eroziv lezyonların daha yakından incelenebilmesi araştırcıların ve klinisyenlerin ilgisini çekmiş ve son yıllarda elde edilen bulgular ışığında dental erozyonun farklı mekanizmaları da ortaya çıkmıştır. 1970 yılında “dental erozyon” ile ilgili sadece 5 araştırma yayınlanmışken, 2012 yılında yayınlanan makalelerin sayısı 100’ e ulaşmıştır [1-5].

Erozyon, diş hekimliğinde yıllarca az ilgi duyulan ve erken dönem tanısı atlanılan bir durum olmuştur. Anck yaşam koşullarının değişmesiyle beraber asitli yiyecek ve içeceklerin tüketim miktarı ve sıklığı günümüzde artış göstermiş [6] ve bu artışın sonunda dental erozyonun etyolojisi, prevalansı, önlenmesi ve tedavisine yönelik yaklaşımlar da giderek önem kazanmıştır [7].

Erozyon multifaktöriyel bir durumdur. Erozyona neden olan veya erozyonu önleyen her etken, erozyonun şiddetinde rol oynayabilmektedir. Zamanla bütün bu etkenler erozyonun ilerlemesine neden olabilmekte veya yüzeyin başlangıç şeklinde korunmasını sağlayabilmektedir [8]. Erozyonun ilerlemesinin önlenmesinde, mümkün olduğunca erken dönemde teşhis edilmesi, erozyona neden olan etkenlerin ortadan kaldırılması ve koruyucu önlemlerin alınması gerekmektedir [9]. Ancak, erozyona neden olan başlıca etkenler, bireyin alışkanlıklarına bağlı olduğundan, bunların kontrol altına alınması oldukça zordur. Bu nedenle, tedavi stratejileri erozyonu önleme yönünde geliştirilmiştir.

Diş erozyonunu önlemede asit maruziyetini azaltmak, tükürük akışını artırmak, demineralizasyonu azaltıp remineralizasyonu artıran preparatlar kullanmak [10] ve minenin asit direncini artırmak etkili olabilmektedir [11]. Florid içerikli vernik, CPP-ACP kremleri, cam iyonomer içerikli pit ve fissür örtücü, diş macunu, yüksek florid içeren solüsyon, lazer ve florid jeli uygulamaları bunlardan bazılarıdır. Asiditesi yüksek içeceklerin aşındırıcı etkisini azaltmak amacıyla, doğal yolla matriks metalloproteinaz (MMP) aktivasyonunu inhibe ettiği kanıtlanmış olan yeşil çay ekstratının diyeteye eklenmesi erozyondan korunmak için umut vaat eden uygulamalardan biridir.

Yeşil çayın içerdiği polifenoller sayesinde diş dokusunun çözünmesinde kilit rol oynayan MMP enzimini inaktive ederek erozyona karşı diş yapısını koruduğu bulunmuştur [12, 13].

Eski tarihlerden beri sağlığın korunması ve hastalıklarla savaşta, bitkilerden elde edilen medikal besinler kullanılmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar bitki özleri ve bunlardan elde edilen ürünlerin koruyucu ve tedavi edici özellikleri üzerine tekrar yoğunlaşmıştır. Birçok sebze-meyve içeriklerinin sağlığı desteklediği ve bazı hastalıkların oluşma riskini düşürdüğü bilinmektedir. Bunun bir sonucu olarak bitkisel ekstratların ağız hastalıklarının tedavisinde yaygın olarak kullanılan kimyasallara alternatif olarak kullanılabileceği düşünülmüştür [14].

Bu tez çalışmasında, eroziv ataklara maruz bırakılan dentin örneklerinde, MMP inhibitörlerinden olan yeşil çay, nar kabuğu, üzüm çekirdeği, karanfil ve kuşburnu bitkilerinden demleme yöntemiyle elde edilen bitki çaylarının dentin erozyonuna karşı koruyucu etkinliği *in vitro* olarak farklı analiz yöntemleri ile incelenerek araştırılmıştır.

MMP inhibitörlerinin dentin dokusuna ulaşan eroziv aşınmalarda, gerek dişlerin daha fazla madde kaybının önlenmesinde gerekse klinik hassasiyet sorunlarına karşılık günlük hayatta kullanılmak üzere rahatlıkla önerilebileceği düşünülmektedir. Böylelikle toplumun büyük bir kesimini etkileyen önemli bir ağız-diş sağlığı sorunu, koruyucu bir yöntemle önlenebilecek; hem diş dokuları günlük bir uygulama ile maksimum düzeyde korunacak hem de tedavi masrafları ortadan kaldırılarak bireylerin bütçesinin korunması sağlanacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Diş Sert Dokularının Yapısı ve Bileşenleri

Diş sert dokuları; mine, dentin ve sementten oluşmaktadır [15]. Mine yüksek oranda mineralize bir yapı iken dentinin yapı ve bileşenleri mineden farklıdır. Minenin aksine dentin, yapısında inorganik matriksin yanında organik matriks de (Tip 1 kollajen ve NCPs (nonkollajenöz proteinler)) ihtiva etmektedir. Bu farklılık, farklı demineralizasyon ve remineralizasyon davranışları sergilemesine neden olmaktadır [16].

2.1.1. Mine dokusu

Mine dokusu, ektoderm kökenli olup ameloblast hücreleri tarafından oluşturulur [17]. Mine dokusunun oluşumu (amelogenezis); hücre farklılaşması, matriks salgılanması ve olgunlaşma olmak üzere 3 aşamada gerçekleşir. Amelogenezisi takiben, ameloblast hücreleri kaybolmakta ve bu hücrelerin kaybolması mine dokusunu hücresiz ve cansız bir matriks haline dönüştürür [18]. Bu dezavantajının yanında mine dokusunun yüksek derecede mineralize olması dokuya avantaj sağlar [19].

Diş embriyosuna ait iç mine epitel hücrelerinin salgılama faaliyetleri ile oluşan mine dokusu, diş kuronunun tüm yüzeyini kaplayan koruyucu bir tabaka oluşturur ve vücudun en sert dokusudur. Mine dokusu, ana bileşeni kalsiyum fosfat kompleksi olan hidroksiapatitten oluşmuş bir matriks içinde yer alan kristalize yapıda poröz bir dokudur [20]. Mikroskobik kalsiyum fosfat kristalleri, mine dokusunun kuru ağırlığının %99'unu oluştururlar (Tablo 1) [21].

Tablo 1. Mine dokusunun kuru ağırlığını % olarak oluşturan yapılar [21].

Yapı	Mine Dokusu
Kalsiyum	34-39
Fosfor	16-18
Karbonat	2,0-3,6
Sodyum	0,3-0,9
Magnezyum	0,3-0,6
Klorit	0,2-0,3
Mineral	99
Organik	1

2.1.2. Dentin dokusu

Dentin, kuronda mine, kökte sement ile çevrili olan sert bir dokudur. Mezoderm kökenli olan dentin dokusu, minenin oluşumunu takiben odontoblastların pulpa yönüne doğru ilerlerken aynı zamanda kollajen matriks salgılaması ve bu matriksin mineralizasyonu ile oluşur [22]. Dentin dokusunun ağırlıkça % 70' ini kalsiyum hidroksiapatitin oluşturduğu inorganik yapı, % 18' ini kollajen fibrillerden oluşan organik yapı ve %12'sini de su oluşturur [23].

Dentin; pulpayı mikrobiyal ve diğer zararlı uyaranlardan korur, mineyi destekler. Kırılgan minenin, okluzal kuvvetler ve çiğneme kuvvetlerine karşı daha dirençli olmasını sağlar [24, 25]. Dentin kanallarının içerisinde dentin sıvısı (dentin lenfi) ve dentini meydana getiren hücrelerin (odontoblastların) sitoplazmik uzantıları bulunmaktadır [26].

2.1.2.1. Dentinin yapısı

Dentin, diş sert dokuları arasında en fazla hacime sahip olan dokudur. Mat sarı renkli olup yüksek elastisiteye sahiptir. Sertliği sement ve kemikten fazla, mineden daha azdır.

Dentin, damar ve sinir içermez. Mine-dentin sınırından pulpaya uzanan kanal ve kanalcıklar sisteminden oluşur [27].

Dentin, inorganik ve organik komponentlerden oluşan mineralize bağ dokusudur. Temel olarak hidroksiapatitten oluşan inorganik ya da mineral kısım, dentinin ağırlıkça %70'ini

ve hacimce %45'ini oluşturur; elastik modülüs ile sertlik sağlar. Organik matris ise dentin ağırlığının %20 sini ve hacminin %33'ünü oluşturur. Geri kalan kısım ise sudur [28].

Dentin dokusundaki organik ve inorganik yapıların oranları özellikle kişiden kişiye, yaşa, diş üzerindeki lokalizasyona göre değişir [29].

Organik kısmın ağırlıkça %90'ı kollajendir. Bu kollajenin tamamına yakını tip I kollajen iken, az miktarda tip V kollajen de içermektedir [30]. Organik yapının kollajen olmayan bileşenleri ise fosfoproteinler, proteinler, asidik glikoproteinler, glikozaminoglikan, proteoglikanlar, büyüme faktörleri ve yağlardır [30, 31].

Dentinin histolojik yapısı, dentin kanalları, peritübüler dentin, intertübüler dentin ve odontoblast uzantılarından oluşmaktadır [31]. Kanalların çapı pulpa odası yakınlarında 3-4 μm iken, mine-dentin sınırına doğru 1 μm 'ye kadar düşer. Pulpadan uzaklaştıkça içten dışa doğru sayıca azalan dentin kanalları, pulpa yakınında yaklaşık olarak mm^2 'de 55000, orta kısımda mm^2 'de 25000, mine-dentin sınırında mm^2 'de 15000'dir [32, 33]. Gençlerde kanal çapı ortalama 3,3 μm iken yaş ilerledikçe 1,2 μm 'ye ulaşabilir [25].

Pulpa yönüne doğru çekilen odontoblastların sitoplazmik uzantıları Tomes fibrilleri olarak da adlandırılır ve dentin oluşumu sırasında, dentin kanalları içerisinde kalarak mineye doğru uzanır [22]. Dentin kanallarının içinde, pulpadan gelen odontoblastların uzantılarının yanı sıra, doku sıvılarının artıkları da bulunur [34]. Dentin kanallarının dışında, peritübüler dentin adı verilen oldukça fazla mineralize olmuş bir kılıf da bulunur. Kollajen fibriller ise hidroksiapatit kristalleri arasına gömülmüş halde bulunur ve kanalların arasında bulunan intertübüler dentini oluşturur [35].

Dentinin sertlik derecesinin yüzeyel bölgelerden derin bölgelere inildikçe azaldığı araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur. Dentin derinliği arttıkça gözlenen bu sertlik azalışı, tübüler dentin miktarındaki artışa ve intertübüler dentin matriksinin sertliğinin azalmasına bağlanmıştır. Araştırmacılar ayrıca, peritübüler dentinin intertübüler dentinden çok daha sert olduğunu bildirmişlerdir [24].

Dentinin mikro yapısı incelendiğinde; hacmen yaklaşık % 50 oranında karbonlanmış nanokristal yapıda hidroksiapatit ve % 30 oranında tip 1 kollajen fibriller görülür. Kollajen fibrillerin çapı yaklaşık 50-100 nm'dir. Bu kollajen yapı; dentin formasyonuna dik olacak şekilde, rastgele yerleşmiş halde bulunmaktadır [36]. Kollajen iskeletin intrafibriller ve ektrafibriller olarak iki bölgesi vardır. İntrafibriller yapı kollajenlerin içindeki periyodik boşluklardan oluşurken; ektrafibriller yapı, fibriller arası boşluklardan oluşur. Mineral yapının

%70-75'i ektrafibriller yapı içerisinde yerleşmiş haldedir [37, 38] ve bu yapıyı oluşturan mineral kristalleri pulpa yönünde iğne benzeri yapıda iken; mine yönünde düz bir tabaka oluşturacak şekildedir [39]. Pulpaya yakın bulunan mineraller esas olarak kollagen fibrillerin MMP'ler gibi yıkıcı enzimler ile bağlanma noktalarına yerleşmiştir. Bu özellik sayesinde derin eroziv lezyonlarda yıkıcı enzimlerin, organik matriksteki kollajen fibrillere olan etkileri sınırlanır [40].

Dentinin yapısını, yaşlanma gibi fizyolojik bir olayın yanı sıra; travma ve diş çürüğü gibi patolojik olaylar da değiştirebilmektedir [33]. İlk oluşan dentin dokusu olan primer dentini takiben, dentin yapımı tüm hayat boyunca yavaşlayarak sekonder dentin yapımı ile devam eder. Tamir ya da tersiyer dentin ise, dış uyaranlardan etkilenecek bir tepki olarak oluşur. Diş çürüğü, erozyon, abrazyon gibi lezyonlar ile travma ve restoratif işlemler gibi uyaranlar mezenkimal pulpa hücrelerini uyarır ve ikincil odontoblastlara farklılaşmalarına yol açarak tersiyer dentin oluşumunu başlatırlar. Dentin kanallarının daha hızlı bir şekilde üretildiği tersiyer dentin yapısı incelendiğinde; çok daha düzensiz bir şekilde mineralize olmuş alanlar görülür [22].

2.1.3. Sement

Sement dişin kökünü çevreleyen özelleşmiş kalsifiye bir dokudur. Mine ve dentine göre daha az kalsifiye yapıda olmasından dolayı daha yumuşaktır ve sarımsı renktedir. Sementin esas rolü diş periodontal ligamente bağlamaktır. Cristoffersen ve Landis'in klasik çalışmalarına göre insan sementinin organik matriksi esas olarak tip 1 (organik matriksin %90'ı) ve tip 3 kollajenden oluşmaktadır [41, 42].

2.2. Diş Aşınmaları

Diş hekimliğinde gittikçe dikkat çeken bir konu haline gelen diş aşınmaları, günümüzde diş çürüklerinden sonra ağız boşluğunun en sık görülen patolojilerindedir. Diş aşınmaları; etiyolojileri ve klinik görüntüleri bireyler arasında değişiklik gösterebilen, fizyolojik ya da patolojik olabilen çürüksüz lezyonlardır [43, 44].

Diş aşınması dişte yüzey kaybına neden olan uzun süreli bir süreçtir ve çürükten bu yana en sık görülen diş hastalığıdır [45]. Dişte sert doku kaybı dişlerin erüpsiyonuyla birlikte başlar. Ancak kayıp miktarı fizyolojik olaylara bağlıdır [46].

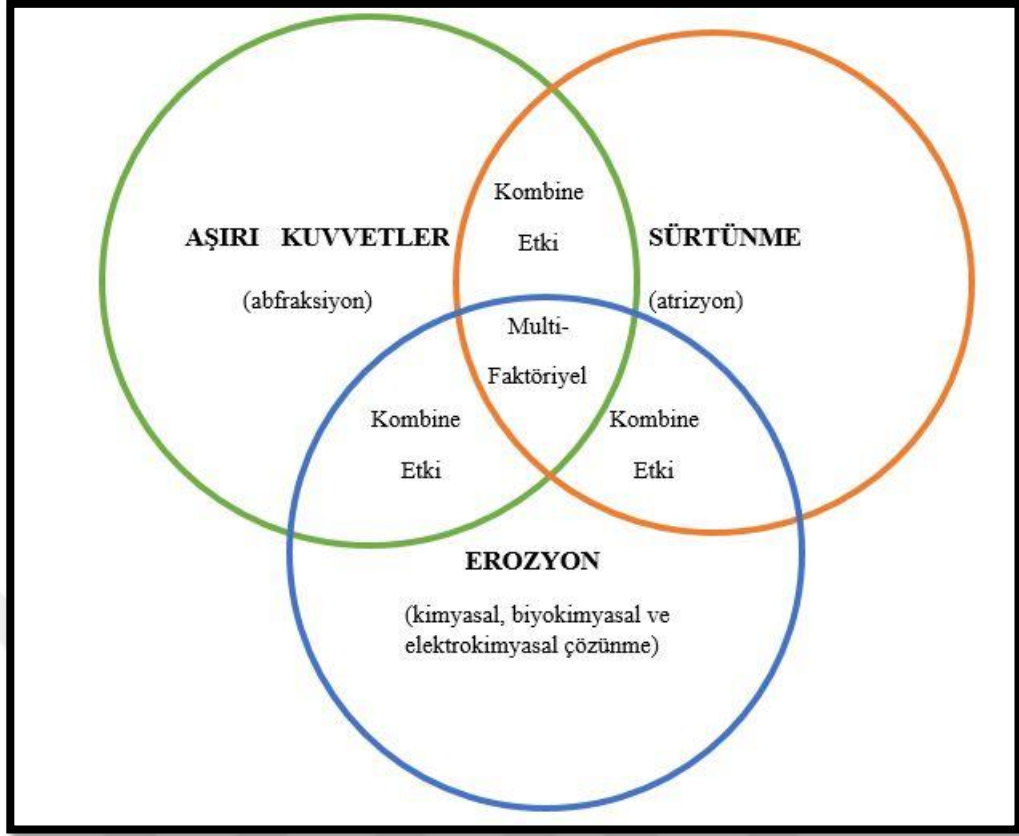
Çürüğün neden olmadığı diş aşınmaları genel olarak atrizyon, abrazyon ve erozyon olarak sınıflandırılmakta ve bu üç kavram diş aşınması fenomeni triyadını oluşturmaktadır [47, 48]. 1991 yılında Grippo tarafından tanımlanan abfraksiyon da son yıllarda diş aşınmaları sınıflamalarında yer almaktadır. Diş aşınması, bu süreçlerin ayrı ayrı veya birleşimi şeklinde, sıklıkla da birinin daha baskın olmasıyla meydana gelir [49].

Klinik olarak, bir diş yüzeyinde birden çok aşınma türü birarada görülebilmektedir. Aşınma lezyonlarının morfolojisi ve şiddeti, baskın bir etyolojik faktöre bağlı olmakla birlikte, kimi zaman aşınmaya neden olan ana faktörü ayırt etmek imkânsız olabilmektedir [43, 50].

Çürük nedeniyle oluşmayan diş aşınmalarının en sık olarak alt ve üst dişlerin fasiyal yüzeylerinde, nadir olarak ise lingual yüzeylerinde olduğu bildirilmiştir. Bu değişikliğin, bölgesel tükürük akışı ve tükürük kaynaklı pelikül nedeniyle meydana geldiği söylenmektedir [51].

Çürüksüz sert doku kayıplarının etyolojisinde aşırı kuvvetlerin oluşturduğu streslerin yarattığı mikroçatlakların [52], streslerin asit atakları ile artan etkilerinin [53, 54] ve enzimatik proteazların etkinliğinin [55] olduğu bildirilmiştir (Tablo 2). Birbiriyle ilişkili olan etyolojik mekanizmaların aydınlatılması amacıyla 2013 yılında Grippo ve ark. [56], çürüksüz sert doku kayıplarının oluşum dinamiğini şekil halinde göstermiştir (Şekil 1). Şekile göre, diş yüzeylerine gelen kuvvetler, biyokorozyon ve sürtünmeden oluşan etyolojik faktörlerde, her bir etken birbiri ile sinerjik etki gösterip madde kaybını arttırabilmektedir.

Dişlerin birbirleriyle olan temasları sonucu oluşan aşınma; atrizyon, dişlerde dış etkenlerle meydana gelen sert doku kayıpları; abrazyon, dişlerin asit ataklarından etkilenerek kimyasal olarak çözünmesi; erozyon, aşırı okluzal streslerin etkisiyle servikal bölgede oluşan aşınmalar ise abfraksiyon olarak tanımlanmaktadır [49, 52] (Tablo 3).



Şekil 1. Çürüksüz sert doku kayıplarının patodinamiği [56]

Tablo 2. Diş yüzey aşınmalarının etiyojisi [52].

PATODİNAMİK MEKANİZMALAR	ETİYOLOJİK ETKENLER
Stres (Mikroçatlak / Abfraksiyon)	-Parafonksiyon: Bruksizim, diş gıcırdatma
İç kaynaklı	-Okluzyon: Premature temas, ekzentrik yük
	-Yutma
	-Sert yiyeceklerin ısırılması: Çiğneme
	-Alışkanlıklar: Kalem, pipo, tırnak gibi yabancı maddelerin ısırılması.
Dış kaynaklı	-Mesleki davranışlar: Üfleme enstrümanı çalmak, yabancı maddeleri tutmak için dişleri kullanmak.
	-Diş gereçleri: Ortodontik, çıkarılabilen diş klempleri

<p>Erozyon (Kimyasal Bozulma)</p> <p>İç kaynaklı</p> <p>Dış kaynaklı</p>	<p>-Plak: Asidojenik ve proteolitik bakteriler</p> <p>-Diş eti oluk sıvısı</p> <p>-Gastroözafageal reflü hastalarında gastrik sıvı, bulimia, geğirme</p> <p>-Asidik içeceklerin, narenciye sularının tüketimi</p> <p>-Asidik endüstriyel gazlara ve diğer çevre faktörlerine mesleki maruz kalma</p>
<p>Aşınma</p> <p>İç kaynaklı (atrizyon)</p> <p>Dış kaynaklı (abrazyon)</p>	<p>-Parafonksiyon: Bruksizm, diş gıcırdatma</p> <p>-Yutma</p> <p>-İri partiküllü yiyeceklerin ısırılması</p> <p>-Diş hijyen araçlarının uygun olmayan kullanımı: Diş fırçası, diş macunu, diş ipi, kürdan, ara yüz temizleyicileri</p> <p>-Kötü ağız alışkanlıkları: Tırnak yeme, pipo kullanımı, tütün çiğneme, dişlerle saç tokası açmak</p> <p>-Mesleki davranışlar: Dişle ip eğirme, cam üfleme, üfleme çalgı çalma</p> <p>-Diş gereçleri: Çıkarılabilir protez kroşe ve tırnakları</p>

2.2.1. Atrizyon

Atrizyon, Latince ‘herhangi bir şey karşısında sürtünme hareketi’ anlamına gelmektedir. Dental atrizyon klinik terimi ise, yabancı bir cisim olmaksızın diş dişle kontak bir sonucu olarak, diş sert dokularının fizyolojik aşınması olarak tanımlanır. Atrizyonun derecesinin yaşla yakın ilgisi vardır. Atrizyon genellikle dişin insizal ve okluzal yüzeylerinde görülmekle birlikte, çiğneme hareketleri sonucu proksimal yüzeylerde de görülebilmektedir [49]. Atrizyon tipik olarak okluzal veya insizal yüzeylerin yassılaşması şeklinde görülür ve tüberkül tepeleri şiddetli bir şekilde, ince cilalanmış alanlardan diş kronlarının dramatik kısalmasıyla oluşan yassılaşmış okluzal planlara dönüşebilir [57].

Atrizyon, büyük oranda yaşlanma ile ilişkilidir. Normal çiğneme fonksiyonlarının etkisiyle yavaş ve sürekli olarak meydana gelen atrizyon lezyonları, fizyolojik atrizyon olarak tanımlanmaktadır. Kişinin yaşına göre normalden fazla miktarda aşınma görülen lezyonlarda

patolojiden bahsedilmektedir. Dil malpozisyonlarının, oklüzal bozuklukların, prematür kontakların ve parafonksiyonel alışkanlıkların patolojik atrizyona neden olduğu belirtilmektedir [58].

2.2.2. Abrazyon

Abrazyon, Latince *abradere*, *abrasi*, *abrasum* kelimelerinden türemiştir. Öğütme, silme veya kazıma gibi mekanik olaylarla, dokuların veya yapıların aşınmasını ifade etmektedir. Dental abrazyon, ağız ortamında dişlerle temas eden yabancı cisimlerin, abraziv etkenlerin ve anormal alışkanlıkların neden olduğu, diş sert dokularının patolojik kaybı olarak tanımlanmaktadır [49]. Abrazyonu, dişlerin birbirine temas etmesi dışındaki faktörler nedeniyle diş yapısında ve restorasyonlarda meydana gelen aşınma olarak da tanımlayabiliriz [59].

Diş abrazyonu bazı alışkanlıklara ve mesleki özelliklere bağlı olarak gelişebilir. Örneğin pipo içenlerin, dişleriyle kuruyemiş veya fındık kıranların, tırnak yeme alışkanlığı olan kişilerin dişlerinde insizal kenarlarda aşınma görülebilir. Marangozlar, terziler ve müzisyenler de mesleki özellikleri nedeniyle dişlerinde en fazla aşınma görülen kişiler arasında yer alırlar. Diş abrazyonunun servikal bölgelerde en sık görülme nedeni, hatalı diş fırçalama ve bununla ilişkili faktörlerdir [52].

Hastaya bağlı etkenler:

- a) Diş fırçalama yöntemleri
- b) Diş fırçalama kuvveti
- c) Diş fırçalamaya harcanan süre
- d) Diş fırçalama sıklığı
- e) Diş fırçalamanın başlatıldığı bölge ve dişlerin diş arkındaki pozisyonları

Kullanılan materyallere bağlı etkenler:

- a) Diş fırçasının şekli ve kıl sertliği
- b) Kullanılan diş macununun aşındırıcı özelliği ve miktarı [60].

Abrazyon lezyonları, klinikte dişlerin insizal, oklüzal ve servikal yüzeylerinde kama ve çanak şeklinde, pürüzsüz ve parlak yüzeyler olarak gözlenirler. Servikal bölgelerde görülen kama şeklindeki lezyonlar dişetine paralel olarak uzanırlar. Bu lezyonlar genellikle üst köpek ve küçük azı dişlerin yanak yüzeylerinde gözlenmektedir [61, 62].

Epidemiyolojik çalışmaların, sıklıkla fırça abrazyonu ve fırçalamaya bağlı olduğu düşünülen servikal abrazyon lezyonları üzerine yapıldığı görülmektedir. Atrizyon ve erozyon lezyonlarının aksine, abrazyon lezyonlarının; teşhis edilmesi, tanımlanması ve sınıflandırılması açısından daha kolay lezyonlar olduğu belirtilmektedir [50, 63].

2.2.3. Abfraksiyon





Abfraksiyon terimi ise, Latince 'kırmak' anlamına gelmektedir. Dişlerde tüberküller arası esneme hareketine bağlı olarak gelişen servikal lezyonlar 'abfraksiyon' terimi ile isimlendirilmiştir [64].

Abfraksiyon; keskin kenarlı, kama şeklindeki çürüküz servikal lezyonları tanımlamak için kullanılan yeni bir terimdir [64]. İlk defa 1991'de Grippo, mine ve dentin lezyonlarındaki şekil, boyut ve lokalizasyon farklılığını fark etmiş ve abfraksiyonu tanımlamıştır. Grippo'nun tanımlamasına göre abfraksiyon; dişe, aksı dışında uygulanan eksantirik kuvvetlerin etkisi ile mine-sement sınırında mikroçatlakların oluşması sonucu meydana gelen; servikal bölgede keskin kenarlı, V şeklinde kama defektleri olarak görülen, dişin patolojik sert doku kaybıdır. Zayıflayan bu bölgenin, erozyon ve abrazyona hassas hale geldiği belirtilmektedir. Eksantirik kuvvetlerin altında zayıflayan bu bölgenin, mekanik ya da kimyasal etkenler karşısında kolayca ortadan kalkarak, dişin servikal bölgesinde V şeklinde defektlerin meydana geldiği görülmektedir [52, 65].

Abfraksiyon oluşum teorisine göre parafonksiyonel kuvvetler, bir veya birkaç dişi güçlü gerilme, sıkıştırma ve kesme tipi kuvvetlere maruz bırakmaktadır. Okluzal kuvvetlere bağlı deformasyonlar servikal bölgelerde gerilme ve sıkıştırma kuvvetleri oluştururlar [50]. Lee ve Eakle'a göre bu gerilme kuvvetleri çürüksüz servikal lezyonların etyolojisinde primer rol oynamaktadır [66].

Abfraksiyon lezyonları genellikle keskin kenarlı, pürüzsüz ve kama şeklinde yüzeyler olarak görülürler. Bu lezyonlar tek bir dişte oluşabildiği gibi bazen birkaç dişte de gözlenebilir [49]. Abfraksiyon lezyonları sıklıkla disto-servikal bölgede olma eğilimindedir [52].

Tablo 3. Diş Yüzey Kaybının Sınıflandırılması [67].

Aşınma Tipi	Tanımı	Klinik Görünüm
<p>Erozyon</p> 	<p>Bakteri etkeni olmaksızın kimyasal olarak diş sert dokusunun kaybı</p>	<ul style="list-style-type: none">* Pürüzsüz mine yüzeyi içeren geniş konkavite* Okluzal/insizal yüzeylerde dentin ekspozuyla birlikte görülen çukurlaşma* Artmış insizal translüsenesi* Okluzal yüzey dışındaki yüzeylerde aşınma* Yükselmiş amalgam restorasyonlar* Parlak görünümlü amalgam restorasyonlar* Çocuklarda mine yüzeyi kaybı* Gingival kenarda şerit şeklinde mine tabakası* Hipersensitivite* Süt dişlerinde pulpa ekspozu
<p>Atrizyon</p> 	<p>Çiğneme ya da parafonksiyon sırasında dişlerin birbirine teması restorasyon veya dişlerde görülen doku kaybı</p>	<ul style="list-style-type: none">* Okluzal yüzeylerde birbirleriyle uyumlu aşınma yüzeyleri* Amalgamın kontaklarında parlak yüzeyler* Mine ve dentinde aynı miktarda aşınma* Kusplar ve restorasyonlarda kırılmalar görülebilir
<p>Abrazyon</p> 	<p>Yabancı maddeler (diş fırçası, diş macunu vb.) tarafından dişlerin aşındırılması sonucu sert doku kaybı</p>	<ul style="list-style-type: none">* Sıklıkla dişlerin servikal alanlarında yer alır* Lezyonların derinliği genişliğinden fazladır* Premolarlar ve kaninler sıklıkla etkilenir
<p>Abfraksiyon</p> 	<p>Tüberküllerin esnemesi sırasında oluşan çekme ve basınç kuvvetleri nedeniyle dişin servikal alanında doku kaybı</p>	<ul style="list-style-type: none">* Dişlerin bukkal/labial alanları etkilenir* Sıklıkla üzerine eksantrik okluzal yükler gelen dişler etkilenir.* Derin, dar, V şeklinde çentik

2.2.4. Erozyon

Erozyon diş hekimliğinde yıllarca az ilgi duyulan bir konu olmuştur. Günümüzde yaşam koşullarının ve beslenme tarzının değişerek asitli yiyecek ve içeceklerin tüketiminin artması erozyon görölme sıklığını artırmıştır. Özellikle sosyoekonomik düzeyi iyi olan toplumlarda, gençlerde ve çocuklarda daha sık görölmektedir [6]. Dental erozyon görölme sıklığının artması bu konu ile ilgili araştırmaların yaygınlaşmasına neden olmuştur.

2.2.4.1.Erozyonun tanımı

Erozyon, Latince ‘ürümek, yenmek’ anlamına gelmektedir. Diş erozyonu; mine ve dentinin bakteriler tarafından üretilmemiş asitlerle çözünmesi olayına dayanan kimyasal bir aşınmadır [68]. Ağız pH’sı diş minesinin kritik pH değeri olan 5.5’in altına düştüğünde, asit ataklarının süresi ve sıklığına bağlı olarak erozyon gerçekleşir [50]. Bu klasik tanımlamanın dışında, literatürde farklı tanımlamalar da yapılmıştır. Başka bir tanımlamaya göre kimyasal diş aşınmaları, minenin hidroksiapatit ve florapatit içeriğine göre daha az doymuş likitler ile temasta bulunması sonucu meydana gelen diş sert doku kaybıdır [68]. Diğer bir tanımlamaya göre ise; dental erozyon; dişin patolojik, kronik, çok faktörlü ve geri dönüşümsüz diş sert doku kaybı olarak tanımlanmaktadır [49].

Uluslararası Hastalıklar Sınıflamasında (WHO, 2007) listelenmiş olmasına rağmen, eroziv ve fiziksel aşınma hayat boyu diş dokusunun fizyolojik kaybına katkıda bulunduğu için, erozyona bağlı doku kaybı bir hastalık olarak kabul edilemez.

Hem yüzeyde hem de yüzey altı bölgede yıkıcı etkilerinin bulunduğu tespit edilmiş olan diş çürüklerinden farklı olarak diş erozyonu genellikle sadece yüzeyde gerçekleşen bir olay olarak tanımlanır. Ağız sert ve yumuşak dokularını örten, bakteri içermeyen, hücresiz, yapısız, organik bir biyofilm tabakası olan pelikül yoluyla dişe yapışan asit, mine ile temasa gelir ve hidroksiapatit kristallerinin çözünmesine neden olur.

2.2.4.2. 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 [69-71].

Farklı inceleme standartlarının kullanılması (inceleyen kişinin/lerin kalibrasyonu, skora 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 [70]. Ancak, erozyon toplumun her yaş grubunda görülebilen yüksek prevalansa sahip eskiden olduğu gibi günümüzde de devam eden önemli bir diş problemidir.

Dental erozyon daha çok Avrupa ve Orta Doğu ülkelerinde önemli bir ağız sağlığı problemi olarak değerlendirildiğinden en fazla prevalans çalışması da bu ülkelerde yer alan araştırmacılar tarafından yapılmaktadır [72]. Avrupa ve Orta Doğu ülkelerinde yapılan çalışmalarda dental erozyon insidansının % 5-60 arasında olduğu gözlenmiştir [73-77].

İlk olarak 19. yüzyılda rapor edilen bu lezyonların varlığının ve yaygınlığının git gide artarak günümüzde gelişmiş toplumlar için önemli ve ortak bir sorun haline geldiği bildirilmiştir [78]. Jaeggi ve Lussi [79] yaptıkları literatür tarama çalışmasında erozyonun sık rastlanılan bir aşınma türü olduğunu rapor etmişlerdir (Tablo 4).

Sosyoekonomik düzey ile erozyon arasında kesin bir ilişki kurulamamakla birlikte, sosyoekonomik düzeyi iyi olan toplumlarda görülme sıklığının giderek arttığı bildirilmektedir [79, 80].

Erozyonu önleme ya da tedavi etmeye yönelik yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda florid içerikli vernik [81, 82], CPP-ACP kremleri, cam iyonomer içerikli pit ve fissür örtücü [83], diş macunu [84], yüksek florid içeren solüsyon [85], lazer [86, 87] ve florid jeli [88] uygulamaları test edilmiştir.

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

Tablo 4. Erozyon yaygınlığı ile ilgili yapılan araştırmalar [79].

Araştırmacı Adı	Araştırmanın		Araştırma Yöntemi	Saptanan Erozyon Sıklığı
	Yapıldığı Yaş grubu	Denek Sayısı		
Sognaes ve diğ. (1972)	-	10,827	Çekilmiş Dişler	% 18
Xhonga ve diğ. (1983)	14-88	527	Klinik	% 25
Johansson ve diğ. (1996)	21	95	Klinik	% 28
Jaeggi ve diğ. (1999)	19-25	417	Klinik	F: % 14,4 / % 0,5 O: % 82 / % 30,7 P: % 0,7 / % 0
Lussi ve diğ. (1991)	26-30	194	Klinik	F: % 11,9 / % 7,7 O: % 35,6 / % 29,9 P: % 3,6 / % 0
	46-50	197	Klinik	F: % 9,6 / % 13,2 O: % 40,1 / % 42,6 P: % 6,1 / % 2
Lussi ve Schaffnerr (2000)	32-36	55	Klinik	O: % 8
	52-56			O: % 26
Smith ve Rob (1996)	15-26	1007	Klinik	% 5,73
	26-55			% 3,37-4,62
	56-65			% 8,19
	>65			% 8,84

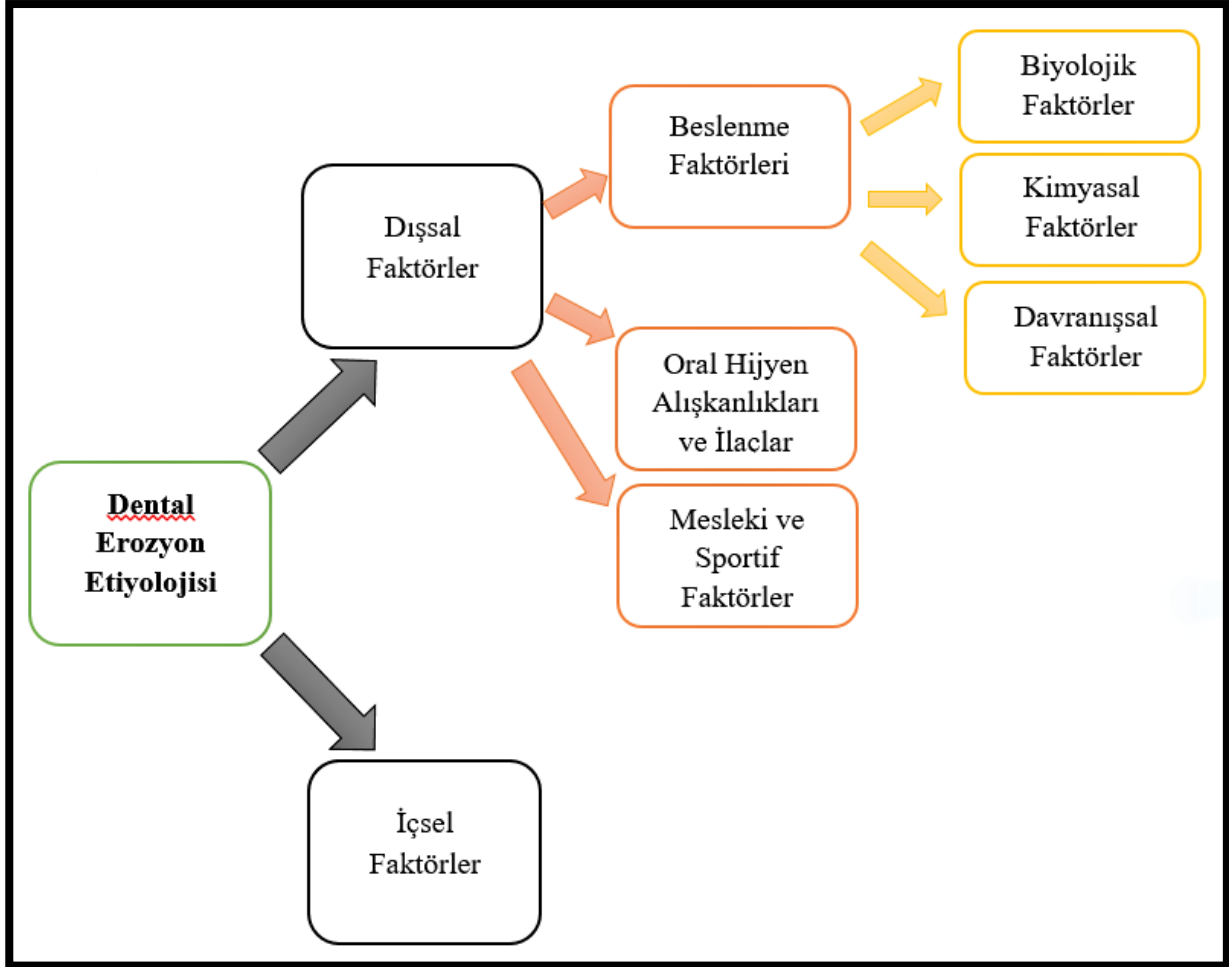
F: Fasiyal O: Okluzal P: Palatinal

2.2.4.3. Erozyonun etiyolojisi

Dental erozyonun multifaktöriyel bir etiyolojiye sahip olduğu, içsel ya da dışsal kaynaklı asidik etkenler ile oluştuğu birçok araştırmacı tarafından genel kabul görmektedir [43, 46, 50, 63, 71, 89].

Dental literatür incelendiğinde, dental erozyona neden olan içsel kaynaklı asitlerin, içsel faktörler; dışsal kaynaklı asitlerin ise dışsal faktörler başlığı altında toplandığı görülmektedir [89-91]. Lussi ve ark. [92] tarafından yapılan en güncel sınıflamaya göre, erozyon üzerinde etkili olan tüm dışsal kaynaklı faktörlerin; beslenme, iş ve spor faaliyetleri,

ağız hijyen ürünleri ve ilaçlar olmak üzere 3 ana başlık altında incelendiği görülmektedir. Lussi ve ark.'nın [92] sınıflaması Şekil 2'de şematik olarak görülmektedir.



Şekil 2. Dental erozyonda etiyolojik faktörler [92]

Erozyona neden olan faktörler arasındaki etkileşimler bazı insanlarda diyetlerindeki asidik maddelerin pH değerleri aynı olmasına rağmen diğerlerinden daha fazla erozyon görülme nedeninin açıklanmasına yardımcı olabilmektedir [9].

İçsel faktörler

İçsel kaynaklı faktörler mide içeriğinin ağız ortamına ulaşmasına neden olan sistemik bozukluklardır. Bu sistemik bozuklukların başında kusma, gastroözefageal reflü hastalığı (GÖRH), regürjitasyon, anoreksiya nevroza gibi tekrarlayan kusmaların kendini gösterdiği yeme bozuklukları, ruminasyon bozukluğu, kronik alkolizm ve hamilelik gelmektedir [93].

Dişlerin mine tabakası, gastrik sıvıdan kaynaklanan asitli ortamda sürekli kaldığında yüzeylerinde demineralizasyon gerçekleşmektedir. Ancak gastrik asitin dişlerde erozyon meydana getirebilmesi için en azından bir veya iki senelik sürede haftada birkaç kez dişlerle temas etmesi gerektiği belirtilmektedir. Erozyonun oluşması ve şiddeti sadece bu rahatsızlıkların sıklığı ve süresi ile ilgili değil aynı zamanda gastrik asite maruz kaldıktan sonra hastaların ağız hijyen alışkanlıklarına ve diş sert dokularının yapısına da bağlıdır [93].

İç kaynaklı faktörler sonucu oluşan erozyonun prevalansı tam olarak bilinmemekle birlikte, Smith&Knight [94] ve Jarvinen ve arkadaşları [95], iç kaynaklı nedenler sonucu oluşan dental erozyon vakalarının tüm erozyon vakalarının yaklaşık %25'ini oluşturduğunu belirtmişlerdir.

GÖRH

Dental erozyona neden olan içsel faktörler arasında klinikte en çok karşılaşılan GÖRH'dır. Genellikle ailesel yatkınlık gösterir [94, 96-98].

Gastroözofageal reflü (GÖR); gastrik mide içeriğinin özofagusa kaçışı olarak tanımlanır. Bu gastrik mide içeriğinin özofagusa kaçışının sıkıntı verici semptomlar ve/veya komplikasyonlar oluşturmasıyla karakterize hastalığa da GÖRH adı verilmektedir [99]. Mekanizması tam olarak anlaşılmasa da genetik, çevresel, anatomik, hormonal ve nörojenik olaylarla ilgili olduğu bildirilmektedir [100]. GÖRH'ün erişkinlerdeki belirtileri asidik tat, persistan öksürük, kusma, boğazda tıkanıklık hissi, mide yanması, ses kalınlaşması ve halitozistir [101].

Mide asitinin diş sert dokularda eroziv lezyonlar meydana getirebilmesi için en az 1-2 yıl, haftada birkaç kez düzenli olarak dişlerle temas etmesinin gerekli olduğu bildirilmektedir [93, 102]. Bu lezyonların şiddeti GÖR hastalığının meydana çıkma zamanına ve geçirme sıklığına bağlı olarak değişebilir. Ayrıca GÖR hastaları düşük tükürük tamponlama kapasitesine sahip olduklarından bu hastalarda daha şiddetli eroziv lezyonlar meydana geldiği belirtilmektedir [103].

Başlangıçta erozyon sadece mine yüzeyi çok iyi kurutulduğunda gözlenebilen yüzey kaybı olarak tanımlanır. Etken devam ettiği sürece, ince kesici kenarlarda kırılmalar gözlenir ve diş hassasiyeti başlar. Bunlar erozyonun ilk belirtileridir. Daha ilerleyen durumlarda, lezyon derinleştikçe sert, düz bir görüntü ile birlikte altındaki dentinin renginin belli olduğu incelmış mine görüntüsü görülmektedir [98].

Erozyon derecesi hastalığın süresi, sıklığı ve regurjitasyonun miktarı ile doğru orantılıdır. Asit reflüsü öncelikle üst keser dişlerin ve üst molar dişlerin palatinal yüzeyini etkiler, asit atağı devam ettikçe iki çenede de arka bölgedeki dişlerin okluzal yüzeyleri etkilenir ve en son labial /bukkal yüzeylere ulaşır (Resim 1). Alt dişlerin bukkal yüzeyleri de etkilenir. Dilin koruyucu etkisi nedeniyle alt dişlerin lingual yüzeyleri erken dönemde pek etkilenmez [104, 105].



Resim 1. İç faktörlere bağlı dental erozyonda diş eti kenarı boyunca bozulmamış mine görüntüsü [94]

Yeme bozuklukları

Yeme bozuklukları; kişinin fiziksel ya da psikososyal durumdan dolayı herhangi bir medikal duruma bağlı olmaksızın yemek yemeyi ısrarla reddetmesi olarak tanımlanır. Hastalığın gelişiminde hem biyolojik, hem psikolojik, hem de kültürel faktörlerin rol oynadığı düşünülmektedir. Yeme bozukluğu, sıradan bir zayıflama kürünün kontrolden çıkmasından daha öte bir rahatsızlıktır. Anoreksia Nervosa (AN) ve Bulimia nervosa (BN) olmak üzere iki grupta incelenir.

AN'nın belirgin özelliği kendini aç bırakma davranışına bağlı aşırı kilo kaybı, adet görememe, psikolojik rahatsızlıklar ve vücutta biçim bozukluğudur. Bu hastalığın en önemli özelliği bitmek bilmeyen ince görünme isteğidir [106, 107]. Agresif oruç tutma, kısıtlayıcı tip AN olarak tanımlanırken; kasıtlı kusma ve ishal edecek derecede aşırı yemek yeme davranışları bulimik tip AN olarak sınıflandırılmaktadır [108].

BN, fazlasıyla yemek yemek ve sonrasında laksatif kullanımı ve kusma yoluyla besinlerin vücuttan atılmasıyla karakterizedir [106]. Düşük kilolu anorektik hastalara kıyasla,

çoğu BN hastasının kilosu normal sınırlar içinde kalmaktadır ve medikal semptomları spesifik değildir. BN'nın teşhisinde, 3 ay boyunca haftada 2 defadan fazla kusma önemlidir [107]. Ayrıca bireylerin bu hastalığı büyük bir utanç olarak görmeleri ve bu durumu ailelerinden, doktorlarından bile saklamaları nedeniyle diş hekimleri bulimia nervosayı teşhis eden ilk kişiler olabilirler [93].

Değişik yeme bozukluklarının dental erozyon ile ilişkisinin incelendiği bir çalışmada, kısıtlayıcı tip AN'lı hastalarda yaklaşık %20 dental erozyon görülürken, bulimik AN ve BN'li hastalarda %90'ın üzerinde farklı şiddetlerde dental erozyon tespit edildiği bildirilmektedir [93].

Hellström [109] anoreksiya nervozanın oral komplikasyonlarını incelediği çalışmasında, kısıtlayıcı tip anoreksiya nervozalı hastalarda dışsal kaynaklı asitlerin etkisiyle, çoğunlukla vestibuler yüzeylerde dental erozyon meydana geldiğini; bulimik tip anoreksiya nervozalı hastalarda ise içsel kaynaklı asitlerin etkisiyle özellikle üst çene kesici dişlerinin damak yüzeylerinde erozyona rastladığını rapor etmiştir.

Hurst ve ark. [110] çalışmasında, 17 anoreksiya nervosa hastası muayene edilmiş ve sonuçta kusan hastalarda şiddetli palatinal ve orta şiddette bukkal erozyon olduğu rapor edilmiştir. Yazarlar, diyet alışkanlıklarının da erozyona neden olabileceğini bildirmişlerdir.

Kronik alkolizm

Alkolizm batı toplumlarında yetişkin nüfusunun %10'unu etkileyen yaygın bir hastalıktır [111]. Vücutta yol açtığı sayısız patolojik değişikliğin yanında akut alkol tüketimi, özafagus ve midede inflamatuvar değişikliklerle görülen reflü ve sonrasında kronik özefagit ve gastrite sebep olmaktadır [91]. Semptom görülmeyen reflü ve sabah erken saatlerde kusma, ağır alkol tüketenlerde dental erozyonun sebebi olarak gösterilmektedir [112]. Alkolik hastalar genellikle bu durumu saklama eğiliminde olduklarından, alkolizmin dental erozyon için bir risk faktörü olup olmadığı tam olarak belirlenmemektedir [93].

Robb ve Smith [112], 37 kronik alkolizm hastası üzerinde gerçekleştirdikleri klinik çalışmalarında, katılımcıların %40'ında üst kesici dişlerin palatinal yüzeylerinde ve sonrasında kesici yüzeylerinde erozyon tespit ettiklerini ve kronik alkolizm hastalarında, yaş ve cinsiyet uyumlu kontrol grubuna göre anlamlı derecede daha fazla erozyon bulduklarını bildirmişlerdir.

Geviş getirme (ruminasyon)

Normal popülasyonda göz ardı edilmiş olsa da geviş getirme genellikle zekâ geriliği görülen hastaları etkilediğine inanılan özel bir tür gastrik hastalıktır. Bu hastalıkta yutulan katı yiyeceğin istemli veya istemsiz olarak yeniden çıkarılması ve daha sonra yeniden yutulması söz konusudur ki eroziv hasar oldukça ciddi olabilir[113].

Amerikan Psikiyatri Derneği geviş getirmeyi çok ender görülen bir bozukluk olarak tanımlamıştır [106]. Erkeklerde kadınlara oranla 5 kat fazla görüldüğü bildirilmiştir [114].

Geviş getiren bireylerde, tipik bir erozyon lokalizasyonu olmayıp, kişinin alışkanlıklarına göre değişiklik göstermektedir [93].

Dışsal faktörler

Dental erozyona neden olan dışsal kaynaklı asitlerin de içinde bulunduğu dışsal faktörler; beslenme, mesleki ve sportif faktörler, oral hijyen ürünleri ve ilaçlar olmak üzere 3 ana başlık altında incelenmektedir [92].

Beslenme faktörleri

Günümüzde dental erozyonun etiyolojik faktörlerinin genişliği daha iyi anlaşılmış durumdadır. Bir yiyecek ya da içeceğe ait tek bir faktörün dental erozyona neden olamayacağı, süreçte etkili olan birçok kimyasal, biyolojik ve davranışsal faktörlerin varlığına dikkat çekilmektedir [92].

Kimyasal faktörler

Asidik değeri yüksek olan her türlü yiyecek ve içecek dişte erozyon oluşturma potansiyeli açısından risk etkenidir. Örneğin; meyveler ve meyve özlü içecekler, meyve aromalı şekerler, asidik gazlı ve gazsız içecekler, sporcu içecekleri, şarap, elma şarabı, asidik bitkisel çaylar, turşu, salata sosları, sirke, laktovejetaryan yiyecekler gibi diyet ürünleri başta gelmektedir. Çeşitli *in vivo* ve *in vitro* çalışmalarda birçok yiyecek ve içeceğin eroziv özellikleri insan ve hayvan deneyleriyle değerlendirilmiştir [115] (Tablo 5).

Tablo 5. Farklı içeceklerin erozyon potansiyelleri [115].

İçecekler	pH	Tamponlama kapasitesi	Erozyon Potansiyeli
Kola	2,5	0,7	Orta
Karbonatlı Portakal Suyu	2,9	2,0	Orta
Üzüm Suyu	3,2	9,3	Yüksek
Elma Suyu	3,3	4,5	Yüksek
Beyaz Şarap	3,7	2,2	Orta
Portakal Suyu	3,8	4,5	Yüksek
Bira	3,9	0,6	Düşük
Alman Birası	4,4	0,5	Düşük
Maden Suyu	3	0,1	Düşük

Yapılan bu çalışmalar sonucunda, asitli içeceklerin eroziv potansiyelinin sadece pH değerlerine değil, aynı zamanda içeriğindeki minerallere, tamponlama kapasitesine ve yiyecek ile içeceklerin kalsiyum şelasyon özelliklerine, diş yüzeyine adezyonuna, asidin tipine, kalsiyum, fosfat ve florür içeriğine bağlı olduğu bildirilmiştir [116, 117] (Tablo 6). pH değeri, kalsiyum, fosfat ve florür içeriği o ürünün dişe göre doygunluk derecesini belirlemekte ve çözünme için itici güç oluşturmaktadır. Diş sert dokularına göre aşırı doygun çözeltiler, dişi çözmemektedir. Dentin ve mineye göre düşük doygunluk dereceleri, başlangıç yüzey demineralizasyonuna yol açmaktadır. Bunu, lokal pH artışı izlemekte ve diş yüzeyine komşu, sıvının mineral içeriği artmaktadır. Daha sonra mine ve dentine göre doymuş olmakta ve daha fazla demineralizasyon oluşmamaktadır [118].

Tablo 6. Yiyecek ve içeceklerin eroziv potansiyellerini etkileyen kimyasal faktörler [92].

Kimyasal Faktörler
• pH seviyesi
• Tamponlama Kapasitesi
• Asit türü (pKa değeri)
• Sıvının kalsiyum, fosfat ve florid konsantrasyonu
• Dış yüzeyine adezyon kuvveti
• Şelasyon özelliği

Asidik maddelerin eroziv potansiyelini etkileyen en önemli faktörler pH değeri ve tamponlama kapasitesidir. Asiditesi pH ölçümüyle belirlenmektedir[119]. Yiyecek ve içeceğin pH değeri başlangıç hidrojen iyonu konsantrasyonu ölçülerek belirlenmektedir. Asidik maddenin tamponlama kapasitesi ne kadar fazla ise tükürüğün asidi nötralize etmesi de o kadar kısa zaman almaktadır [118].

Tablo 7. Potansiyel eroziv içecek ve yiyecekler [120].

Potansiyel eroziv içecekler	Potansiyel eroziv yiyecekler
Karbonatlı içecekler, meyve aromalı içecekler, meyve suları, enerji ve spor içecekleri	Taze asidik meyveler(üzüm, elma, turunçgiller)
Bazı bitki çayları	Sirke, sirkeli yiyecekler ve soslar(salata sosu, patates çipsi, turşu), ketçap
Alkollü içecekler	Meyveli şekerler

Yiyecek ve içeceklerin içerisinde bulunun temel diyet asitleri; sitrik, malik, tartarik, laktik ve fosforik asittir [90]. Meyve ve sebzelerde daha çok sitrik asit bunun ardından malik asit yer almaktadır. Bütün turunçgil meyveleri ve ticari olarak üretilen birçok ürün (meyveli soda, v.b.) sitrik asit içermektedir. Sitrik asit, pH'ın yükselmesinin ardından bile minedeki kalsiyumu bağlayabilme özelliğini kaybetmemesi nedeniyle yüksek eroziv özelliğe sahiptir. Malik asit; elma, erik ve şeftali gibi meyvelerde, tartarik asit ise; üzüm ve şarap içerisinde yer almaktadır. Laktik asit; özellikle fermente ürünler içerisinde yer alır ve yoğurt, krema, sodalar

ve lahanaya yemeği içerisinde de bulunmaktadır. Fosforik asit; özellikle kolalı içeceklerin içeriğinde bulunmaktadır [121] (Tablo 7).

pH değerleri aynı olsa bile asitlerin tipi ve konsantrasyonları erozyon oluşturma potansiyellerini değiştirmektedir [122]. Rytomma ve ark. [123], minerede demineralizasyonun başladığı kritik pH'nın 5,5 olduğuna vurgu yapmış ve pH'sı 4'ün altında olan asidik ürünlerin dış sert dokularında erozyona neden olacağını bildirmişlerdir.

Lussi ve ark. [124], erozyonun oluşması için kesin bir pH derecesinin hedef gösterilemeyeceğini, düşük pH seviyelerinde bile diğer bir faktörün erozyonu önleyebilecek şekilde baskın olabileceğini belirtmektedirler.

Yüksek tamponlama kapasitesine sahip olan içecekler yüksek oranda erozyon oluşturma potansiyeline sahip olsalar da asitli içeceklerin tükürük akışını uyardıkları da bilinmektedir. Bu durumda önemli bir faktör içeceğin ağızdan temizlenme süresini uzatan bir özellik olan yoğunluktur. İçeceğin yoğunluğu arttıkça erozyon oluşturma potansiyeli de artmaktadır [125]. Meyve sularının yoğunluklarının fazla olmasının yanı sıra içerdikleri asitler yüzünden kolalı içeceklerden daha fazla erozyon potansiyeline sahip oldukları bildirilmiştir [126].

Tablo 8. Diyet asitleri ve kaynakları.

ASITIN TİPİ	DİYET KAYNAĞI
Asetik asit	Sirke içeren yiyecekler, turşu, bazı soslar
Askorbik asit	Çiğnenebilen C vitamini tabletleri, bazı içecekler
Karbonik asit	Karbonatlı içecekler
Sitrik asit	Turunçgiller ve meyve suları, spor ve enerji içecekleri
Malik asit	Elma ve elma suyu
Fosforik asit	Alkolsüz içecekler (kola, vb.)
Tartarik asit	Üzüm, üzüm suyu ve şarap

Meyve suları ve meyve aromalı içeceklerin içinde yer alan organik asitler konsantre meyvelerden elde edilmektedir. Örnek olarak sitrik asit portakal suyundan, tartarik asit üzümden, malik asit elmadan elde edilmektedir [127]. Bu asitler arasında sitrik asit; yüksek pH değerlerinde bile minerede yer alan kalsiyuma bağlanma özelliği nedeniyle en fazla eroziv potansiyeli olan asit olarak kabul edilmektedir [121]. Diğer asitler, içeceklerin tadını

iyileştirmek için üretim aşamasında oluşturulmaktadır. Gazlı içeceklerde yer alan karbonik asit karbondioksidin solüsyonda yer alan formudur. Karbondioksit gazı açığa çıktığı zaman bile içeceğin pH' ı düşüktür. Ayrıca kola benzeri içeceklere fosforik, sitrik ve karbonik asit eklenmektedir [128]. Bunların yanında C vitamini (askorbik asit) ilave edilen içecekler de asidik özellik göstermektedir [127] (Tablo 8). Meyve asitleri ve fosforik asit gibi gazlı içeceklere eklenen asitler aynı miktarda eroziv değildir. Meyve asitleri pH değerleri ve tamponlama kapasitelerine bağlı olarak oral bölgedeki asit ortamın uzun süre devam etmesine neden olabilmektedir [129].

Geleneksel çay ve bazı bitki çaylarının pH'ı mine demineralizasyonu için gerekli kritik pH değerinden daha düşük olsa da bitki çaylarının geleneksel siyah çaylardan 5 kat daha fazla eroziv potansiyeli olduğu bildirilmiştir [130]. Mirkarimi ve arkadaşları yeşil çayın dentin erozyonunun tedavisi üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında yeşil çayın erozyona maruz kalmış dentinin mikro sertliğini artırdığı sonucunu çıkarmışlardır [1].

Hanning ve ark.'nın [131] değişik asit tiplerinin mine üzerindeki çözücü etkisini sıgır dişleri üzerinde inceledikleri in vitro çalışmalarında, asetik asit, sitrik asit, oksalik asit, fosforik asit ve tartarik asitin eroziv potansiyellerini incelemiş ve laktik asiti en eroziv, maleik asiti ise en az eroziv asit tipi bulduklarını bildirmişlerdir.

Erozyon, asidik içeceğin pH'sının yanında, içilme şekli ve ağızda uzun tutulma süresi ile yakından ilişkilidir. Asidik ürünün dişle olan temas süresinin artmasının, erozyonun da artmasına sebep olduğu ifade edilmiştir [132].

Davranışsal faktörler

Dental erozyon, klinik olarak diş dokularının yıkıcı bir şekilde ortadan kaybolduğu şiddetli vakalardan, diş dokularının büyük ölçüde korunduğu belirgin olmayan olgulara kadar birçok şekilde kendini gösterebilmektedir. Dental literatürde, erozyona neden olan iç ve dış kaynaklı asitlerle ilgili güçlü deliller içeren çalışmalar olmakla birlikte, davranışsal faktörlerin de süreçte etkili olduğu açıkça görülmektedir (Tablo 9) [90].

Tablo 9. Dental erozyon oluşumunu etkileyen davranışsal faktörler [90].

Davranışsal Faktörler
• Olağandışı yeme içme alışkanlıkları
• Sağlıklı olmayan yaşam biçimi; uyuşturucu madde kullanımı, alkolizm
• Sağlıklı yaşam biçimi; asidik meyve ve sebzeden zengin beslenme

Dental erozyonun klinik görünümü davranışsal faktörlere bağlı olarak kişiye göre farklılıklar göstermektedir. Asidik maddelerin oral kaviteye ulaşma şekli (pipetle, ağızda tutularak, biberonla ya da direkt yutularak tüketilmesi), tüketim sıklığı ve zamanı, eroziv maddenin dişlerle temas süresine göre klinik görünüm farklılık göstermektedir [46]. Yeme, içme ve yutma alışkanlıkları yiyecek ve içeceklerin dişle temas süresini arttırırsa direkt olarak dental erozyonla ilişkili hale gelirler [90].

Sağlıklı yaşam şekli bir çelişki olarak dişlerde erozyona neden olabilmektedir. Yapılan düzenli egzersizler sonucu vücut su kaybetmekte, bireyler su kaybını genellikle enerji verecek düşük pH içeren şekerli içeceklerden karşılamaktadır. Vücut sıvı kaybettiğinden tükürük salgısı da azalmaktadır. Tükürük salgısının azalması ve bu düşük pH içeren içeceklerin tüketimi dişlere çift yönlü zarar vermektedir [9].

İçeceklerin tüketilmesi sırasında pipet kullanılması dişlerle teması keseceğinden erozyon oluşumunu azaltır. Pipet dişlerin palatinal bölgesine yerleştirilmelidir. Böylelikle içecek doğrudan farenkse geçer [133]. İçecekleri yutmadan önce ağızda tutmak diş yüzeyinde pH'ın belirgin derecede düşmesine neden olur ve erozyonu arttırır. Özellikle asidik gıdaların gece tüketilmesi tükürük salgısının da azalmasıyla erozyon oluşumunu arttırır [133].

Yüksek miktarda dental erozyon gözlenen hastalarda günlük asitli yiyecek ve içecek tüketiminin günde 4 defa veya daha fazla olduğu belirlenmiştir [46].

Ağır spor aktiviteleri sırasında ve sonrasında oluşan dehidratasyon tüketilen sporcu içeceklerinin eroziv etkisini arttırmaktadır [118].

Laktovejeteryanlar arasında dental erozyonun sık olarak görülmesinin nedenleri arasında hiposalivasyon, düşük pH değerine sahip yiyeceklerin abraziv etkili sert, taze yiyeceklerle birlikte sık olarak tüketilmesi sayılmaktadır [134].

Kokain, ekstazi gibi yasal olmayan ilaçlara bağımlı kişiler bu maddelerin yan etkisi olarak ortaya çıkan hiposalivasyon ve dehidratasyon nedeniyle aşırı asidik içecek tüketme eğilimindedirler. Bu nedenle dental erozyon görülme riskleri de fazladır [135].

Biyolojik faktörler

Klinik olarak görülebilir lezyonların meydana gelmesinde etiyolojik faktörün yeterli süre ve sayıda teması gerekirken; bu sürece etki eden ve diş sert dokularının dental erozyon hassasiyetini belirlemede biyolojik faktörlerin de önemli rol aldığı belirtilmektedir (Tablo 10) [90].

Tablo 10. Dental erozyon oluşumunu etkileyen biyolojik faktörler [9, 136].

Biyolojik Faktörler
• Tükürük: akış hızı, bileşimi, tamponlama kapasitesi, uyarılma kapasitesi
• Kazanılmış pelikül: difüzyon sınırı özellikleri, bileşimi, olgunluk derecesi ve kalınlığı
• Diş yapısı: süt veya sürekli, mine veya dentin
• Dişlerin anatomisi ve okluzyon
• Dişlerle ilişkili yumuşak dokuların anatomisi
• Fizyolojik yumuşak doku hareketleri
• Dental materyalin tipi: flor (F) içerip içermediği, floridli hidroksiapatit (FHAP) veya kalsiyum florid (CaF ₂) benzeri partiküllerin bulunması

Tükürük

En önemli biyolojik faktör tükürüktür. Tükürüğün koruyucu mekanizmaları eroziv değişiklikler sırasında rol oynar. Bunlar;

- ✓ Eroziv ajanın ağızda dilue edilmesi ve ağızdan uzaklaştırılması,
- ✓ Asitlerin nötralizasyonunu sağlayarak tamponlanması,
- ✓ Kalsiyum fosfat iyonlarının etkisi ile mine remineralizasyonunu artırıp çözünme hızını azaltması,
- ✓ Protein ve glikoproteinleri ile pelikül oluşturup mine yüzeyini diyet asitlerinin demineralizasyonuna karşı koruması,
- ✓ Remineralizasyonu arttırmak için kalsiyum, fosfat ve florür sağlamasıdır [9, 90, 137, 138].

Kişinin uyarılmamış tükürük akış hızı 0.1ml/dk'dan az ise 5 kat daha fazla dental erozyon oluşma riski taşır [98].

Tükürüğün dental erozyon oluşumundaki rolü; kişisel olarak ve aynı zamanda kişiler arasında tükürüğün içeriğinin değişmesi ve dentisyonun farklı bölgelerindeki tükürük miktarının farklı olması nedeniyle tam olarak anlaşılammaktadır [139].

Tükürük, erozyona karşı ilk koruyucu etkisini akış hızını arttırarak başlatmaktadır. Tükürüğün dişleri korumak için uyarılması, eroziv atak meydana gelmeden önce, koku veya görme gibi ekstra-uyaranlar ve asit ağıza ulaştığı zaman kimyasal ve mekaniksel uyarılarla gerçekleşmektedir. Sitrik veya maleik asit içeriğine sahip eroziv gıda ve içecekler, güçlü bir tepki ortaya çıkarmaktadırlar. Çiğneme de tükürük akışını uyarmaktadır [137, 140]. Yüksek tükürük akış hızı, tükürüğün içeriğindeki organik ve inorganik bileşenlerinin artması ile ilk eroziv atağın minimize edilmesini ve bireyin bu ataktan korunmasını sağlamaktadır. Erozyon süreci ile ilişkili olan inorganik bileşenler; karbonik asit (H_2CO_3), bikarbonat (HCO_3^-), dihidrojen fosfat ($H_2PO_4^-$), hidrojen fosfat (HPO_4^{2-}), kalsiyum (Ca^{+2}) ve florür (F^-)' dur [141, 142]. Bu iyonlar tükürüğün tamponlama kapasitesinin arttırılmasında ve diş bütünlüğünün devamlılığının sağlanmasında görevlidir [143]. Asidik prolinden zengin bir protein olan musin, biofilm ve plak matriksi için önemli bir yapı olup, kayganlaştırma özelliği ile erozyona uğramış alanların abrazyon aşınmasını azaltmaktadır [144].

Tükürük akışını azaltan hastalıklar; bireyin erozyondan korunmasında en önemli biyolojik etken olan tükürüğün; mekanik yıkama ve asidi tamponlama etkisinin yetersizliğine ve asidin kaynağından bağımsız olarak bireyde erozyon oluşma riskinin indirekt olarak artmasına neden olmaktadır. Kontrolsüz yapılan baş-boyun radyoterapisi, sinir sistemi rahatsızlıkları, tükürük bezi hastalıkları, Sjögren sendromu gibi hastalıklar tükürük özelliklerini etkilemelerinden ötürü erozyon oluşumunda indirekt risk taşıyan hastalıklar olarak bildirilmektedirler. Aynı zamanda bazı hastalıkların tedavisinde kullanılan antidepresanlar ve diğer psikoaktif ilaçların da tükürük akış hızını azaltarak eroziv lezyon gelişimine dolaylı olarak katkı sağladıkları bildirilmektedir [9, 145].

Tükürükteki üre konsantrasyonunun biofilm oluşma hızında önemli rolü olduğu gösterilmiştir. Pelikülün kalınlığı ağız içerisindeki bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Biofilm alt büyük azı dişlerin lingual yüzeylerinde en fazla, üst keser dişlerin palatinal yüzeylerinde ise en az kalınlıktadır [146]. Dental erozyonun az gözleendiği kişilerdeki yüksek üre konsantrasyonu daha kalın pelikül oluşumuna neden olmakta ve dental erozyona karşı dişlerin daha fazla korunmasını sağlamaktayken; dental erozyonun fazla olduğu kişilerde,

düşük orandaki üre konsantrasyonu pelikılın olmamasına ve dişlerin erozyona karşı daha hassas olmasına neden olmaktadır [132].

Mine tabakasının demineralizasyonu için kritik pH değeri 5,5 iken dentin ve kök sementi için pH değeri 6,2'nin altı olarak kabul edilmektedir [43]. Dental erozyonun sık olarak gözlemlendiği kişilerde bukkal servikal defektlerin çok görülmesinin sebebi, asitli yiyeceklerin tüketiminden sonra pH değerinin genellikle 6,2'nin altına düşmesidir [147].

Pelikıl

Kazanılmış pelikıl, macunlu fırçalama, kimyasal ve profilaktik uygulamalar sonrasında diş yüzeyinden uzaklaşıp, sürekli olarak yeniden meydana gelen; protein bazlı, bakteri içermeyen bir biofilm tabakasıdır [92, 148]. Pelikıl tabakası; musin glikoprotein, protein ve birçok enzimden meydana gelmektedir [148]. Bu organik tabakanın, diş yüzeyi ağız ortamıyla temas ettikten birkaç dakika sonra elektron mikroskopunda görülebilir hale geldiği belirtilmektedir [149, 150].

Pelikıl, bir difüzyon bariyeri veya seçici geçirgen membran gibi davranarak erozyona karşı koruyucu etkisini gösterir, diş yüzeyi ile asidin direk temasını engeller ve böylece hidroksiapatitin çözünme oranını azaltır [150-153]. Ayrıca erozyonun ilerlemesini etkileyecek olan remineralizasyon elektrolitleri için bir rezervuar görevi görür. Pelikılın kompozisyonu, kalınlığı ve olgunlaşma süresi erozyona karşı gösterdiği koruma seviyesini belirler. Pelikılda bulunan tükürük musinleri demineralizasyona karşı mine yüzeyindeki korumayı artırır. Bu etkilerin dışında, pelikılın karbonik anhidraz VI enziminin de diş yüzeyindeki hidrojen iyonlarının nötralizasyonunu hızlandırarak erozyona karşı koruma sağladığı bilinmektedir [148, 154]. Pelikıl ağız içinde farklı bölgelerde farklı kalınlıklar gösterir ve bu da demineralizasyona karşı gösterdiği koruma seviyesini etkiler. Yapılan bir in situ bir çalışmada 1 saatlik bir sürede en ince pelikıl tabakası (0.3-0.38 mm) üst dişlerin palatinal yüzeyinde oluşurken en kalın pelikıl (0.96-1.06 mm) ise lingual yüzeylerde oluşmuştur [155].

Hannig ve Balz'ın benzer bir şekilde yapılan 24 saatlik çalışmalarında da palatinalde oluşan pelikıl, bukkal ve lingual yüzeylerdekine göre daha ince ve sitrik asite karşı daha az dirençli bulunmuştur [156]. Pelikıl kalınlığı fazla olan alanlarda erozyon görülme olasılığı daha düşüktür [51]. Pelikıl tam kalınlığına 2 saatte ulaşır, bu periyodun ardından olgunlaşma

sürecinin bir parçası olarak bazı yapısal değişiklikler oluşur ve yeni oluşmuş pelikül asite karşı daha dirençli hale gelir. Bu değişimin nedeni enzimlerdir [148, 153, 154, 157].

Diş yapısı

Dental literatürde dental erozyon ile ilgili yapılan in vitro çalışmaların birçoğunda, sert doku örneği olarak sığır minesini kullanıldığı görülmektedir. Sığır minesini, demineralizasyon ve remineralizasyon süreçleri açısından insan minesini yerine geçmek için uygun bir örnek olarak kabul edilmektedir [90, 158].

Yapısal farklılıklarından dolayı daimi dişlerle karşılaştırıldığında süt dişleri erozyona karşı daha dayanıksızdırlar. Mine tabakasının daha ince olması [7] ve morfolojik farklılıklarından [159] dolayı lezyonlar dentine kadar hızla ilerler. Ayrıca immatür dişlerin geniş pulpaya sahip olması nedeniyle pulpal enflamasyon ve pulpa ekspozu daha fazla görülür [160]. Johansson ve ark. Ları [7] süt dişlerinin minesinin daimi dişlerin minesinden daha az mikrosertliğe sahip olduğunu belirlemişlerdir. Bu durum daha az mineralizasyon, mine yüzeyinin daimi dişler kadar maturasyonunun olmaması ve kristal yapısının daha zayıf olmasına bağlıdır [7]. Buna ilaveten, süt dişi minesinin daha fazla su içermesi [161] nedeniyle permeabilitesi daimi diş minesinden daha fazladır [162]. Bu bulgular, süt dişlerinin erozyona karşı daimi dişlerden daha az dirençli olmasını açıklayabilmektedir.

Dişlerin anatomisi ve okluzyon

İnsan dişinin kompozisyonu çok fazla değişiklik gösterir. Klinik çalışmalarda insan dişlerinin asidik içeceklere karşı değişik cevaplar oluşturduğu gösterilmiştir. Dişlerin şekilleri, konturları ve ağızda buldukları bölgeleri yutkunma ve içme olaylarıyla ilgili olup, erozyonu düzenleyen faktörler arasında yer almaktadır [163, 164].

Dişlerin şekil ve konturları, eroziv ajanların retansiyonunu etkileyebileceği için erozyon sürecini değiştirebilmektedir [9]. Dişin ağız içindeki pozisyonu ve lokalizasyonu incelendiğinde, major ve minör tükürük bezlerinin kanal ağzlarına olan mesafesine bağlı olarak, tükürük ile temizlenme oranlarında farklılıklar olduğu bilinmektedir. Bu farklılıklardan dolayı, üst kesici dişlerin dudak yüzeylerinin erozyon hassasiyeti yüksek, alt kesici dişlerin dil yüzeylerinin ise erozyon hassasiyetinin düşük olduğu bildirilmektedir [92, 165].

Yumuşak dokuların anatomisi ve fizyolojik hareketi

Yumuşak dokuların anatomisi ve fizyolojik hareketleri, asidik birikintilerin diş yüzeyleri ile temasını sağlamakta ve erozyonun oluşacağı bölgeyi belirlemeye yardımcı olmaktadır. Bu olay dişlerin madde kayıplarında direkt etkili bir rol oynamaktadır. Özellikle şiddetli eroziv lezyonların dilin temas ettiği palatinal yüzeylerde gözlenmesi bu olayı açıklamaktadır [102, 164]. Buna karşın dışsal nedenlerle oluşan eroziv lezyonlar ön dişlerin labial yüzeylerinde ve içsel nedenlerle oluşan eroziv lezyonlar üst keserlerin palatinal yüzeylerinde meydana gelse de, yumuşak dokuların özellikle dil, dudak ve yanakların hareketleri ile her dişin herhangi bir bölgesi etkilenebilir ve erozyonun nedeni lokalizasyonuna göre tespit edilemeyebilir [95].

Gregg ve ark. [166], dilin abrazyon etkisini inceledikleri *in vitro* çalışmada, dilin erozyon ile yumuşamış mine ve dentini aşındırabileceğini ve bu durumun, diş dokusu kaybını arttıracığını bildirmişlerdir.

Oral hijyen alışkanlıkları ve ilaçlar

Ağız hijyen uygulamaları, dental erozyona neden olabilecek sağlıklı yaşam tarzı ile de ilişkilendirilebilen bir etiyolojik faktör olarak nitelendirilmektedir [92].

Yapılan çalışmalar, asidik meyve suları tüketildikten sonra dişlerin fırçalanmasının erozyon sürecini hızlandırdığını göstermiştir [167, 168]. Levitch ve arkadaşları [169], erozyon ve abrazyonun, diş yıkım sürecinde sinerjik etki gösterdiklerini rapor etmiş ve bunun sonucu olarak asidik içecek ve yiyecek alımı sonrası diş fırçalamanın diş erozyonunu hızlandıracağını bildirmişlerdir.

Diş temizliğinin takıntı haline gelmesi de dental erozyona neden olabilecek bir diğer etiyolojik faktördür. Asidik etkenlere maruz kalan diş yüzeylerindeki doku kaybının, abrazyon diş macunları ve kuvvetli diş fırçalama ile uygulanan mekanik kuvvetler sonucunda arttığı bilinmektedir [170]. Lussi ve Schaffner [171], çürüksüz servikal lezyonların oluşumunda erozyon ve abrazyonun sinerjistik etkisinin olduğunu bildirmişlerdir.

Diş yüzeylerinde başlangıç aşamasındaki demineralizasyon, geri dönüşümlü olarak kabul edilir ve tükürük tarafından tamir edilebilir. Asit atağın hemen ardından dişlerin

fırçalanması, kısmi olarak demineralize olan diş yapısının, tükürük ile remineralize olmadan uzaklaşmasına ve dişte geri dönüşümsüz yıkıma neden olmaktadır. Belki de diş hekimleri, “Her yemekten sonra diş fırçalama” mesajını gözden geçirmelidirler [90].

Ağız hijyeninin önemi hakkında yüksek bilince sahip hastalar düzenli kontrollerini yaptırmakta ve bu kontrol muayeneleri genellikle polisaj işlemlerini de kapsamaktadır. Her defasında mikron düzeyinde mine kaybına neden olarak minenin floridinden zengin dış tabakasının kaybı ile sonuçlanan ve minenin asitlere direncini düşüren bu işlemlerin, dişlerin erozyona hassasiyetini arttırdığı bilinmektedir [172].

Diş beyazlatma ise, günümüzde hastaların oldukça ilgi gösterdiği bir alandır. Beyazlatma ajanlarının profesyonel kullanımı yaygınlaşmaktadır. Beyazlatıcı ajanların, kazanılmış pelikül tabakası dâhil olmak üzere, diş üzerindeki organik tabakayı uzaklaştırarak etki gösterdiği bilinmektedir. Bunun da dişin dental erozyona hassasiyetini arttırdığı sonucuna varılmıştır [90].

Uzun süre ve sık olarak kullanılan asidik ilaçlar da dişlerde eroziv lezyonlara neden olabilmektedir [173]. Sıklıkla ilaçların asidik etki gösteren formları likit ve efervesan tabletlerdir. İlaçlara ilave edilen asidik maddeler; ilaçların vücuttaki salınımını kontrol etmek, hasta konforunu sağlamak ve ilacın tadını iyileştirmek için kullanılırlar [174]. Uzun zaman kullanılan antibiyotikler, kardiyovasküler ilaçlar, GİS ilaçları, potasyum ilaçları ve C vitamini efervesan tabletlerinin dişlerle direkt temas etmeleri ve sık tüketilmeleri nedeniyle erozyona neden olabilmektedirler [90, 173].

Sıvı hidroklorik asit, ‘aklorhidri’ olarak adlandırılan ve mide duvarının hidroklorik asit yapma yeteneği olmayan hastaların tedavisinde kullanılır. Bu tedaviyi gören hastalarda şiddetli derecede erozyon gözlenmektedir [90].

Asetilsalisilik asit (aspirin) dünya çapında en çok kullanılan ilaçlardan biridir. Sullivan ve Kramer jüvenil romatoid artrit teşhisi konan ve uzun süre aspirin kullanan 42 çocuğu muayene etmişler, aspirini çiğneme tableti formunda alan çocuklarda, dişlerin okluzal yüzeylerinde erozyon tespit ederken, aspirini yutan çocuklarda erozyona rastlamamışlardır. Ağrı kesici ilaçların da sitrik asit içermeleri nedeniyle erozyona neden olabileceği düşünülmektedir [175].

Özetlemek gerekirse, düşük pH’lı, dişlerle uzun süreli ya da sık temasta olan herhangi bir ilaç ya da oral hijyen ürünü erozyona neden olma potansiyeline sahiptir. Ancak çoğu ilaç ya

da oral hijyen ürünü günde 1-2 kez ve kısa süreli kullanılmaktadır. Ayrıca, bu ürünlerin erozyona yol açma potansiyelleri bahsettiğimiz etkenlerce de modifiye edilmektedir. Bu nedenlerle, asidik pH'lı ürünlerin, tükürük akış hızı düşük olan bireylerce kullanımı sırasında dikkatli olunması gerekmektedir [90].

Mesleki ve sportif faktörler

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 (pil 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 pil fabrikasında çalışan işçilerde olduğu görülmüştür [90].

Yüzme havuzlarında genellikle gaz klorlamanın yapılması sonucu ortaya çıkan hidroklorik asit, bu havuzda çok uzun süre kalan yüzücülerde erozyon riskini artırmaktadır. Havuz suyunun tavsiye edilen pH seviyesi 7.2-8 arasındadır. Ancak pH'sı 2.7 olan havuzda yüzen profesyonel yüzücülerin %39'unda erozyon görülmüştür [117]. Yüzücüler için erozyon riski havuzda kalma süresi ve eğitim miktarıyla doğru orantılıdır.

Şarap; düşük pH, düşük kalsiyum ve fosfat içeriğine sahip eroziv potansiyeli olan bir içecektir. Profesyonel şarap tadıcılığı dünyanın her yerinde yaygındır. Şarap tadıcıları en az beş gün boyunca günde ortalama 20-50 adet farklı şarap tadarlar. Şarap tadıcılarında eroziv lezyon görülme olasılığı, tükürük akış hızı, tamponlama kapasitesi ve kaç yıldır şarap tadıcılığı yaptığı ile yakın ilişkilidir. Yıllar arttıkça eroziv lezyonların şiddetinin arttığı görülmüştür [176].

2.2.4.4. Erozyonun oluşma mekanizması

Mine ve dentin benzer bileşenleri içermelerine rağmen, yapısal olarak birbirlerinden oldukça farklıdır. Her ikisi de milyonlarca küçük kristalden meydana gelir. Minenin ağırlıkça %96'sı mineralden oluşmaktadır. Ancak bileşenleri hacimce hesaplanacak olursa, minenin

organik yapısı ve su içeriği dentine göre daha önemli bir rol oynamaktadır (Tablo 11). Moleküller, mineral kristali çevreleyen su/protein/lipit matriksten diffüze olmaktadır [177].

Tablo 11. Toplam doku içinde mine ve dentinin hacimce yüzde değerleri [177].

İçerik	Mine	Dentin
Karbonatlı Hidroksiapatit	85	47
Su	12	20
Protein ve lipit	3	33

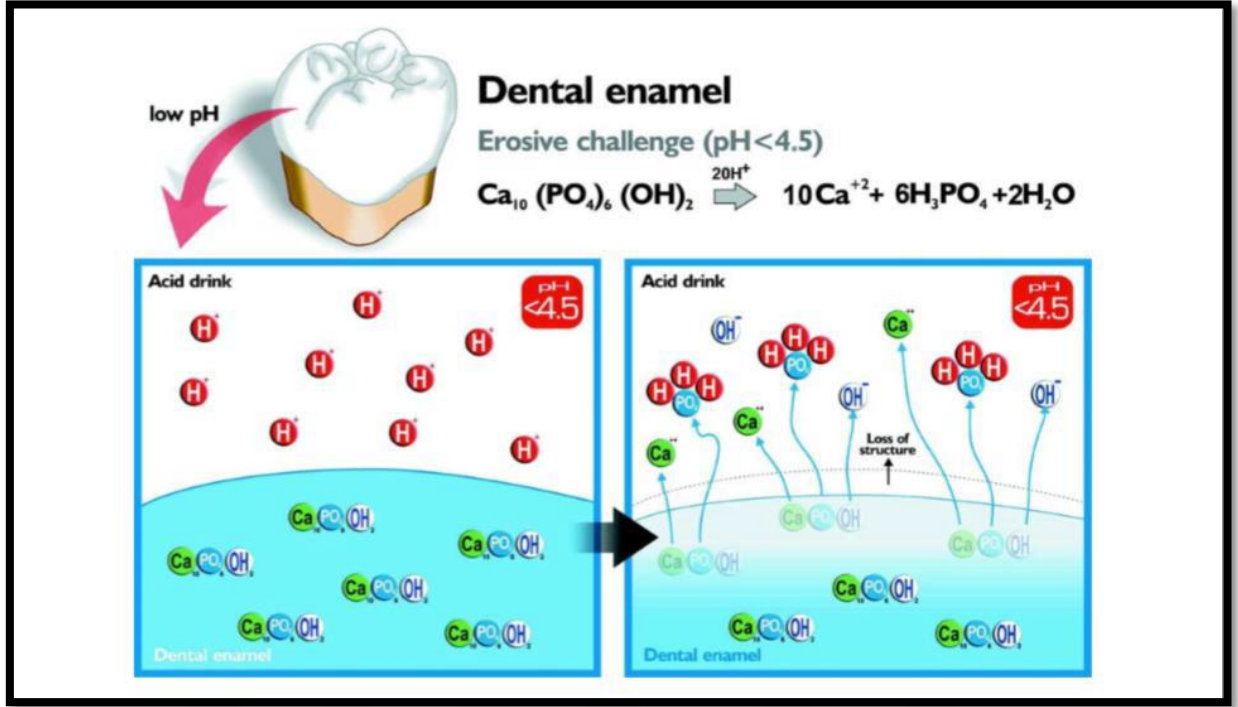
Diş ve kemiklerdeki mineral, yüksek oranda hidroksiapatitten (HAP) oluşur ve bu HAP, kalsiyum eksikliği olan karbonatlı HAP olarak adlandırılır. Bazı kalsiyum iyonları; sodyum, magnezyum ve potasyum gibi diğer metal iyonları ile (sodyum en fazla olacak şekilde) toplamda %1 oranında yer değiştirebilmektedir. Bazı OH⁻ iyonları F⁻ iyonları ile yer değiştirebilir. Ancak majör değişim, karbonatın (CO₃²⁻) fosfat (PO₄³⁻) ile yer değiştirmesidir. Mineral kristal örgüsü içindeki bu değişimler, özellikle de karbonatın değişimi yapıyı bozmaktadır. Bu değişimler nedeniyle mine ve dentin minerali, aside karşı HAP'e göre daha fazla çözünür özelliğindedir. HAP ise florapatite (FAP) göre daha fazla çözünür yapıdadır [175, 178].

Dentin ve mine benzer mineral bileşimine sahip olmasına rağmen, karbonat içeriği dentinde daha fazladır. Karbonat içeriği minede yaklaşık olarak %3 iken dentinde %5-6'dır ve bu da dentini aside karşı daha çözünür yapmaktadır. Ayrıca dentin içindeki kristaller minedekilerden daha küçük olduğundan, dentinin gram başına düşen yüzey alanı çok daha fazladır. Dolayısıyla daha fazla dentin yüzeyi asit ataklarına maruz kalır [175].

Minenin su içeriği, erozyon işlemi sırasında, asitlerin ve diğer bileşenlerin diş içine, kalsiyum ve fosfat gibi minerallerin ise dişten dışarıya doğru difüzyonu için yeterlidir [179]. Asidik solüsyon mine ile temas kurduğunda, ilk geçişi pelikül üzerinden yapmak zorunda kalır ve yalnızca bu şekilde mine ile etkileşime girebilir [148].

pH=4,5 değerinden daha düşük olan asidik içecekler, mine yüzeyindeki apatit kristallerinin kolaylıkla çözünmesine neden olur [180]. Dişlerin kimyasal aşınması asitlerden ya da kalsiyuma bağlanabilen anyonlardan elde edilen hidrojen iyonu (H⁺) ile oluşmaktadır.

H⁺ iyonu dişin yapısında bulunan Ca veya PO₄ iyonu ile birleşerek çözünmesine neden olur [8] (Şekil 3).



Şekil 3. Asitli içecekler (pH<4,5) nedeniyle diş yüzeyinde oluşan mineral kaybı [8]

Dentin, uygun konsantrasyonda asit ataklarına maruz kaldığında, minerallerde çözünme başlarken organik kısımda herhangi bir çözünme gerçekleşmez. Ancak; sitrik asit gibi güçlü bir aside maruz kaldığında organik kısımda çözümler başlar. Dentinin yüksek organik matriks içeriği, demineralizasyon ajanlarının daha derinlere gitmesini sağlarken aynı zamanda diş minerallerinin dışarı hareketine engel olmaktadır [181]. İlk olarak peritübüler ve intertübüler dentin aynı hızla uzaklaşırken ilk dakikadan sonra peritübüler dentin çözünmeye devam ederken, intertübüler dentin daha stabil kalmaktadır. Asit atağı devam ettikçe demineralizasyon hızında azalma gözlenmektedir. Demineralize matriks belli bir kalınlığa ulaştığında, mineral kaybı belirgin şekilde azalmaktadır. Çözünmüş mineraller organik matriksin hemen uzaklaşmasını engelleyerek saturasyon artışını gerçekleştirirler. Bu süreç bir miktar kollajenin tamponlama kapasitesi sayesinde meydana gelir. Bunun aksine; organik matriksin ortadan kalkması çözünme hızını arttırmaktadır [8].

Mine ve dentinde, eroziv bir saldırıya maruz kalmış ve yumuşamış bir yüzey eğer direkt olarak zarar görmemişse remineralize olabilir, tükürük; asiti tamponlar ve pH'ı nötr seviyeye getirir. Bu durumda tükürük veya diğer kaynaklardan gelen kalsiyum ve fosfat remineralizasyonu sağlayabilir ve sadece yeterli florid varlığında asit içerisinde daha az çözünür olan mineral yüzeyi oluşturur. Ancak ciddi bir erozyon sorunu varsa, özellikle de sitrik asit gibi bir şelatör varsa, korumayı engelleyip direkt olarak yüzeyi aşındıracaktır [177].

2.2.4.5. Erozyon nedeniyle diş sert dokularında oluşan demineralizasyonu değerlendirme yöntemleri

İn vivo çalışmanın zorluğu nedeniyle daha çok in vitro ve in situ olarak yürütülen erozyon çalışmalarından elde edilen sonuçlar ile erozyonun oluşum süreci anlaşılabilir ve erozyona yönelik semptomatik tedavi geliştirilebilir. Bu nedenle, diş sert dokularında oluşan doku kaybının ya da kazanımının ölçülmesinde kullanılacak yöntemin kantitatif olması ve tekrarlayan ölçümlere imkan sağlaması gereklidir [182].

Diş sert dokularında erozyon nedeniyle oluşan mineral kaybının ölçülebilmesi için pek çok yöntem geliştirilmiştir. Her bir yöntemin farklı avantajları ve dezavantajları olmakla birlikte henüz ideal bir yöntem yoktur [183].

Dental erozyon araştırmalarında, kantitatif (niceliksel) yöntemler olan mikro ve nanosertlik ölçümleri, yüzey profilometrisi, mikroradyografi, atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ve kimyasal analizlerin yanı sıra kalitatif (niteliksel) bir yöntem olan tarayıcı elektron mikroskopisi (SEM) yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüzey sertlik analizleri ve diş sert dokularında oluşan mineral kaybının ya da kazanımının indirekt olarak ölçülebildiği kimyasal analizler çoğunlukla başlangıç aşamasındaki erozyon lezyonlarında meydana gelen mineral değişiminin ölçülmesinde kullanılırken; yüzey profilometrisi (kontakt veya non-kontakt) ise daha çok ilerlemiş erozyon lezyonlarının ölçülmesinde kullanılır. Diş sert dokularında erozyona bağlı oluşan morfolojik değişimlerin incelenmesinde ise SEM ve AFM'den faydalanılır [184].





Yüzey mikrosertlik değeri ölçümü

Başlangıç aşamasındaki mine erozyonu lezyonlarında meydana gelen kısmi demineralizasyonun değerlendirilmesinde en uygun yöntem yüzey mikrosertliğinin ölçümüdür.

Uygulanabilirliği kolay ve diğer tekniklerden nispeten düşük maliyetli bir yöntemdir. Aside maruz kalmış diş sert dokularındaki yumuşama olarak da belirtilen sertlik kaybının ölçülebildiği bu yöntem, erozyon lezyonlarının de- ve remineralizasyonunun araştırıldığı in situ ve in vitro çalışmalarda sıklıkla kullanılan kalitatif bir yöntemdir [124, 185, 186].

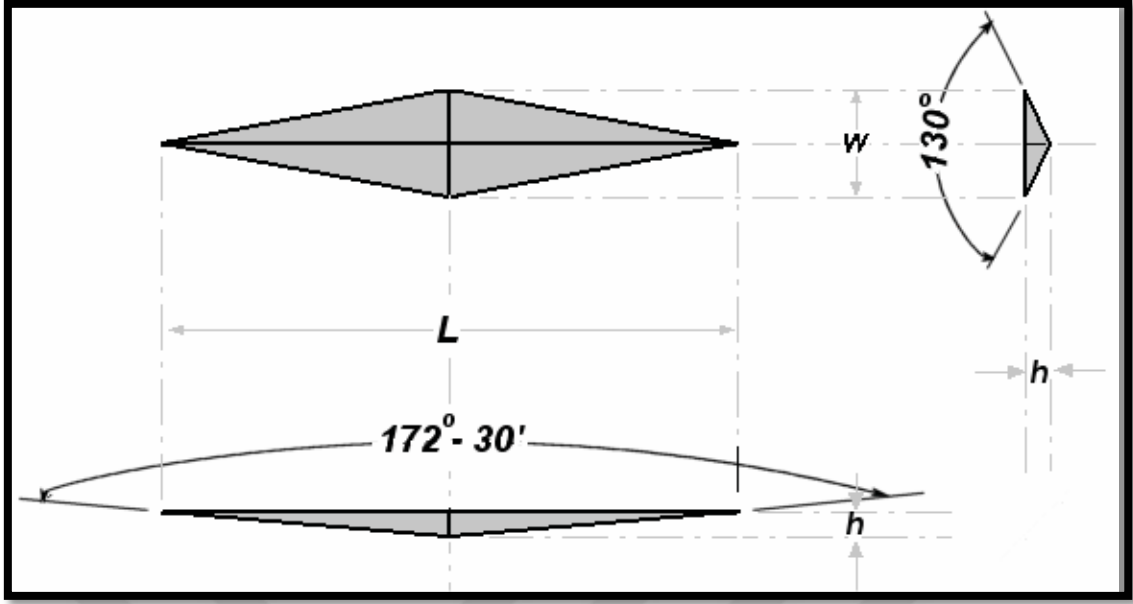
Mikrosertlik ölçme yöntemleri arasında Brinell, Rockwell, Vickers ve Knoop yöntemleri bulunmaktadır [187] (Tablo 12). Kullanılacak olan yöntemin seçimi, incelenecek olan materyale bağlıdır. Brinell ve Rockwell testleri elastik materyaller için uygunken, Vickers ve Knoop yöntemleri diş gibi sert ve kırılabilir yapılar için daha uygundur [188]. Mikrosertlik ölçümünde, cihazın elmas uçlu iğnesi, örneğe belirli oranda kuvvet uygulayarak örneğin içersine bir miktar gömülür. Elmas uç yardımıyla lezyonun farklı bölgelerinden penetrasyon derinlikleri ölçülerek ‘Vickers veya Knoop’ sertlik değeri olarak kaydedilir ve elde edilen değerler sağlam mine yüzeyine ait değerler ile karşılaştırılır [189].

Tablo 12. Mikrosertlik ölçüm testleri [187].

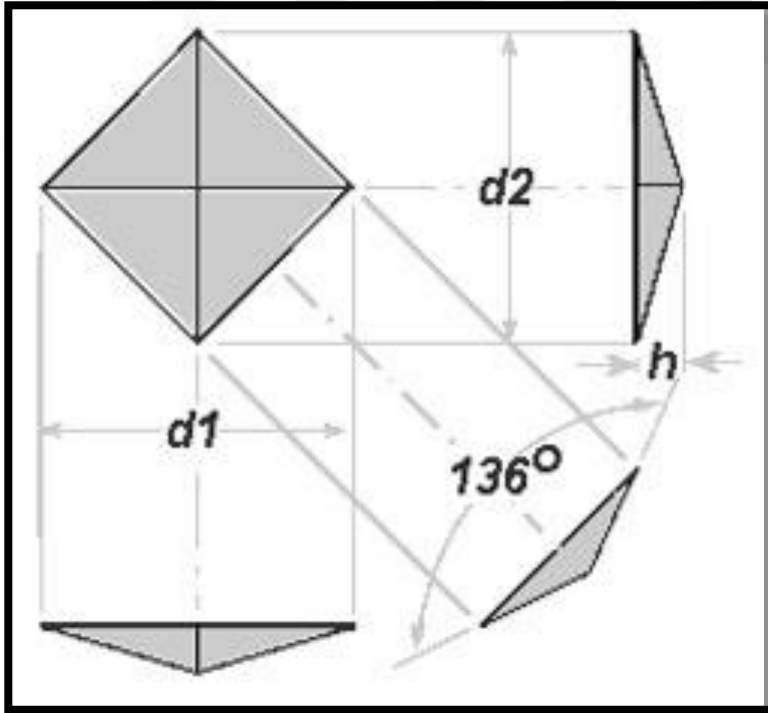
Test	Uç	İz şekilleri	Ölçüm	Sonuç birimi
Brinell	Küresel çelik uç		İz alanı	BHN
Knoop	Elmas uç		İz alanı	KHN
Rockwell	Küresel çelik uç		İz derinliği	Rockwell
Vickers	Elmas uç		İz alanı	VHN

Demineralizasyona bağlı olarak lezyon yüzeyinde oluşan mikrosertlik kaybı ve artışı; sert dokunun, paralel kenarlı eşkenar dörtgen biçimindeki Knoop ya da 4 kenarlı piramit formdaki Vickers elmas ucun penetrasyonuna direnciyle ölçülür [190] (Şekil 4 ve Şekil 5). Sertlik ölçümü, uygulanan kuvvet ve gözlenen değişimlere göre; makro, mikro veya nano dereceli olarak tanımlanabilmektedir.

Knoop ve Vickers mikrosertlik testleri, belli zaman süresince yük altındaki statik mikro elmas ucun, test edilen materyal yüzeyine kuvvet uygulamasından oluşmaktadır. Sertlik sonuçları, yük kaldırıldıktan sonra bu işlemde elde edilen çok küçük izdüşüm uzunluğunun bir mikroskop ile ölçülmesiyle elde edilmektedir [191]. Bu testte elde edilen değerler doğru ve güvenilirdir. Kullanılan elmas uç zamanla bozulmamaktadır ve tüm sert materyaller için kullanılabilir. Kullanılan elmas uç zamanla bozulmamaktadır ve tüm sert materyaller için kullanılabilir.



Şekil 4. Knoop ucunun şekli ve ucu oluşturan açılar



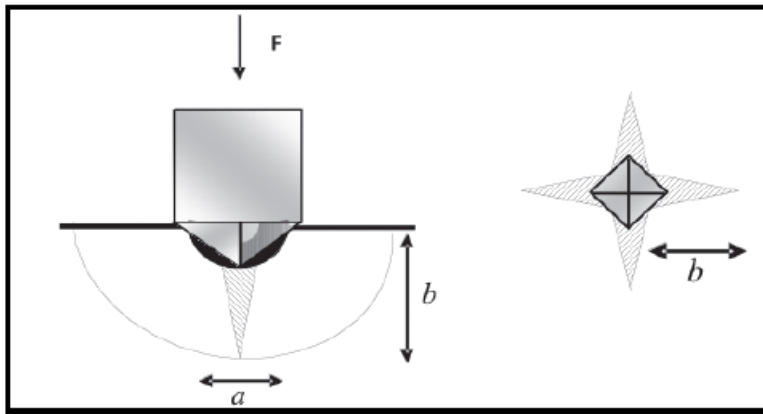
Şekil 5. Vickers ucunun şekli ve ucu oluşturan açılar

Vickers sertlik testinde temel prensip; kare tabanlı piramit şeklindeki elmas ucun batmasına karşı oluşan direncin ölçülmesidir. Elmas piramidin yüzeyleri arasında 136° 'lik açı mevcuttur. VHN (Vickers Hardness Number), uygulanan yükün oluşan batma alanına

bölünmesiyle hesaplanır [187, 192]. Sertliği ölçülecek materyal üzerine piramit şekilli elmas uç ile kuvvet uygulanarak bir iz oluşturulur (Şekil 6). Yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen kare şeklindeki izin köşegenleri ölçülür [193, 194]. Bu ölçüm, cihaza ilave edilmiş bir mikroskop yardımıyla ölçme ekranına aktarılarak, ölçüm ekranındaki iki cetvel yardımıyla, köşegenlerin uzunluklarının ayrı ayrı ölçülüp ortalamasının alınmasıyla yapılmaktadır (Resim 2). Vickers sertlik değeri kg olarak ifade edilen deney yükünün mm^2 olarak ifade edilen iz alanına bölümü olup $HV=1.854 \times \text{kuvvet} / (\text{taban köşegeni})^2$ formülü ile hesaplanır [195]. İz alanı ne kadar küçükse elde edilen Vickers sertlik değeri o kadar büyük olur ve materyalin daha sert olduğunu gösterir [196, 197].

Bu yöntemin avantajı oldukça doğru sonuçlar vermesi ve elmas ucun tüm materyaller için uygun olmasıdır. Ayrıca zamana ve kullanıma bağlı bozulmaması da önemli bir avantajdır [197]. Hazırlanan örneğin farklı bölgelerinden ölçüm yapılabilmesi mümkündür ve bu işlemler örneğe bir zarar vermez [198].

Dezavantajları ise optik ölçüm için örnek yüzeyinin çok düzgün olmasının gerekmesi ve ölçüm işleminin nispeten uzun sürmesidir [194] (Tablo 13).



Şekil 6. Vickers geometrisinin şematize edilmesi. F = uygulanan kuvvet, a = plastik deformasyon bölgesi, b = radial/merkez çentik hattı [199].

Knoop ve Vickers testleri, Brinell ve Rockwell makrosertlik testlerine göre “mikrosertlik testleri” olarak sınıflandırılır. Hem Knoop hem de Vickers testleri 9,8 N’den düşük yükler uygular. Oluşan izler küçüktür ve 19 μm ’den az derinliktedir. Bu nedenle, ince

objelerin küçük bölgelerindeki sertliği ölçebilirler. Rockwell ve Brinell testleri daha büyük alanlarda ortalama değerler verir [187].

Tablo 13. Vickers ve Knoop testlerinin avantajları ve dezavantajları.

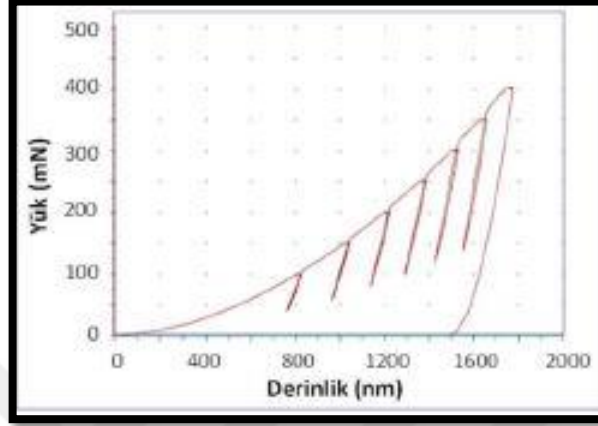
Vickers Testinin Avantajları	Knoop Testinin Avantajları	Knoop Testinin Vickers Testine Göre Dezavantajları
* Çok yüksek oranda doğruluk payı	*Dar ve uzun alanlarda daha başarılı olması	*Yüzey şartlarına daha duyarlı olması
*Tüm materyaller için tek bir uç kullanılması	*Kırılgan ve çok ince materyaller için daha iyi olması ise Knoop sertlik testinin, Vickers sertlik testine karşı gösterdiği üstünlüklerdendir	*Hesaplama Vickers kadar hassas olmaması
*Tüm yumuşak ve sert yüzeylere tam adapte olabilmesi ve hassas ölçüm		*Küçük yuvarlak yüzeylerde Vickers kadar hassas olmaması
*Elmas uç zamanla deforme olmaz, uzun süre kullanılabilir.		

Nanosertlik ölçümü (nano-indentasyon)

Nano sertlik cihazı; değişik malzemelerin (yumuşak, sert, kırılgan ve esnek) ve bu malzemelerden oluşturulan ince filmlerin mekanik özelliklerini (sertlik, elastik modülüs) belirlemekte kullanılır. Nano indentasyon testi, uygulanan yüklemeye karşı bir malzemenin verdiği tepkinin mekanik özelliklerini incelemede kullanılmaktadır. Bu teknik uygulanan kuvvet ve indenterin penetrasyonun derinliğine bağlı tüm yüklemeye ve geri yüklemeye boyunca yapılan sürekli kayıt prensibine dayanmaktadır. Ölçüm yapılacak materyal üstünde yer değişikliği yapılması ve farklı farklı işaretlenen alanlardan ölçüm alınması mümkündür. Nano indentasyon metodu 1992 yılından itibaren küçük ölçekteki materyallerin sertlik, esneklik gibi mekanik davranışlarının ölçümünde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [200].

Nano indentasyon ölçümünde konik bir indenter numuneye bastırıldığında hem elastik hem de plastik deformasyonlar bir arada meydana gelir. Oluşan iz tamamen indenterin şeklini almıştır. Fakat ilk boşaltma boyunca elastik toparlanma, temas şeklinin değişmesine neden olur. Tekrar yüklemeye ise tamamen elastik deformasyonla iz, yeniden indenterin şeklini alır. Bu

çevrimde boşaltmada meydana gelen olay, tekrar yüklemeye meydana gelenin tam tersidir [201]. Bir ölçüm içerisinde birden çok yükleme-geri yükleme yapılarak derinliğe bağlı mekanik özelliklerin değişimi ölçülebilmektedir. Kullanıcılar kendi belirledikleri yükleme profillerini oluşturabilmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Çoklu yük- derinlik grafiği

Nano indenter cihazı dört bölümden oluşmaktadır. Bunlar: nano ve mikro indentasyon ataçmanı, mikro çizik test cihazı, atomik kuvvet mikroskobu ve optik mikroskoptur.

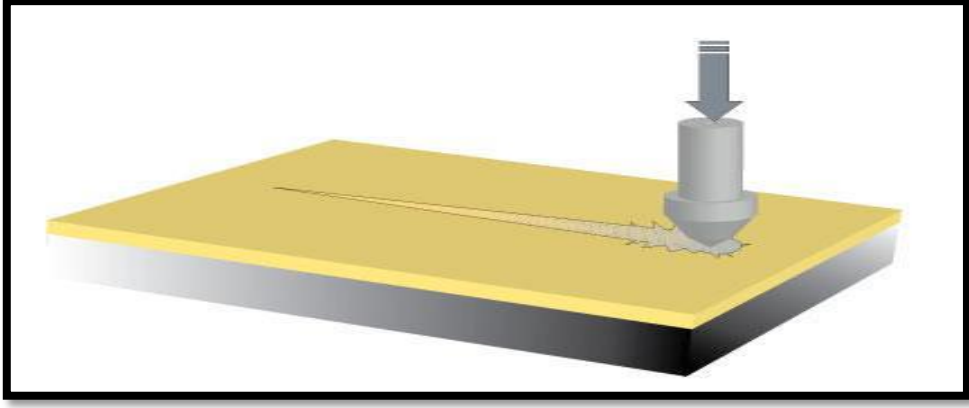
Mikro indentasyon test cihazı 0,5-20 N aralığında 180 µm maksimum derinlikte Vickers tipi indenter kullanarak ölçüm yapmaktadır. Nano indenter ise 0,1 mN-400 mN yük aralığında maksimum 100 µm derinlikte Berkovich tipi indenter kullanarak ölçüm yapmaktadır.

Uygun bir indenter kullanılarak örnek yüzeyine dik olacak şekilde belirlenen bir maksimum değere kadar yük uygulanır ve bu maksimum yük değerine ulaştıktan sonra tekrar dereceli olarak geri yükleme yapılır. Yükleme ve geri yükleme sonucunda elde edilen Yük (N) - Derinlik (nm) eğrileri analiz edilerek örneğin mekanik özellikleri belirlenir.

Mikro Çizik (Scratch) Test Cihazı

Mikro çizik test cihazı, ince film ve kaplamaların yüzeylerinin kırılma, deformasyon ve yapışma gibi mekanik özelliklerini belirlemek için kullanılır. Aynı zamanda altlık ve film sisteminin sürtünme ve yapışma kuvvetini karakterize etmede kullanılır.

Bu teknik keskin bir uç ile malzemede kontrollü bir çizik oluşturmaya dayanır (Şekil 8). Kritik yük değerinde kaplamada kırılmalar başlar. Kritik yükleme değeri yükleme koluna eklenmiş olan ses duyuracağı ve optik mikroskop ile saptanır.

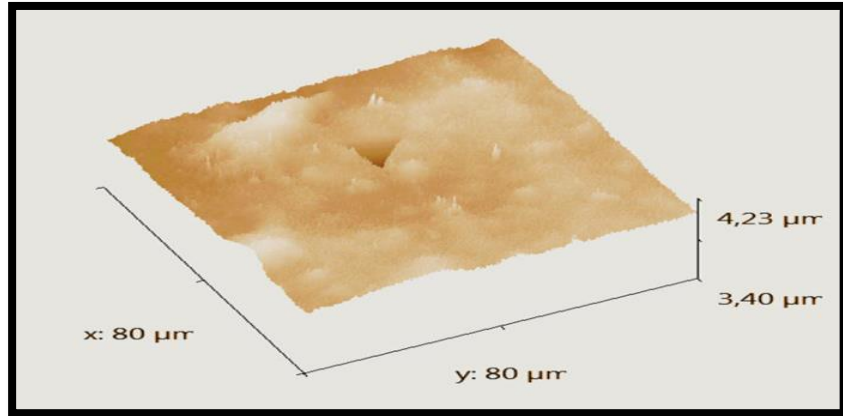


Şekil 8. Mikro çizik testinin şematik gösterimi

Mikro çizik cihazı ile yüzeyde oluşturulan çizigin optik görüntüsü üzerinde derinlik, akustik ve sürtünme kuvveti ölçümleri analizi yapılabilmektedir. Mikro çizik test cihazı; 30 mN- 25 N yükleme aralığında, 0.4-500 mm/dk çizik hızına ulaşarak, 1mm derinlik ve maksimum 12 mm çizik uzunluğu meydana getirecek şekilde ölçüm alır.

Atomik Force Mikroskop (AFM)

Mekanik test cihazında bulunan AFM cihazı ile yüzey üzerinde yapılmış olan indentasyon izleri 3 boyutlu olarak görüntülenebilmektedir. Hassas yer belirleme özelliğiyle optik mikroskopta belirlenen noktalardan ölçüm alınabilmektedir (Şekil 9).

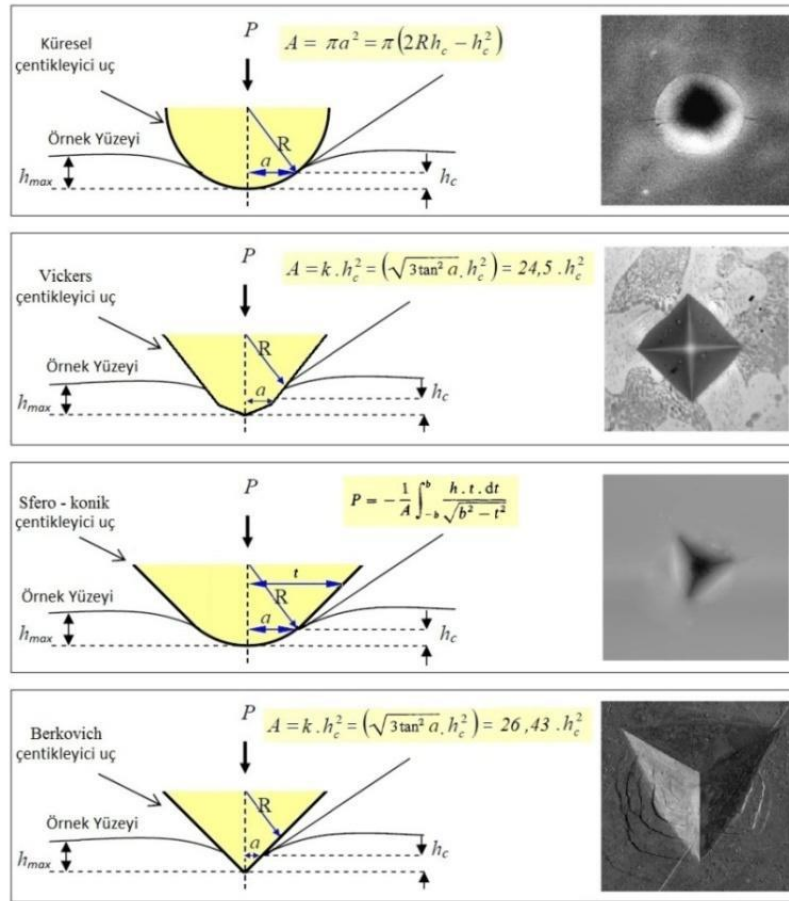


Şekil 9. Berkovich indentasyon izinin 3 boyutlu görüntüsü

Optik Mikroskop

Optik mikroskop, temelde iki mercek sisteminden oluşur. Bir tek sistemin (objektif) verdiği görüntü, ikinci bir sistemle (oküler) daha da büyütülür. Böylece, bir büyüteçle elde edilebilenden çok daha yüksek bir büyütme gücü sağlanır.

Nano indentasyon cihazlarında dört farklı uç kullanılır. Bunlar; Berkovich, Küresel, Vickers ve Sferokonik çentikleyici uçlardır (Şekil 10). Farklı malzemeler için uygun uç seçilmeli, kalibrasyon işlemi düzenli olarak yapılmalıdır. Metaller ve elmas gibi elastisite modülü ve sertliği yüksek malzemelerde Berkovich veya Vickers uçları, düşük malzemelerde de Sferokonik veya Konik uçlar tercih edilmektedir [202].



Şekil 10. Vickers, Berkovich, Küresel ve Sferokonik Çentikleyici Uçlar

Geleneksel test metotları kullanılarak diş dokuları ve dental materyallerin mekanik özelliklerinin incelendiği çalışmalarda, uygulanan kuvvetin yönü ve büyüklüğünün araştırmacının tercihi doğrultusunda olması nedeniyle gözlenen penetrasyon derinliğinin

subjektif olmasından kaynaklı sonuç farklılıkları olabilmektedir [203-207]. Geleneksel yöntemlerde, standardizasyonun sağlanması için örnek hazırlama aşamasının zor olması farklı çalışmalarda farklı sonuçların elde edilmesine neden olabilmektedir [203, 208-210]. Geleneksel test yöntemlerinde uygulanan kuvvetlerin dokuların bütünlüğünü ve dolayısıyla sonuçları etkileyebilecek düzeyde yüksek olması da başka bir olumsuzluktur [208, 211, 212]. Geleneksel yöntemlerin çoğunda tek bir ölçüm ile birden çok özelliğin ölçülmesi zordur [213]. Tüm bu nedenlerden dolayı nanoindentasyon test yöntemlerinin diş hekimliğinde uygulanmaya başlaması önemli bir gelişmedir. Bu yöntemde 0,1 mN gibi düşük kuvvetler uygulanabilmekte, diş dokularına ve dental materyallere ait örneklerde batma derinliği 1 µm'den küçük ölçekli bir alanda yüksek çözünürlükte ölçüm yapılabilmektedir [214-217]. Nanosertlik ölçümü, mikrosertlik ölçüm yöntemiyle aynı prensiplere sahip olmasına rağmen daha küçük ölçeklidir. Yüzeydeki küçük değişiklikleri daha hassas bir şekilde belirleyebilmektedir. Bu teknik başlangıç erozyon çalışmalarında daha etkili olabilmektedir [218]

Nanoindentasyon yönteminin dişhekimliğinde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte diş dokuları ve dental materyallerin mekanik özelliklerinin incelendiği çalışma sayısı da artmıştır [206, 219-224].

Nanoindentasyon yöntemi kullanılarak, yüzey sertliği, dinamik sertlik ve elastisite modülü değerleri ölçülebilmektedir [225]. Gerekli yazılım ve ilgili programlar ile, akma dayanımı, gerilme, gerinim, kırılma tokluğu gibi özellikler de hesaplanabilmektedir. Nanoindentasyonun geliştirilmesi ile özellikle diş sert dokuları (mine ve dentin) ile, kompozit ve cam iyonomer materyallerinin, sertlik, elastisite modülü, akma dayanımı, gerilme, gerinim ve kırılma tokluğu değerleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır [226-229].

Yüzey profilometresi

İn vitro ve in situ dental erozyon çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir diğer teknik olan yüzey profilometresi, incelenecek diş sert dokusu yüzeyinin mekanik ya da optik uç ile taranarak iki (2D) ya da üç boyutlu (3D) görüntü oluşturulması esasına dayanır. Yüzey profilometresi, sert doku yüzeyinin doğrudan metal ya da elmas uçlarla tarandığı kontakt yüzey profilometresi ve sert doku yüzeyinin mavi ya da beyaz lazer ışığı yayan optik uçlarla tarandığı non-kontakt yüzey profilometresi olmak üzere 2 çeşittir. Her iki yüzey profilometresinin ölçüm

tekniki aynı olup; mekanik ya da optik uç sert doku örneğinin yüzeyinde hareket ettirilerek, erozyon sonucu oluşan doku kaybının miktarı sağlıklı referans alana göre belirlenir [190].

Mekanik profilometreler

İki boyutlu ölçüm yaparlar. Belirli bir elmas uç yardımı ile yüzeye temas ederek taranması ile ölçüm yapılır. Sensör X eksenini boyunca hareket eder ve dikey eksenindeki yükseklik farklarını makinenin dönüştürüm sistemini referans alarak hesaplar. Çalışılan bölgedeki yüzeyin paralelliği önemlidir [230]. Mekanik profilometreler, hem dijital hem de analog sistemlerle değerleri kaydetmektedir [231]. R_a ; belirli bir ölçüm mesafesinde tüm yüzey düzensizliklerinin mutlak toplamının aritmetik ortalamasını belirtir.

R_{max} ; belirli mesafedeki en yüksek ve en derin noktalar arası mesafeyi belirtir.

R_z ; belirli mesafedeki birbirini izleyen 5 maksimum yükseklik ve derinliğin ortalamasını belirtir.

Yüzey pürüzlülüğü (R_a) genellikle aritmetik ortalama olarak ifade edilir [232].

Optik profilometreler

Optik profilometreler, üç boyutlu ölçüm sağlarlar. Yüzey ile mekanik bir temas yoktur ve optik ışınla tarama yapmaktadır [230]. Cihazın optik parçaları 100 nm^2 lik bir alanda birkaç nanometrelik çözünürlük sağlamaktadır [230]. Optik profilometrelerde yüzey topoğrafisi 3 boyutludur ve bu yüzden, yüzeyin doğal karakteri gösterilir [233].

Profilometrede yüzey taramasının optik uç yerine mekanik uç kullanılarak yapılması, erozyon kraterinin tabanını oluşturan kısmen erozyona uğramış sert doku yüzeyine zarar vererek, doku kaybının olduğundan daha fazla hesaplanmasına neden olabilir ki kısmen demineralize olan sert doku tabakalarının derinliği ölçülemez [234, 235]. Bu sebeple, yüzey ile temasın olmadığı optik profilometreler tercih edilebilir.

Atomik kuvvet mikroskobu (AFM)

AFM, sıvı veya katı maddelerin yüzeyini analiz etmek için, nanometre (nm) seviyesinde, topoğrafik bir yüzey görüntüsü elde edebilen bir sistemdir.

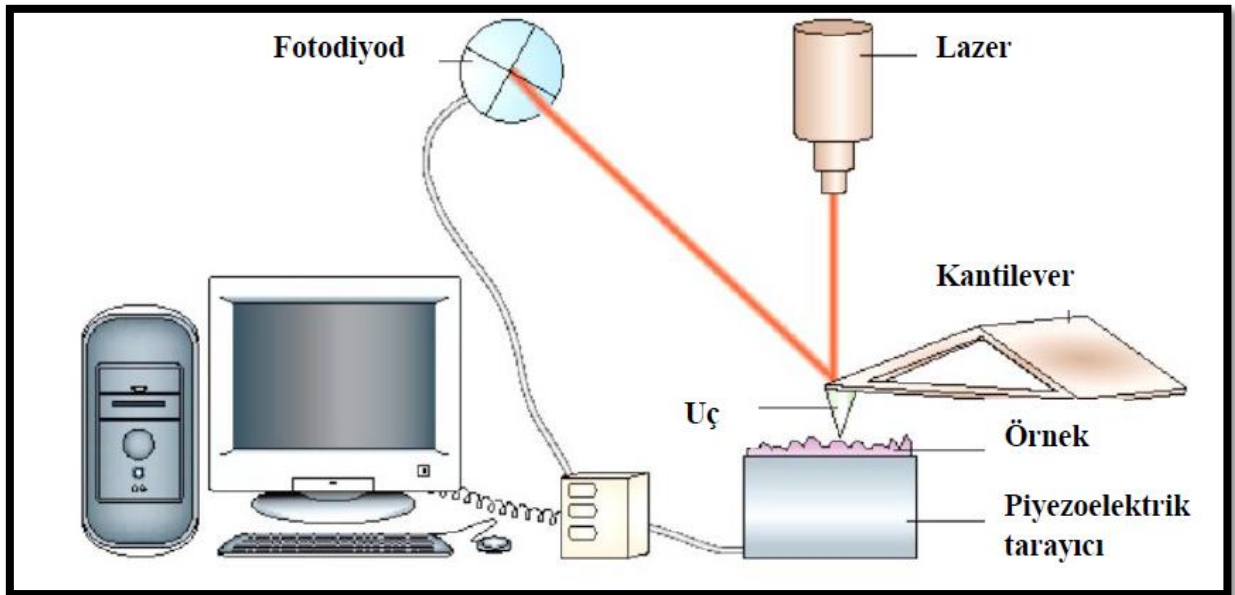
Biyomateryaller alanında AFM'nin kullanımı son yıllarda artış göstermiştir. Bu mikroskop tipi optik mikroskoplardan farklı olarak ışık yerine bir iğne yardımıyla yüzeyin üç

boyutlu olarak taranması yöntemi ile çalışmaktadır. Diğer mikroskoplardan farklı olarak, AFM cihazının sıvı haznesi sayesinde farklı sıvı ortamlarda da inceleme yapmak mümkündür. Sıvıya ek olarak havada ve vakumda çalışabilme özelliğine sahiptir.

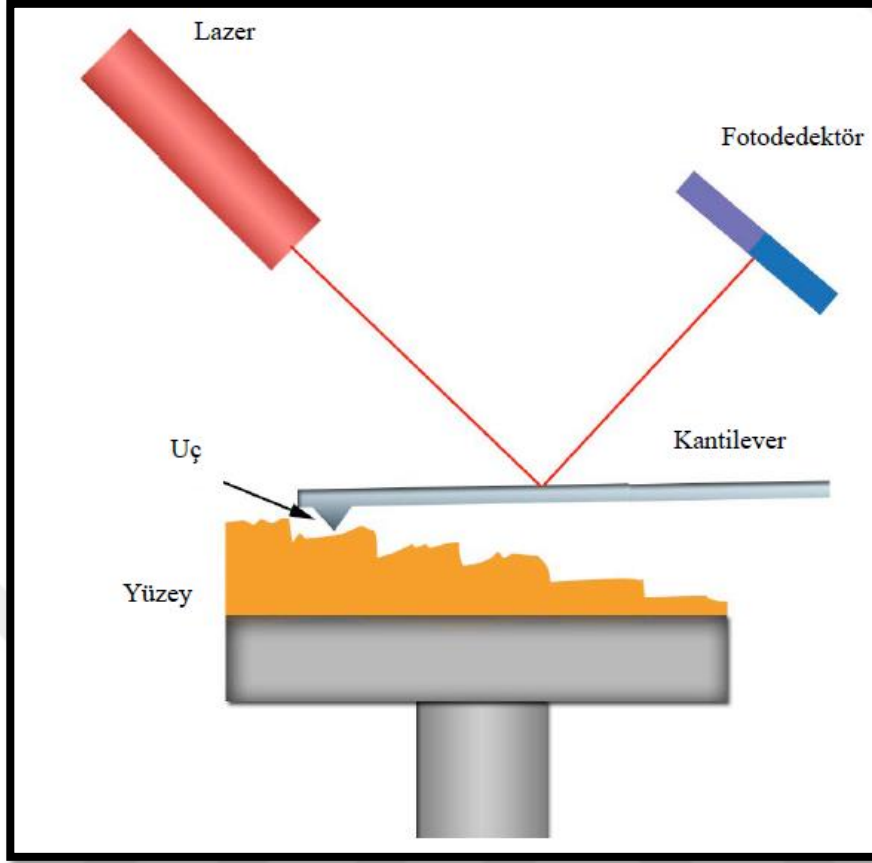
AFM, yüzey topografisinin yanı sıra örneğin fiziksel, kimyasal ve manyetik özelliklerini, çeşitli biyomateryallerin yapısını, dinamiğini, manüplasyonunu incelemek ve düz yüzey veya ara yüzeylerin incelenmesi için de kullanılabilir. AFM sayesinde metal, polimer, seramik, biyomolekül veya hücre gibi farklı materyal ve yapıların yüzeylerinden yüksek çözünürlükte görüntü elde etmek mümkün olmuştur [236].

AFM ile, kantilever ucundaki iğne ucunun örnek yüzeyi üzerinde hareket etmesi ve uç ile yüzey arasında oluşan 10^{-11} - 10^{-6} Newton (N) derecesindeki itme ve çekme kuvvetleri ölçülür (Şekil 11 ve Şekil 12). İtme çekme kuvvetleri sayesinde bilgisayar ortamında örnek yüzeyinin topografik görüntüsü elde edilir.

AFM'nin kontak, yarı-kontak ya da kontaklı olacak şekilde üç farklı modu vardır. Literatürde AFM, eroziv ajana maruz bırakıldıktan sonra dental sert dokular ve oluşan pelikülün kıyaslanmasına yönelik, niteleyici amaçlı olarak kullanılmıştır [224, 237, 238]. Ayrıca yüksek çözünürlükte yarı-kontak modunda erozyon sonucu doku kaybını belirlemek amacıyla da kullanılmıştır [238]. Eroziv ve abrazyon nedeniyle madde kayıplarının erken dönemde niteleyici olarak belirlenmesinde başarılı bir tekniktir [239].



Şekil 11. AFM'yi oluşturan yapıların şematize edilmesi



Şekil 12. AFM cihazını oluşturan yapılar

Günümüzde eroziv demineralizasyonun ölçülmesinde sıklıkla önerilen bir yöntem olan AFM' nin diğer analiz metodlarına göre pek çok avantajı bulunmaktadır [239-241]. AFM ile elde edilen üç boyutlu görüntüler profilometreye kıyasla daha fazla detay vermektedir [242, 243]. AFM ile yüzey incelendiğinde, mikroradyografiye göre daha hassas sonuçlar elde edildiği bildirilmiş; morfolojideki nano değişikliklerin daha iyi gösterildiği bulunmuştur [241].

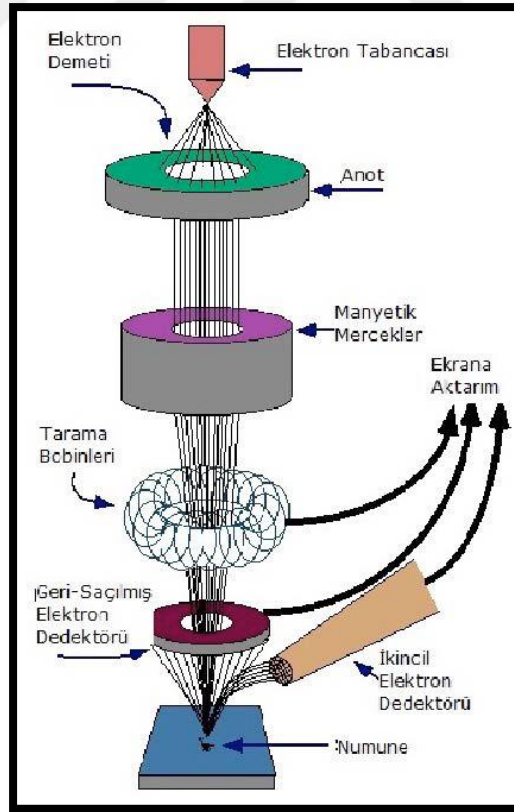
AFM ile yapılan çalışmalarda SEM incelemesinde olduğu gibi malzeme yüzeyinin önce karbon ya da altın ile kaplanmasına gerek yoktur, doğrudan yüzey görüntüleri elde edilebilir. Örnek yüzeylerine zarar vermeyen bir metottur. Gerek yüzeyel gerekse derin dentin ölçülebilir [240].

AFM' nin tarama hızının düşük olması, taranan sahanın tekrar bulunmasının zor olması ve undercut alanların ölçümünde başarılı olamaması ise dezavantajlarıdır [244].

Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

SEM modern bilimin hemen hemen her alanında kullanılan köklü bir tekniktir. Yüzey yapısı hakkında bilgi elde etmek için kullanılan geleneksel bir yöntemdir. Örnekler altın veya karbon gibi iletken bir madde ile kaplandıktan sonra gözlemlenebildiğinden direk yüzey görüntüleme tekniği değildir (Şekil 13). Ayrıca yüksek vakum altında çalıştığından su içeren örneklerin görüntülenmesine izin vermez [245].

Kalitatif bir teknik olan SEM, günümüzde dental erozyon araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır [190]. SEM’de görüntü elde edebilmek için dentin örnekleri, önce dehidratasyona tabii tutulurlar, daha sonra ise yüzeyleri metal (altın, gümüş) ya da karbon iyonlarıyla kaplanır. Yüksek oranda su içeren dentin dokusunda, dehidratasyon işlemlerine bağlı artefakt oluşma ihtimali yüksektir. Bu sebeple dentin dokusunun incelendiği erozyon çalışmalarında genellikle, kantitatif bir analiz yöntemi ile birlikte SEM ikincil bir metod olarak kullanılmaktadır [240]. Uygulanan işlemler nedeniyle in vivo çalışmalarda kullanılmadığı gibi; zahmetli olması ve ölçümlerin tekrarlanamaması SEM’in dezavantajlarıdır.



Şekil 13. SEM Çalışma Prensibi

Enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDS / EDX)

Enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi, EDX veya EDS şeklinde kısaltılabilmektedir. SEM içine dâhil edilebilen bir mikro analiz şeklidir. İncelenecek materyalin kimyasal kompozisyonu hakkında bilgi edinilmesini sağlar [190].

Örnek yüzeyi ile elektron ışını arasındaki etkileşim, örnek yüzeyindeki iyon ve atomlardan X ışınları yayılmasına neden olur. Yüksek enerjili elektron ışını incelenecek olan cisme gönderildiğinde atomun iç kabuğunda bulunan bir elektron atomun yörüngesinden dışarı çıkar. Oluşan boşluk elektronun dış kabuğu tarafından doldurulur ve atom çok yüksek bir enerjiye sahip olur. Bu enerji X ışını şeklinde dağıtılır ve dağılan bu X ışınları yüzeydeki element dağılımı hakkında bilgi edinilmesini sağlamaktadır [246].

Mine erozyonunda yüzeydeki minerallerin değişiminin incelendiği birçok araştırmada EDX kullanılmıştır [181-184]. Arnold ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, dört farklı diş macununun remineralizasyon üzerindeki etkisini araştırmışlar ve nicel EDX element analizi sayesinde farklı F⁻ içeriklerine sahip diş macunlarının remineralizasyon sürecinde meydana getirdiği farklılıkları inceleyebilmişlerdir [247].

Optik koherens tomografi (OCT)

Üç boyutlu cross-sectional görüntüler alan ve bu görüntülerin işlenmesi sonucu kalitatif ve kantitatif veriler elde edilmesine olanak sağlayan analiz yöntemi optik koherens tomografi (OCT)'dir [248]. Optik sistem, ışık demetini görüntülenecek yüzeye gönderir ve saçılan ya da yansıyan ışınlar algılanır. Görüntüde dokunun farklı tabakalarından ışık yansıma yoğunlukları izlenir. Mine ve dentinin farklı yansıtma özellikleri olduğundan OCT görüntülerinde dokuların kalınlığı ve morfolojisi ile ilgili bilgiler edinilir [248, 249]. Doğruluğu ve güvenilirliği henüz tümüyle kanıtlanmamış olmakla birlikte non-invaziv olmaları nedeniyle klinik erozyon çalışmalarında kullanılabilmesi ve tekrarlayan ölçümlerin yapılabilmesi bu tekniğin avantajlarındanır.

Konfokal lazer taramalı mikroskop (CLSM)

Yüksek çözünürlükte görüntü sağlayan bir cihazdır. Kesit halinde ışık ile taranan düzlemlerden iki boyutlu görüntüler elde edilir ve bilgisayar yazılımı sayesinde, incelenen örneğin üç boyutlu resmi üretilir.

Erozyon çalışmalarında CLSM ile yalnızca kalitatif histotomografik görüntüler elde edilebilmektedir. Diş sert dokularından ışığın yansımaları ve saçılması dışteki mikro-histolojik değişiklikler ile ilişkili olduğundan; sert doku yıkımı ya da mineral çözünmesi ile ilgili yorum yapılabilmesine de olanak verir [250]. Diş sert dokularının herhangi bir işleme tabii tutulmadan görüntülenebilmesi hata oluşumunu engeller ve analiz işlemini kolaylaştırır [251].

Transvers mikroradyografi (TMR) ve longitudinal mikroradyografi(LMR)

Çürük araştırmalarında, de-/re-mineralizasyonun belirlenmesinde altın standart olarak kullanılan mikroradyografi yöntemi, erozyon lezyonlarının de-/remineralizasyonunun değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır [252, 253].

Mikroradyografi tekniği:

- İnce sert doku kesitlerinin kullanıldığı transversal mikroradyografi (TMR);
- kalın sert doku kesitlerinin kullanıldığı uzunlamasına mikroradyografi (LMR) ve
- dişin mineral içeriğinin belirlenmesinde kullanılan dalga boyundan bağımsız mikroradyografi olmak üzere 3 çeşittir [254].

Bugüne kadar konuyla ilgili yapılmış çalışmaların büyük çoğunluğunda kullanılmış olan TMR, minede erozyona bağlı mineral kaybının miktarının ve lezyon derinliğinin belirlenmesinde güvenilir bir yöntemdir [253]. Bilgisayar destekli, kantitatif bir teknik olmasının yanı sıra var olan subjektif ve kısıtlı sensitiviteye sahip yarı kantitatif tekniklere oranla hassas ve doğru sonuçlar verir.

Kalınlıkları 50-200 µ olan yer düzlemine paralel kesitler gerektirmesi nedeniyle, klinik çalışmalarda kullanılamaması ve birbirini izleyen seri ölçümlerin yapılamaması tekniğin dezavantajlarıdır.

Kantitatif lazer floresans (QLF)

İn vivo ve *in vitro* çalışmalarda kullanılabilir. Demineralizasyondan sonra otofloresans kaybını ölçmektedir. Bunu da erozyon altındaki diş sert dokularının mineral değişimini ölçerek yapmaktadır. Minenin floresans özelliğinin esas alındığı QLF tekniği ile erozyona bağlı oluşan doku kaybı saptanamazken; sadece eroziv krater tabanını oluşturan, kısmi demineralizasyon gösteren mine tabakasının mineral içeriği ölçülebilir. Başlangıç aşamasındaki sığ erozyon lezyonlarının demineralizasyonunun değerlendirilmesinde güvenilir olarak kullanılabilmesine karşın; eroziv krater derinliğinin arttığı, ileri aşamadaki erozyon lezyonlarında ise güvenilirliğinin azaldığı bildirilmiştir [183].

İyot geçirgenlik testi

Sadece *in vitro* yapılan erozyon çalışmaları için uygun, düşük maliyetli bir yöntem de iyot geçirgenliği testidir. Erozyona bağlı demineralizasyon gösteren mine örneklerinin birkaç dakika süreyle potasyum iyodide bekletilerek; alınan iyot miktarının demineralizasyon derecesi hakkında bilgi sağladığı bu yöntemin eroziv atağı takip eden ilk 45 dk içinde oluşan dekalsifikasyonun değerlendirilmesinde kullanılması önerilmiştir [255]. *İn vitro* erozyon çalışmalarında minenin eroziv potansiyelini değerlendirmek için kullanımı uygundur. Ancak, dentin dokusunda kullanımı önerilmemektedir [256].

2.2.4.6. Dental erozyonda tedavi yaklaşımları

Diş erozyonu multifaktöriyel bir durumdur. Diş erozyonunun tedavisine lezyonun etiyojisine ve ilerleme derecesine göre değerlendirme yapıldıktan sonra karar verilmelidir [257].

Koruyucu ve önleyici tedaviler

Diş erozyonundan korumanın asıl amacı; diş dokusunda herhangi bir eroziv lezyonun başlamasına engel olmak veya başlamış olan lezyonun ilerleyişini durdurmaktır. Koruyucu önlemler açısından asıl yapılması gereken; etiyojik faktörlerin ortadan kaldırılması/azaltılması veya erozyona karşı direnci artırmak olmalıdır. Koruyucu önlemlerin başarısı, daha

çok olgunun doğru anlaşılmasına ve işbirliğine bağlıdır. Bu yüzden sadece hastanın değil aynı zamanda ailesinin bulguları da incelenerek çözüm aranmalıdır. Herhangi bir girişimde bulunulmadan önce erozyon riski değerlendirilmelidir [258].

Dental erozyon açısından tam bir anamnez; hastaların sistemik rahatsızlıklarını, kullanılan ilaçları, oral hijyen alışkanlıklarını, haftasonu dâhil en az 3 günlük yiyecek ve içecek tüketim miktarlarını, sıklıklarını, tüketim şekillerini ve potansiyel asit kaynaklarını içermelidir [63, 259].

Erozyonu önlemede ilk adım, belirlenen risk faktörlerinin ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesidir. Erozyon içsel faktörlerden kaynaklanıyor ise mevcut rahatsızlığı kontrol altına almak veya tedavi etmek erozyonu önlemenin en iyi yoludur. Dışsal faktörlerden kaynaklanıyorsa da kişinin yaşam tarzını ve bazı alışkanlıklarını değiştirmesi gerekebilir [260].

Diyet düzenlenmesi konusunda tavsiyeler:

- ✓ Hastalar potansiyel eroziv içecek ve yiyecekler konusunda bilgilendirilmelidir.
- ✓ Asidik içecekler tüketilecek ise içeceklerin biraz soğutulmuş olarak ve yemeklerle birlikte, günde 1 kez tüketilmesi,
- ✓ Asidik içeceklerin ağızda bekletilmeden hemen yutulması,
- ✓ Yatmadan önce asidik içecek tüketilmesinden kaçınılması,
- ✓ Biberon ile asidik içecek tüketilmemesi,
- ✓ Yemek aralarında asidik tatlıların tüketilmemesi,
- ✓ Sağlıklı ve dengeli beslenmenin bir parçası olarak su, süt, taze meyve tüketimi,
- ✓ Asidik bir içecek ya da yiyecek tüketimi sonrası peynir, süt gibi alkali ya da nötral besinlerin tüketilmesi,
- ✓ Asidik yiyecek ya da içecek tüketiminden hemen sonra dişlerin fırçalanmaması,
- ✓ Tükürük akışını ve tamponlama kapasitesini arttırmak için sakız (mide sekresyonunu arttırması nedeniyle 7 yaş altı gastrik reflüsü olan çocuklara önerilmez)
- ✓ İlaçlar ve oral hijyen ürünlerinin kontrollü kullanılması önerilmelidir [115, 259].

İç kaynaklı faktörler nedeniyle oluşan dental erozyon için:

- ✓ Öncelikle bir gastroenterolog ya da psikiyatrist ile konsültasyon yapılmalıdır.

- ✓ Reflü ya da kusma sonrası ağız ortamını nötralize etmek için ağız su, sodyum bikarbonat ile çalkatılmalıdır.
- ✓ Geceleri meydana gelen reflü varlığında ise, hastalara bir gece plağı yapılarak içerisinde sodyum bikarbonat gibi alkali ajan yerleştirip bu plağı kullanması sağlanmalıdır.
- ✓ Gün içerisinde floridli gargaraların, yumuşak bir fırça ile aşındırıcı özelliği olmayan ve yüksek florid içerikli diş macunlarının kullanılması önerilmektedir [63, 259].

Hassasiyet ve remineralizasyon tedavisi

Flor uygulamaları

Dental erozyonun hastalarda aşırı duyarlılığa yol açtığı durumlarda hem hassasiyeti engellemek hem de remineralizasyon sağlamak için:

- ✓ Florlu cila uygulaması,
- ✓ Dentin bonding ajan uygulaması
- ✓ Florlu gargaralar yapılmalı,
- ✓ Yumuşak bir diş fırçası ve yüksek florürlü diş macunu kullanımı önerilmektedir.

Erozyona uğramış mine ve dentin dokularına flor uygulamalarının etkisi çok sayıda araştırmada gösterilmiştir[20, 42, 261-263]. Florid etkisini erozyona uğramış dokularda CaF_2 benzeri bir materyal çökmesi sonucu gösterir. CaF_2 benzeri tabakanın çoğu asidik içeceğin tüketimi sonrası kolaylıkla çözünmesi nedeniyle dental erozyonu önlemede florid uygulamalarının etkinliği halen tartışma konusudur [264, 265].

Yapılan araştırmalarda, floridin diş sert dokularını pH 2.5 ve 3 iken erozyondan koruyabildiği [262, 266] fakat 1,5 iken koruyucu etkisinin ortadan kalktığı gösterilmiştir [263].

İn-vitro ve in situ koşullarda, yüksek florid içerikli gargara, jel ve cilaların mine ve dentinin abrazyona karşı direncini arttırdığı gösterilmiştir [261].

Günümüzde erozyonu önlemede tetrafloridlerin etkileri, özellikle de titanyum florid (TiF_4) araştırılmaktadır. Yapılan in vitro ve in situ çalışmalarda TiF_4 solüsyonunun dental erozyonu inhibe ettiği gösterilmiştir [267-270].

Titanyum iyonlarının apatit kafes içindeki Ca^{+2} iyonlarının yerine geçip fosfat gruplarıyla kompleks yaparak kararlı bir titanyum dioksit tabaka oluşturduğu gösterilmiştir

[269]. Ayrıca titanyumun mine yüzeyiyle etkileşime geçerek minenin florid alımını arttırdığı da düşünülmektedir [271].

Yüksek konsantrasyonlu çeşitli florid solüsyonlarının (TiF_4 , NaF, amin florür), ZnF_2 (çinko florür) ve SnF_2 (kalay florür) karşılaştırıldığı bir çalışmada, TiF_4 , amin florür ve SnF_2 uygulamasının diğer uygulamalara göre belirgin şekilde eroziv lezyonların oluşmasında koruyucu etkisinin olduğu gösterilmiştir [272].

Yüksek flor içerikli dental ürünlerin mine dışında dentinde daha etkili olduğu gösterilmiş [261] ve bu durum, demineralize dentin matriksinin tamponlama etkisi ile pH düşüşünün azalması, yüksek flor varlığıyla beraber demineralizasyonun daha fazla ilerlememesi ile açıklanmıştır [273].

Kalsiyum ve fosfat uygulamaları

Erozyondan korunmada bu materyaller, eroziv solüsyonların içerisine eklenerek ya da direkt olarak diş yüzeyine koruyucu bir tabaka şeklinde uygulanarak iki farklı yöntemle kullanılırlar. Eroziv bir solüsyon, içerisine kalsiyum ve fosfat iyonları eklenip aşırı doymuş hale getirildiğinde, dişin içerdiği mineralleri çözemeyecek bir yapı kazanır. Sütteki kazeinden elde edilen fosfopeptidler tarafından stabilize edilen amorf formdaki kalsiyum fosfat kompleksi (Kazein fosfopeptit- amorf kalsiyum fosfat) (CPP- ACP), kalsiyum ve fosfat iyonları açısından bir rezervuar olarak görev yapar ve sert dokulardaki mineral içeriğe yakın aşırı doymuş bir ortam oluşturur. CPP-ACP'deki kazein, bir aminoasit yapıda olup asidik çevreyi düzenler. Asidik pH'da ACP CPP'den ayrılır ve böylece; tükürük kalsiyum ve fosfat seviyesi artar. Ayrıca; CPP tükürükte ACP seviyesini ve tükürükteki kalsiyum fosfat seviyesini stabilize eder. Remineralizasyona olan etkisinden dolayı CPP-ACP'nin, erozyondan koruyucu etkisinin de olabileceği düşünülmektedir [10, 274].

Yapılan çalışmalarda CPP-ACP patının periyodik olarak uygulanmasını takiben hem asidik hem de nötrale yakın ortamda dentinin aşınmasını azalttığı gösterilmiştir [275].

Lazer uygulamaları

Son yıllarda lazer uygulamalarının erozyona karşı koruyucu etkileri konusu araştırmacıların ilgi odağı haline gelmiştir. Lazerin mine yüzeyine alınan F^- miktarını artırması ve yüzeyde yaptığı bazı değişiklikler sayesinde dişleri asit ataklarına karşı güçlendirdiği savunulmaktadır [276, 277].

Lazerin minenin asite karşı direncini önemli ölçüde arttırdığı ve florid ile birlikte kullanıldığında minenin çözünürlüğünü anlamlı derecede azalttığı belirtilmektedir [278]. Yapılan çalışmalarda çürük inhibisyonuna lazerin etkisi araştırılmış ve lazerin diş yüzeyinde meydana getirdiği değişiklikler sonucu yüzeyin asit ataklarına karşı daha dirençli olduğu bildirilmiştir. Elde edilen bu bilgilerin ışığında, lazerin yüzeyde meydana getirdiği bu değişiklikler sayesinde erozyonu önlemede de etkili olabileceği ileri sürülmüştür [86, 279, 280].

Lazerin demineralizasyonu önleyici etkisini açıklayan mekanizmalardan birincisi, mine yüzeyinin mikroyapısal elemanlarının fiziksel olarak birleşmesi ile minenin kimyasal ajanlara karşı geçirgenliğinin azalmasıdır [281]. Bir diğer teori ise; mine kristallerinin erimesi, kaynaşması ve rekristalize olması ile minenin morfolojisi ve kristalize yapısının değişmesi, böylece çözünürlüğünün yanı sıra mine geçirgenliğinin de azalması şeklindedir [269, 281].

Mine demineralizasyonunu önlemede kullanılan lazerlerin mine ve dentindeki su ve hidroksiapatit tarafından yüksek oranda soğurulması gerekir. Karbondioksit (CO₂) lazer, erbiyum grubu lazerler, neodmiyum-doped yttrium aluminium garnet (Nd: YAG) lazer demineralizasyonu önleme amacıyla kullanılan lazerlerdir [278].

Erozyon tedavisinde lazer uygulamalarının etkinliğinin incelendiği az sayıda çalışmada, lazer uygulamasının dişin eroziv demineralizasyona olan duyarlılığını azalttığı gösterilmiştir [180, 282, 283]. Buna karşın; iki ayrı çalışmada, Nd: YAG lazer uygulamasının mine ve dentinin asite karşı direncini arttırmadığı gösterilmiştir [284, 285].

Matrix Metalloproteinaz (MMPs) inhibitör ajanları

MMPs, ağız ortamında remodeling ve yıkım olayları sırasında ekstrasellüler matriks (ECM) ürünlerinin hidrolizinden sorumludur. Dentinin organik matriksi yani kollojen, dentinde ve tükürükte bulunan MMPs sayesinde yıkılabilir. MMPs ve metalloproteinlerin doku inhibitörleri (TIMPs) ekstrasellüler matriksin yapım ve yıkımında dengeyi sağlamaktadır [286]. Dentinde kollojen yıkımından sorumlu olan MMPs tip 2, 8, 9'dur. Ayrıca dentin matriksinin demineralizasyonu sırasında salınan fosforile proteinler, konağın MMPs inhibe eden TIMPs ile etkileşerek onları tekrar aktive eder ve böylece doku yıkımı artar [13].

İnaktif prekürsör olarak salınan MMP'lerin, ekstrasellüler matriks bileşenlerini çözmeleri için aktif hale gelmeleri gerekmektedir. Gerek tükürükte gerekse dentinde bulunan MMP'ler asidik pH'da aktive olurlar [287]. Ancak düşük pH'da aktive olan MMP'lerin, dentin organik matriksini çözmeleri için pH'ın nötrale olması gerekmektedir. MMP'lerin bu

davranışı, gerek çürük gelişimine [13], gerekse de eroziv lezyonların gelişimine neden olmaktadır [287].

Yüksek çürük riski taşıyan kişilerde konak MMPs çürük ilerleyişinde etkili olmasının yanında erozyon açısından da MMPs inhibitörlerinin etkili olması önemlidir [288]. Yapılan çalışmalarda, yeşil çay polifenollerinin [özellikle de epigallokateşin- gallat (EGCG)] MMPs aktivasyonunu belirgin oranda inhibe ettiği gösterilmiştir [289]. Kato ve arkadaşları yaptıkları bir in-situ çalışmada [12], ağzın yeşil çay ile çalkalanmasının dentin erozyonu ve abrazyonunu azalttığını göstermişlerdir.

Klorheksidin (CHX), MMPs 2,8 ve 9'un aktivasyonunu inhibe eden, doğal olarak avokado, soya ve oleik asitte bulunan antibakteriyel bir ajandır [289, 290].

Demineralize organik matriksin (DOM) korunması, iyonik difüzyonu sınırlandırdığından [291, 292] erozyonun ilerleyişini yavaşlatmaktadır [273]. MMP inhibitörlerinin DOM'u koruması, dentin erozyonunun önlenmesinde yeni bir yaklaşımdır [293].

Dentin erozyonuna ve erozyonla birlikte abrazyona karşı koruyucu bir etki oluşturan ve in vitro ve in situ çalışmalarda kullanılan ve MMP inhibitörleri olarak etkinlikleri bilinen materyaller; yeşil çay ve onun aktif kateşini (epigallokateşin-gallat- EGCG) [12, 294, 295] , klorheksidin [287] ve floridlerdir [295, 296].

Diş macunu, jel, gargara ve solüsyon formları çalışmalarda sıklıkla kullanılırlar. Bu materyallere ek olarak MMP inhibisyonu için farklı pek çok materyal ve metod da denenmektedir. Bu materyaller; ferröz sülfat [10], sentetik MMP inhibitörleri (Tetrasiklinler ve onların antimikrobiyal analogları, bifosfanatlar) [3, 293], katyonik metal iyonları (Zn, Fe) [297, 298] ve çapraz bağlanma (cross-linking) [293, 299] çalışmalarıdır.

Doğal MMPs inhibitörleri

Yeşil çay (Camellia Sinensis)

Yeşil çay, içerdiği flavonoidler nedeniyle tedavi edici etkileri konusunda geniş araştırmalara konu olmuştur (Resim 2). *Camellia sinensis*'in fizyolojik ve farmakolojik etkileri, üretimi, yaprak kompozisyonu ve üretimi sırasında kimyasal değişiklikleri araştırılmış ve çeşitli ticari ürünler üretilmiştir [300].

Yeşil çay, polifenol bileşenleri oksidasyona uğratılmadan *C. sinensis* yapraklarının dehidratasyonundan elde edilmektedir. Bu nedenle, yeşil çay, kateşin grubundan monomerik

polifenollerin yüksek düzeyde konsantrasyonunu içerir. Yeşil ve siyah çay karşılaştırıldığında, büyük ölçüde aynı etkiye sahip oldukları görülür. Her iki çayda etkin olan polifenoller, EGCG bileşenleridir [301].



Resim 2. Doğal ortamda yeşil çay

Yeşil çaydan izole edilen polifenoller özellikle epigallokateşin-gallat (EGCG) ve epikateşingallat (ECG), MMP aktivitesini engellemektedir [302]. Yapılan bir çalışmada özellikle EGCG' nin MMP-2 ve -9' a karşı inhibe edici özelliği olduğu bulunmuştur [303]. Başka bir çalışmada ise, EGCG'nin, demineralize edilmiş dentinde remineralizasyonu etkileyen MMP-8' in aktivasyonunu da inhibe ettiği bildirilmiştir [304].

Ek olarak; kateşinlerin monomer, oligomer ve polimerlerinin birleşiminden oluşan ve yeşil çayda yoğun bir şekilde bulunan proantosiyanidin adı verilen maddenin remineralizasyonu başlatacak şekilde organik matriks ile etkileşerek yeni çapraz bağlantılar oluşturduğu bildirilmiştir [1].

Karanfil (Syzygium Aromaticum)

Karanfilin bilimsel ismi *Syzygium aromaticum*' dur. Karanfil baharatı, *Syzygium aromaticum* ağacından, karanfil çiçekleri ise *Dianthus petraeus* bitkisinden elde edilir. Karanfil ağacı dört mevsim yeşil kalır ve boyu 10- 20 m uzunluğuna erişebilir. Yaprakları geniş olup ağsı damarlanma gösterirler. Çiçek parçalarının sayısı değişiktir (Resim 3).



Resim 3. Doğal ortamda karanfil

Karanfil ailesi, diüretik, karminatif, stimülan aktivitelereinden dolayıda Halk tıbbında kullanılır. Karanfilden elde edilen yağ ve öjenol, antiseptik, antifungal, antiviral, lokal anesteziik, antioksidan [305-307], geniş spektrumlu antimikrobiyal [308], antitrombotik [305-307], antienflamatuvar [309], sitotoksik [310], antihelmintik, antiprotozoal [311], antikarsinojenik, afrodisyak, sinirleri yatıştırıcı, solunum bozukluklarında, diyare, sindirim sistemi rahatsızlıklarında ve Giardiasis' e (son zamanlarda bulaşıcı hastalık olarak tanımlanan) karşı terapötik potansiyeli [311] ve böcek kovucu etkilerinin olduğu bilinmektedir. Diş hekimliğinde de; diş ağrısı sedasyonunda, diş enfeksiyonlarında [307, 310, 312], diş hiperaljezi ve pulpitislerde [313], ağız parfümleri ve diş macunları olarak kullanılmaktadır [310]. Geleneksel olarak ülser, yara, artrit, romatizma, burkulma, astım, bronşit, kolik, hazımsızlık, bulantı, minör enfeksiyonlar, antispazmodik ve vazodilative olarak kullanılır [314]. Cilt bakımı antiseptik özelliğinden dolayı akne tedavisinde ve yara iyileştirici olarak, antiviral özelliğinden dolayı uçuk tedavisinde kullanılmaktadır. Soğuk kompres; alın, şakak ve enseye tatbik edilerek baş ağrısı ve şişliklerde kullanılmaktadır. Ayrıca soğuk kompres olarak romatizma ve kas ağrılarında kullanılmaktadır. Tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi, Türkiye' de de tıbbi açıdan önemli olan bitkiler, yüzyıllardan beri halk arasında hastalıkların tedavisi amacıyla kullanılmaktadır.

Bitkilerin organizmaları öldürücü ve insan sağlığı için önemli olan özellikleri 1926 yılından bu yana laboratuvarlarda araştırılmaya başlanmıştır [307]. Karanfil yağı Hindistan’ da Ayurveda tedavisinde, karminatif, anestejik, boğaz ağrısı, deri ve ağız enfeksiyonları için antimikrobiyal olarak kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada ojenolün MMP-9’ a karşı inhibe edici özelliğı olduğu da bulunmuştur [315].

Nar (*Punica Granatum*)

Punicaceae ailesinin önemli bir üyesi olan nar (*Punica granatum*); diğer meyvelerden oldukça farklı, antik çağdan beri tanınan, mistik özelliklere sahip bir meyvedir. Nar antik çağlarda değişik hastalıklara şifa olarak kullanılmıştır. Ayurveda tıbbında ‘eczane bitki’ olarak anılan nar, eski dönemlerde aft, diyare, ülser, parazitoz tedavisinde ve kuvvet verici olarak da kullanılmıştır. Hindistan ve Ortadoğuda antidiyabetik olarak kullanıldığını gösteren kanıtlar vardır [316].

Literatürde son yıllarda narın tıbbi tedavideki yeri üzerine yapılan yayımların sayısı artmaktadır. Narın geniş potansiyel terapötik etkileri arasında kanser, kalp-damar hastalıkları, diyabet, diş eti hastalıkları ve mor ötesi ışınlarından koruma sayılabilir. Diğer olası tedavi alanları infantil beyin iskemisi, Alzheimer hastalığı, artrit ve obezitedir [316].

Nar 3 bölümden oluşur: Tohum (ağırlığın %3’ü), suyu (ağırlığın %30’ u) ve kabuk. Son yıllarda nar bileşenlerinin ve farmakolojik etki mekanizmalarının tanımlanmasında önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Narın, meyvesinin, kabuğunun, kökünün ve yapraklarının terapötik özellikleri değişik çalışmalarda bildirilmiştir [317, 318] (Resim 4). Nar bazı fenolik bileşikler açısından oldukça zengindir (Tablo 14). Flavonoidler (antosiyaninler, kateşinler ve diğer kompleks flavonoidler), taninler (punikalın, punisik asid, punikalagin, gallagik asid, ellagik asid) içerir[319].



Resim 4. Doğal ortamda nar

Tablo 14. Nar meyvesinin bölümleri ve içerikleri.

Bölümleri	İçeriği
Nar suyu	Antosiyanin, askorbik asit, elajik asit, kateşin, Fe ⁺²
Nar kabuğu	Punikalajinler, gallik asit, kateşinler, flavonoller, antosiyanidinler
Nar çekirdeği	Punikik asit, konjuge linoleik asit, linolenik asit, oleik asit
Nar çiçeği	Gallik asit, ursolik asit
Nar yaprağı	Tanin, flavon glikozitler
Nar yağı	Punisik asit, elajik asit, steroller
Nar ağacı kökü ve kabuğu	Elajitanninler, piperidin alkaloidler

Nar'ın ayrıca MMP-1, -2, -7 ve -9 üzerinde önemli derecede inhibisyon etkisi olduğu belirtilmiştir [320].

Üzüm (*Vitis Vinifera*) çekirdeği

Vitaceae familyasından olan üzüm (*Vitis vinifera*), dünyada en çok yetiştirilen meyve türlerinden biridir[321]. Üzüm, uzun geçmişi olan bir meyvedir. Eski Yunan ve Roma medeniyetlerinde üzüm, şarap yapımında kullanılmaktaydı. Çalışmalar üzüm içeriğindeki fenolik bileşikler üzerine yoğunlaşmıştır (Tablo 15).



Resim 5. Doğal üzüm çekirdeği

Tablo 15. Üzümde elde edilen bazı fenolik bileşikler ve bioaktiviteleri.

Fenolik Bileşik	Bioaktivite
Resveratrol	<i>Serbest radikal temizliği, antiproliferasyon, plazma NO seviyesinin ayarlanması, lipid metabolizmasının düzenlenmesi</i>
Quercetin	<i>Antibakteriyel</i>
Kateşin	<i>Antikanser, serbest radikal temizliği, antibakteriyel, antiinflamatuvar, membran oksidasyonunu engelleme</i>
Flavone	<i>Antiproliferasyon</i>
Flavanol	<i>Serbest radikal temizliği</i>
Prosiyanidin	<i>Antikanser, serbest radikal temizliği, antiinflamatuvar, antioksidan</i>
Antosiyanidin	<i>Vasodilatasyon, serbest radikal temizliği, antibakteriyel, antioksidan</i>
Gallik asit	<i>Serbest radikal temizliği</i>
Epikateşin	<i>Antibakteriyel</i>

Üzümün bilinen önemli biyolojik aktivitelerinden antosiyanidin, flavonoidler ve resveratrol sorumludur [322].

Üzümün bölümlerine göre antioksidan etkinliğinin araştırıldığı çalışmalarda üzümün posası, çekirdeği, kabuğu, yaprağı değerlendirilmiş ve en yüksek antioksidan etkinin çekirdekte olduğu görülmüştür (Resim 5). Bunu kabuk bölümü takip etmektedir [323].

Üzüm çekirdeği özü (ÜÇÖ) üzüm çekirdeklerinden kurutulup saflaştırılarak elde edilen ve aynı zamanda antioksidan, antimikrobiyal, antitümör ve antiinflamatuvar etkileri gösterilmiş polifenolik bir bileşiktir [324, 325].

Prosiyanidin (PA), flavonoidlerin kompleks bir alt grubudur [326]. PA'nın matriks metaloproteinaz aktivitesini inhibe etmesi nedeniyle prostat kanserlerinde metastazı engellediği gösterilmiştir [327].

Proantosiyanidin de mensubu olduğu polifenoller ailesinin genel sağlık üzerine bilinen yararları dış hekimlerini bunların oral sağlığın korunması ve idamesinde de kullanılabilirliğinin değerlendirilmesine yöneltmiştir.

Bazı bitkisel özler, yağlar ve saf pitokimyasalların bazı ağız hastalıklarını önlediği veya tedavisinde kullanılabildiği gösterilmiştir [328]. ÜÇÖ'nün oral anaerob bakteriler üzerindeki etkisi nedeniyle, periodontal hastalıklardan korunmada 2000^mg/ml konsantrasyonunda kullanılmaktadır [325].

Son yıllarda yürütülen çalışmalar ile de kahve, kakao, yeşil ve siyah çay, üzüm çekirdeği, nar gibi flavanol içeren bitkilerin oral mikrofloradaki çürük yapan bakteriler üzerine olan etkileri gösterilmiştir [325, 328-330].

Kuşburnu (*Rosa Canina*)

Rosaceae familyasının Rosidea alt familyası kapsamına giren kuşburnu çok yıllık bir bitkidir. Anadolu'da doğal olarak yetişen 27 Rosa türü vardır ve bunun 17'si Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunmaktadır [331]. Bu türler arasında en yaygın olanı ise *Rosa canina*'dır [332].

Kuşburnu meyvesinin tıpta kullanılması oldukça eski zamanlara dayanmaktadır. Hipokrat zamanında iltihaplara karşı, Orta Çağ'da ve daha sonraki dönemlerde kan tükürmelerine, dişeti kanamalarına, böbrek, mesane, safra taşlarına, tenya, şeker hastalığı ve ishale karşı kullanılmıştır. Ülkemizde de basur, romatizma ve skorbüt hastalığına karşı kullanılmaktadır. Etkin bir kan temizleyici, bağırsak yumuşatıcı, kurt düşürücü özelliğe sahip olan kuşburnu, C vitamini içeriğinden dolayı vücudun gelişimini düzenlemede, ateşli hastalıklar ve soğuk algınlığına karşı da kullanılmaktadır [333].

Bugün kuşburnunun önemli kullanım alanlarından biri de kuşburnu çayı üretimidir. Kuşburnu çayının sindirime yardımcı olduğu bildirilmiştir [334]. Ayrıca kuşburnu meyvesinden reçel, meyve suyu marmelat gibi yiyecek ve içecekler de üretilmektedir [331].



Resim 6. Kuşburnu bitkisinin çiçeği

Kuşburnu meyveleri yüksek oranda birçok vitamin ve mineral madde içerirken diğer bitki organları ise tıbbi özelliğe sahip tanen organik maddeleri içermektedir (Resim 6). Özellikle C vitamini bakımından zengindir. Doğal olarak yetişen ve kültüre alınmış bitkiler arasında C vitamini yönünden en zengin olan bitkinin kuşburnu olduğu bilinmektedir[332]. Kuşburnu ayrıca karoten, B1, B2, E, K, vitaminlerini de içermektedir. Mineral madde yönünden zengin olup yapısında potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, fosfor, demir, mangan, bakır, çinko gibi katyonlar ve sülfat, klorür, nitrat gibi anyonlar bulunur [335].

Kırmızı sebze ve meyvelerin likopen içeriklerinin yüksekliğine bağlı olarak sağlık üzerine faydalı etkileri hakkında kuvvetli kanıtlar bulunmaktadır [336]. Likopenin yenilebilir kaynakları arasında domates, kuşburnu, karpuz, papaya, pembe greyfurt ve guava bulunmaktadır. Likopen MMP-2 ve MMP-9 matriks metalloproteinazlarının jelatinolitik aktivitelerini düşürmesi yanında hayli invazif insan hepatoma (SKHep1) hücrelerinin adezyon, invazyon ve migrasyonunu yüksek konsantrasyonlarda inhibe eder [337].

Asidik meşrubatlara iyon ilavesi

Erozyonu önlemede alınacak tedbirlerin çoğu, hastaların bu kurallara uymasıyla da yakından ilgili olduğu için araştırmacılar, hastaların tutumlarına bağlı olmayan yöntemler araştırmaya yönelmişlerdir. Bu yöntemlerden biri, asidik meşrubatlara kalsiyum, fosfat ve flor gibi iyonlar ekleyerek içeceklerin eroziv etkilerini azaltmaktır [338].

Portakal suyuna (pH 4.0) 40 mmol/L Ca ve 30mmol/L fosfat ilavesi sonucunda, solüsyon, apatite oranla daha doygun olduğundan minede erozyon görülmediği bildirilmiştir [339].

In-vitro koşullarda, CaF₂ 'a doygun hala gelen solüsyonların pH'sı 3'ün üzerinde olan içeceklerin, erozyon gelişimini %28 oranında azalttığı, fakat pH'sı 3'ün altında olan içeceklerin erozyonu (20 ppm' e kadar florid içerse bile) önleyemediği gösterilmiştir [340].

Erozyonu önlemek için içeceklere xylitol ilavesi de gündeme gelmiş, in-vitro bir çalışmada portakal suyuna xylitol ve 0,5 ppm florid eklenmiş ve bu karışımın dental erozyonu azaltmada etkisi olduğu gösterilmiştir [341].

Asidik meşrubatlara ilave edilen iyonlardan biri olan demir (Fe) ile ilgili yapılan bir çalışmada, asetik asit içeren bir solüsyona 15 mM Fe ilavesinin minenin çözünmesini azalttığı gösterilmiş, ancak yazarlar meşrubatlara demir ilavesi yapılırken yüksek miktarda demir içeriğinin toksik etkileri olacağını vurgulamışlardır [342]. Yine bir başka çalışmada, asidik bir içeceğe 10 mM Fe ilavesinin mine çözünmesini engelleyebileceği gösterilmiştir [343].

Restoratif tedavi

Diş doku kayıpları sonucu hastaların hassasiyet, fonksiyon kaybı ve estetik gibi şikâyetlerini ortadan kaldırmanın yanında, restoratif herhangi bir tedaviye başlamadan önce erozyonun etiolojisini belirlemek ve elimine etmek gerekmektedir.

İdeal bir restoratif tedavi:

- ✓ Hassasiyeti gidermeli,
- ✓ Kaybolan diş dokusunu restore etmeli,
- ✓ İleride meydana gelebilecek diş dokusu kaybını önlemeli,
- ✓ Dengeli bir okluzyon oluşturmalıdır.

Dental erozyonun restoratif tedavisinde kullanılan materyallerin avantaj ve dezavantajları Tablo 16'da gösterilmektedir [48].

Tablo 16. Dental erozyonun restoratif tedavisinde kullanılan materyallerin avantaj ve dezavantajları

Teknik	Avantaj	Dezavantaj
Döküm metal kuron (nikel, krom ya da altın)	<input checked="" type="checkbox"/> İnce oldukları için sadece 0,5 mm yere ihtiyaç duyulur <input checked="" type="checkbox"/> Uyumu iyidir <input checked="" type="checkbox"/> Dayanıklıdır.	<input checked="" type="checkbox"/> Estetik görüntüleri iyi değildir. <input checked="" type="checkbox"/> Tamirleri kolay değildir.
Direkt kompozit	<input checked="" type="checkbox"/> Labial veneerler için yeterli dayanıklılığa sahiptir. <input checked="" type="checkbox"/> Maliyeti uygundur <input checked="" type="checkbox"/> Teşhis aracı olarak kullanılabilir. <input checked="" type="checkbox"/> Renk uyumu sağlanması kolaydır.	<input checked="" type="checkbox"/> Palatinal yüzeylerde veneer uygulaması zordur. <input checked="" type="checkbox"/> Okluzal ve interproksimal konturların kontrolü zordur. <input checked="" type="checkbox"/> Polimerizasyon büzülmesi fazladır. <input checked="" type="checkbox"/> Posterior restorasyon olarak yetersizdir.
İndirekt kompozit	<input checked="" type="checkbox"/> Ağız içinde tamir edilebilir ve restorasyona ek yapılabilir. <input checked="" type="checkbox"/> Estetiktir. <input checked="" type="checkbox"/> Okluzal kontur ve vertikal boyut kontrol edilebilir. <input checked="" type="checkbox"/> Marjinal uyumu çok iyidir.	<input checked="" type="checkbox"/> En az 1mm yere ihtiyaç vardır <input checked="" type="checkbox"/> Dayanıklılıkları kanıtlanmamıştır.
Porselen	<input checked="" type="checkbox"/> Estetiktir. <input checked="" type="checkbox"/> Aşınmaya karşı dirençlidir. <input checked="" type="checkbox"/> Gingival dokular tarafından iyi tolere edilir.	<input checked="" type="checkbox"/> Karşit dentisyonda aşınmaya neden olur <input checked="" type="checkbox"/> Kırılgandır. <input checked="" type="checkbox"/> Tamiri zordur.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu *in vitro* çalışma, Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda yapıldı. Çeşitli bitki çaylarının dental erozyonu önleme üzerindeki etkilerinin *in vitro* olarak incelendiği çalışmamızda sırasıyla; diş örnek sayısının belirlenmesi, sığır dişlerinin toplanması, örneklerin hazırlanması, bitki çaylarının uygulanması, erozyon siklusu, nanoindentasyon ile sertlik analizi, SEM ve AFM incelemesi, istatistiksel analizlerin yapılması işlemleri gerçekleştirildi.

3.1. Diş Örnek Sayısının Belirlenmesi

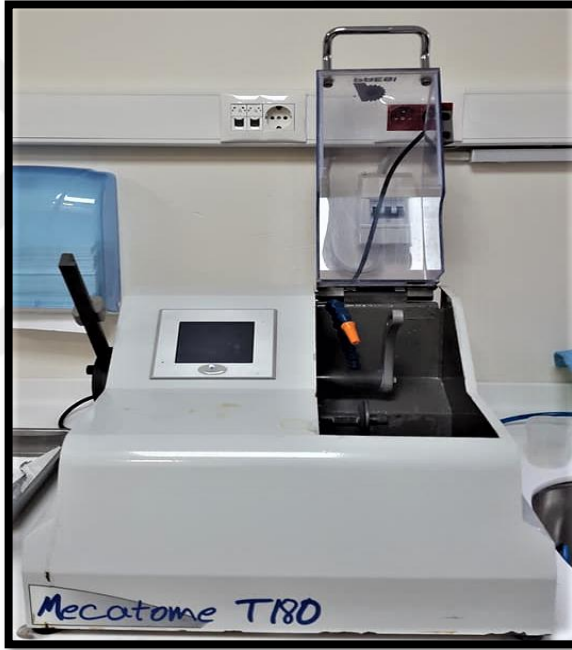
Kontrol grubunun diğer gruplara göre anlamlı olarak daha fazla sertlik kaybı göstereceği düşüncesinden yola çıkılarak ve bitkiler ile ilgili karşılaştırılacak veri olmadığından; 'Güç analizi' hesaplaması yapılırken yeşil çay grubunun değerleri ile standart sapmaları ele alındı. Benzer bir literatür desteği alınarak [295]; yeşil çay grubuna ait dentin sertlik kaybı ile kontrol grubuna ait dentin sertlik farkının 0,9 olmasının anlamlı kabul edilmesi ve α hata derecesinin % 5, β hata derecesinin % 20 olarak hesaplanması sonucu, en az 8 dentin örneğinin incelenmesi gerektiği hesaplandı. Çalışma sürecinde denek sayısında kayıp olabileceği düşünülerek, çalışmanın güç kaybetmemesi (%80 güç) için kayıp oranının %25' ten fazla olmamasına özen gösterildi ve tüm bu nedenlerle her analiz için 10 örneğin çalışmaya dâhil edilmesine karar verildi.

3.2. Sığır Dişlerinin Toplanması

Çalışmamızda altı yaş ve üzeri sığırlara ait 140 adet alt kesici dişler kullanıldı. Çatlak, kırık, çürük veya herhangi bir defekt olan dişler çalışmaya dâhil edilmedi. Dişler, İstanbul Çekmece Et ve Et Ürünleri San. Tic. A.Ş.'den temin edildi. Dişler çekildikten sonra üzerinde bulunan periodontal artıklar keskin uçlu bir küret (413/414 Universal Curette, Hu-Friedy Co. LLC, Şikago, Amerika) ile dikkatlice temizlendi ve akan su altında fırçalandı (Resim 7). Dişlerde olası bir çatlak varlığının tespiti için dental loupe ile x2,5 büyütmede tüm örnekler incelendi. Herhangi bir çatlak gözlenmeyen dişler, deneyin yapılacağı zamana kadar (2 ay) %0,1'lik timol kristali içeren deiyonize suda saklandı. Timol solüsyonu her hafta yenilendi.



Resim 7. Diş yüzeyindeki artıkların fırça ile temizlenmesi

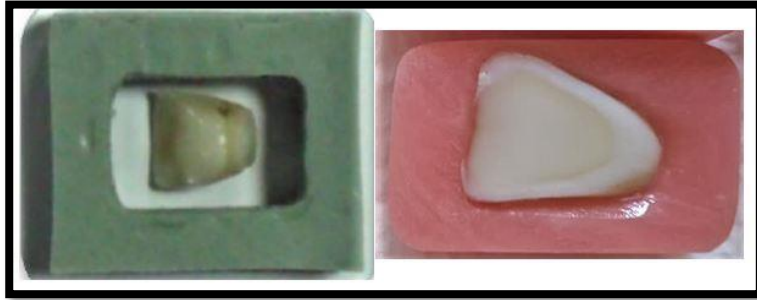


Resim 8. Mecatome T180 kesme cihazı

3.3. Örneklerin Hazırlanması

Dişler timol solüsyonundan çıkartıldıktan sonra distile su ile yıkandı. Su soğutması altında düşük devirli mikrotom (Mecatome T180 Cutting-Machine, PRESI, Fransa) kullanılarak temizlenen dişlerin mine sement sınırından kökleri uzaklaştırıldı (Resim 8). Kuronların vestibül yüzeyleri açıkta kalacak şekilde dişler kendiliğinden sertleşen akrilik rezine içine (üretici firma talimatları doğrultusunda 10 gr. toz 5 gr. likit olacak şekilde 1dk. boyunca

karıştırılarak) (Panacryl, İnci Dental Türkiye) gömüldü (Resim 9). Akrilik blokların üzerine sabitlenen kuronların açıkta kalan bukkal yüzeylerindeki mine dokusu, akril blok ile birlikte dentin yüzeyi açığa çıkana kadar aşındırıldı. Dentin örnek yüzeylerinin metalografik polisajı bir otomatik polisaj cihazı (Minitech 233 Polishing Machine, PRESI, Fransa) (Resim 10) kullanılarak su soğutması altında yapıldı. Sırasıyla 600, 800, 1000, 1200, 2400 nolu silikon karpit zımparalar (Metkon, Bursa, Türkiye) kullanıldı. Zımparalama esnasında zımparalama yönü değiştirilerek bir önceki zımparanın sebep olduğu izler ortadan kaldırıldı ve eşit miktarda cilalama yapılabilirdi. Daha sonra sırasıyla 1 µm'lik ve 0.25 µm'lik alüminyum oksit içeren elmas parlatma pastaları (Metkon, Bursa, Türkiye) ve kendilerine ait cila keçeleri (Metkon, Bursa, Türkiye) ile örnek yüzeyleri cilalandı. Bu sayede 1/3 orta dentin dokusuna denk gelen, pulpa odasını içermeyen, dikdörtgen şeklinde düz yüzeye sahip dentin örnekleri elde edildi. Metalografik polisajı tamamlanan örnek yüzeylerindeki polisaj artıklarının ve smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla örnekler ultrasonik banyoda 2-3 dk. sodyum hipoklorit (%3) içinde bekletildi, ardından 5 dk. boyunca yine ultrasonik banyoda (24.5 kHz) distile su ile yıkandı. Yıkanan yüzeyler hava-su spreyi kullanılarak hafif basınçlı hava ile kurutulmuş, pürüzsüz, düzgün ve standart dentin yüzeyleri elde edildi. Pürüzsüz yüzeyin elde edilemediği durumlarda zımparalama işlemi tekrarlandı.



Resim 9. Dişlerin gömülü olduğu akril blokların elde edilmesi

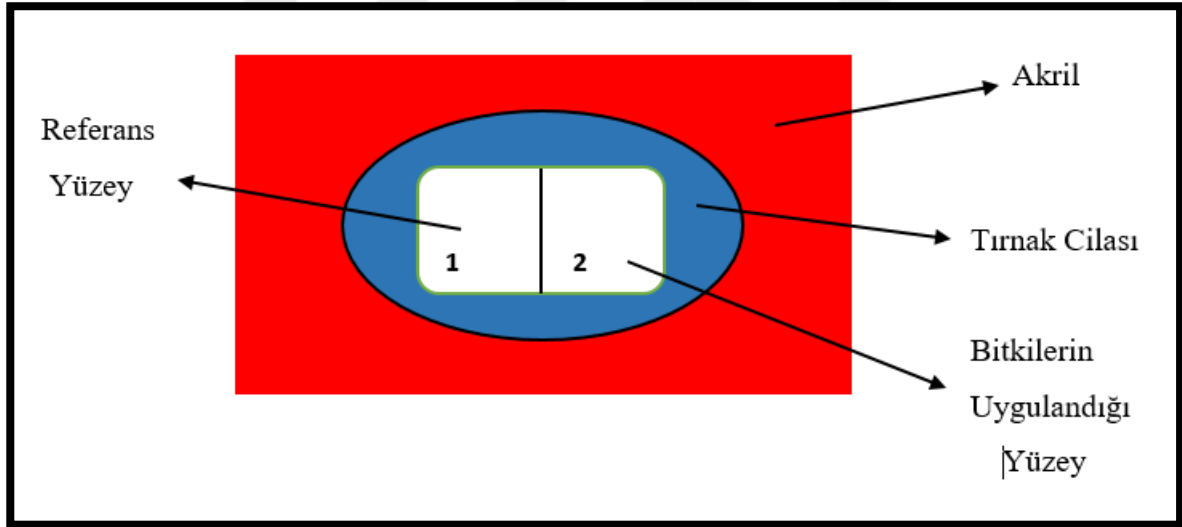


Resim 10. Minitech 233 Parlatma cihazı

Örnekler çalışmanın her aşamasında, dişin suyunu kaybederek kuruması ve yapılacak çalışmanın sonuçlarında oluşabilecek sapmaları önlemek amacıyla kapaklı kaplarda, ıslatılmış pamuklar ile nemli ortamda saklandı.

Ortadoğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Merkez Laboratuvarı' nda bulunan nanoindentasyon cihazında (CSM instrument nanoindentation tester, Needham, Massachusetts, USA) başlangıç nanosertlik değerleri ölçülerek 0,5 ila 1,1 GPa nanosertlik değerlerini gösteren dentin örnekleri seçilerek çalışmaya dâhil edildi.

Çalışılacak örneklerin her birinin açıkta kalan dentin yüzeyinde 3 x 6mm'lik bir dikdörtgen çizildi. Standardizasyonu sağlamak amacıyla matris şerit bandının orta bölümüne açılmış bir şablonla 3x6 mm'lik alanların büyüklükleri kontrol edildi. Bu dikdörtgen 3'er mm'lik 2 alana bölündü (Şekil 14). Bir ve iki nolu alanlar dışında kalan bütün örnek yüzeyleri tırnak cilası ile kapatıldı. Örnekler erozyon oluşturulmadan önce *in vitro* olarak pelikül oluşturmak amacıyla yapay tükürük içerisinde 24 saat bekletilip distile su ile yıkanarak kurutuldu.



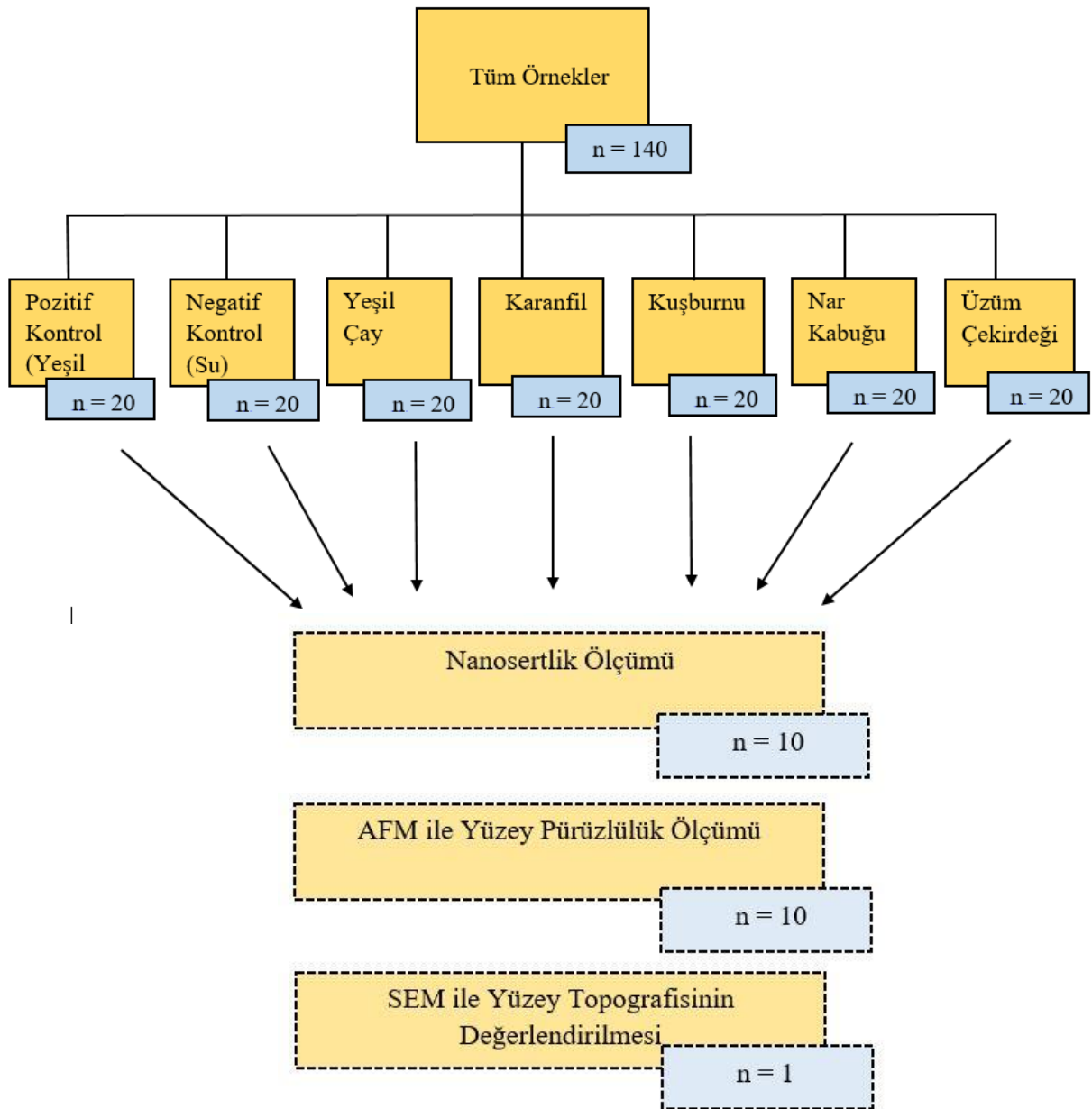
Şekil 14. Analiz yapılacak alanların çizimsel gösterimi

3.4. Grupların Ayarlanması

Çalışmada, dentin örneklerinde oluşturulan erozyon lezyonlarındaki MMP aktivasyonuna karşı önleyici etkinliği bilinen yeşil çay (*Camellia sinensis*) ile birlikte doğal MMP inhibisyon özellikleri olan karanfil (*Syzygium Aromaticum*), kuşburnu (*Rosa Canina*), üzüm çekirdeği (*Vitis Vinifera*) ve nar kabuğu (*Punica Granatum*) bitkileri deney grubu

materyalleri olarak belirlendi. Dentin örneklerinin yüzey özelliklerini değiştirmemesi için pozitif kontrol grubu materyali olarak alkolsüz bir flor gargarası (Colgate Plax 225 ppm, Colgate Palmolive Temizlik Ürünleri San. ve Tic. A.Ş., Türkiye) ve negatif kontrol grubu materyali olarak da flor iyonu içermeyen su (Sırma Doğal Kaynak Suyu, Sırma grup İçecek San. ve Tic. A.Ş., Türkiye) çalışmaya dahil edildi (Tablo 17).

Örnekler, yüzeye uygulanacak olan farklı bitki tiplerine göre her grupta 20'şer örnek olacak şekilde rastgele 7 gruba ayrıldı (Şekil 15).



Şekil 15. Çalışma gruplarının ayarlanması

Tablo 17. Çalışmada kullanılan deney materyalleri ve içerikleri.

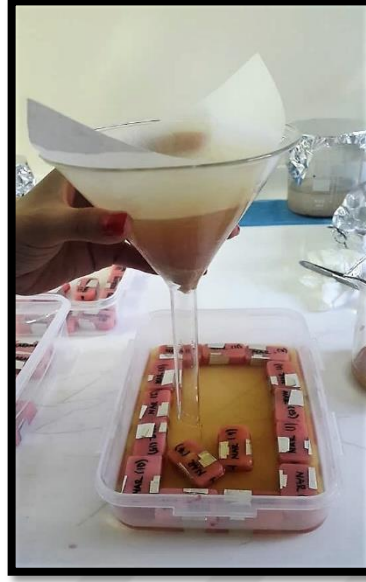
Grup No	Deney Materyali	Ürünün Adı	Ürünün İçeriği
1	Yeşil çay	Doğal	Kateşinler, antioksidan, C vitamini, kafein, flavonoidler, florid, E vitamini ve EGCG
2	Karanfil	Doğal	Ojenol, karyofilen, A,E,K ve B6 vitaminleri, kalsiyum, potasyum, sodyum, manganez, Omega 3 ve Omega 6
3	Kuşburnu	Doğal	C vitamini, fosfor, potasyum, karoten, B1, B2, E ve K vitaminleri, sodyum, kalsiyum, magnezyum, demir, mangan, bakır, çinko gibi katyonlar, sülfat, klorür, nitrat gibi anyonlar
4	Nar kabuğu	Doğal	Punikalajinler, gallik asit, kateşinler, flavonoller, antosiyanidinler
5	Üzüm çekirdeği	Doğal	Resveratrol, Quercetin, kateşin, flavone, flavanol, prosiyanidin, antosiyanidin, gallik asit, epikateşin
6	Florlu gargara (Pozitif kontrol)	Colgate Plax 225 ppm	Sodyum florid, su, gliserin, propilen glikol, sorbitol, poloxamer 407, aroma, setilpridinyum klorid, potasyum sorbat, sodyum sakkarin, mentol, C1 42051
7	Su (Negatif Kontrol)	Sırma Doğal Kaynak Suyu	Alüminyum, amonyum, klorür, demir, mangan, sülfat, sodyum

3.5. Kullanılan Bitkisel ayların Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan 5 tür doğal bitkisel çay, organik üretim sertifikasına sahip olduğuna güvenilen ürünlerin satışını yapan aktarlardan temin edildi. Bitkiler, kullanılıncaya kadar geçen süreçte oda şartlarında muhafaza edildi. Bitki örneklerine günlük yaşantımızda ayı içtiğimiz gibi demleme işlemi uygulanıp, ayrıca herhangi bir kimyasal işlem uygulanmadı. Tüm aylar standart şekilde hazırlandı. 6.25 gr bitki rneği hassas tartıda tartılarak üzerine 250 ml tamamlanacak şekilde 60  C sıcaklıkta florsuz su (Sırma Doğal Kaynak Suyu, Sırmagrup İçecek San. ve Tic. Aç) eklenip en yüksek kateşin (EGCG) değerine ulaşabilmek amacıyla 10 dk boyunca demlendi [344]. Daha sonra sıcak çay örnekleri oda sıcaklığında soğumaya bırakıldı (Resim 11). Soğumuş olan çay örnekleri kğit filtre (0.45 m) yardımıyla szld (Resim 12). Ardından pH ölçüm cihazı (Mettler Toledo SevenCompact S220 pH/iyon metre, İsviçre) kullanım talimatına uygun olarak, bekletilen aylara batırıp çıkarıldı ve ekran üzerinde oluşan pH değerleri kaydedildi (Resim 13).



Resim 11. Oda sıcaklığında soğumaya bırakılan çay rnekleri



Resim 12. Kâğıt filtre yardımıyla çayların süzülmesi



Resim 13. pH ölçüm cihazı ile çayların pH değerlerinin belirlenmesi

3.6. Erozyon Siklusu

Her eroziv atak öncesi örnekler önce 5 dakika (dk) boyunca hazırlanan bitki çaylarının içinde bekletildi. 1 no.lu alan referans yüzeyi olduğu için erozyon siklusu esnasında sıvı asite dayanıklı bir izolasyon bantı ile kapatıldı. Daha sonra herhangi bir işlem uygulanmadan çayların içerisinden çıkartılıp 10 ml % 0,3'lük (pH 2.45) sitrik asit solüsyonuna batırıldı ve 5 dk. beklendi. Ardından örnekler distile suyla yıkandı, dikkatli bir şekilde kâğıt havlu ile

Tablo 18. Çalışmada kullanılan yapay tükürük formülasyonu [345].

<i>Kimyasal Bileşim</i>	<i>Miktar</i>
KCl	2,236.50 mg/l
KH₂PO₄	544.360 mg/l
CaCl₂·2H₂O	77.690 mg/l
MgCl₂	19.04 mg/l
C₈H₁₈N₂O₄S HEPES	4,766.20 mg/l
Distile su	1.000 ml
pH	7.0
Hidroksiapatit	9.50
Oktakalsiyum fosfat	1.89
Dikalsiyum fosfat dihidrat	1.06

3.7. Ölçümlerin Yapılması

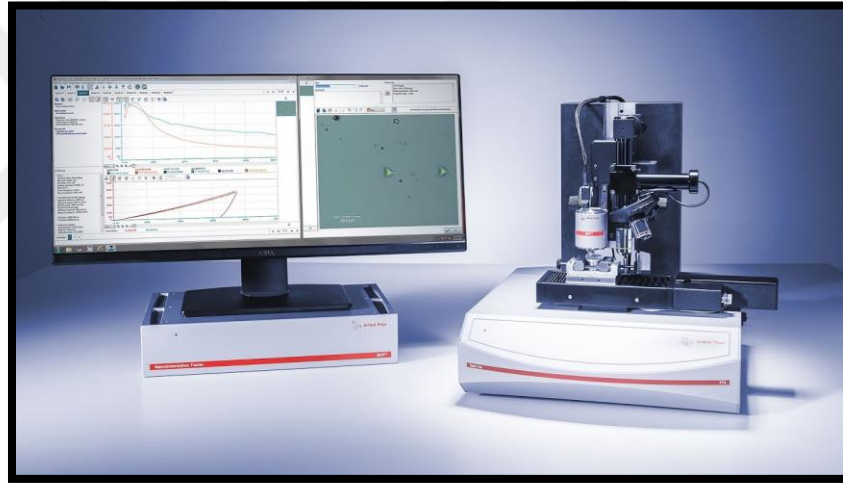
3.7.1. Nanosertlik değerlerinin ölçülmesi

Nanosertlik analizi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Merkez Laboratuvarı'nda bulunan nanoindentasyon cihazı (CSM instrument nanoindentation tester, Needham, Massachusetts, USA) ile yapıldı (Resim 14). Nanosertlik ölçüm cihazı üzerindeki hareketli tablaya alt ve üst yüzeyi birbirine paralel hazırlanan dış kesit örnekleri, yukarıya bakacak şekilde yerleştirildi. Bu tabla, X ve Y koordinatlarında kaydırılarak optik mikroskopta önce 10x ve 50x büyütmelerinde gözlem yapılarak net bir görüntü elde edinceye kadar indenterin uygulama yerleri belirlendi. Gerek referans gerekse deney materyallerinin uygulandığı her bir örneğin merkezi ve çevresinde 5 ayrı noktadan toplamda 6 adet ölçüm alındı ve bu ölçümlerin ortalaması her bir örnek için tek bir değer olarak kabul edildi. Daha sonra tabla, elle indenterin altına getirildi. Bu cihaza bağlı bir bilgisayarda ilgili program açıldı. Loading-unloading (yükleme-boşaltma) modunda, artan yüklerle bir maksimum yük değeri (5 mN) ayarlandı. Bu maksimum indentasyon yükü, sabit bir deplasman hızıyla örneklere uygulandı (yükleme safhası). Bu maksimum indentasyon yüküne ulaşıldıktan sonra belli bir zaman bekleme

yaptırıldı (hold time). Daha sonra yükleme kaldırıldı ve indenter malzeme dışına geri çekildi (yük boşaltma safhası). Kuvvetler ve derinlikler (deplasman) ölçülerek veri toplama/depolama işlemini yapan bilgisayar yazılımı tarafından bir “P – h” grafiğine aktarılıp kaydedildi.

Deney örneklerinin başlangıç, erozyon sonrası ve pH siklusu yapıldıktan sonraki nanosertlik değerleri arasındaki fark hesaplanarak gruplar karşılaştırmalı olarak incelendi. Ayrıca nanosertlik kaybı, başlangıç (SNH) ve bitim (SNH₂) değerlerinin yüzdelik değişimi Chu ve ark.[346]’ nın çalışması referans alınarak “% SNHR = $\frac{100 (SNH_2 - SNH_1)}{SNH_1 - SNH}$ ” formülü ile hesaplandı.

Sertlik değerlerinin ölçümü bittikten sonra indentasyon tester cihazının atomik force mikroskobu kullanılarak yüzey görüntüsü alındı. Görüntüler 3 boyutlu olarak bilgisayar ortamına aktarıldı.

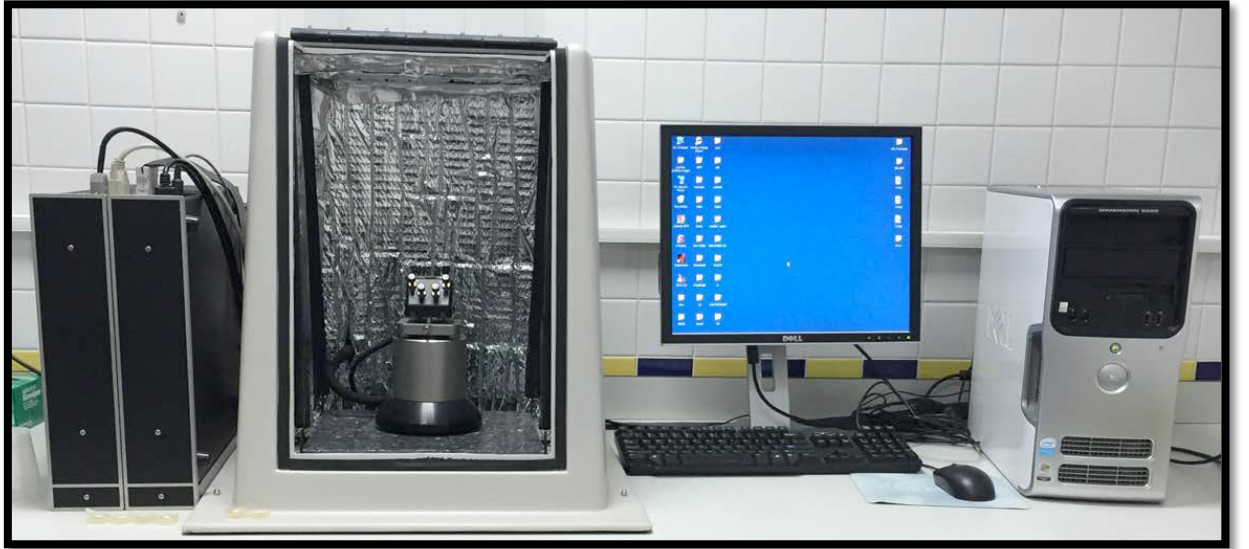


Resim 14. “CSM instrument nanoindentation tester” cihazı.

3.7.2. Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçülmesi

Akrilik rezin içerisinde gömülü bulunan örnekler, izotonik çözelti ile dolu plastik kaplarda +4°C’ de buzdolabında, yüzeylerin değerlendirileceği zamana kadar saklandı. Her grup içindeki tüm örnekler Boğaziçi Üniversitesi İleri Teknolojiler Ar-Ge Merkez Laboratuvarları’ nda bulunan Silisyum (Si) uçlu AFM cihazı (Quesant Instrument Corp., Agoura Hills, CA, USA) ile incelenerek yüzey pürüzlülüğü (R rms yani Rq) ve maksimum derinlik değerleri (R valley) mikrometre (µm) cinsinden hesaplandı (Resim 15). İzotonik çözelti içerisinde çıkarılan örneklerin yüzeyi, hava spreyi ile kurutulduktan sonra, referans ve test

alanlarının etrafı kalemle çizilerek inceleme bölgelerinin yeri korundu. Daha sonra örnekler mikroskopun tarayıcı haznesine yerleştirildi. Tüm örnekler, standart eşit kare ($20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$) alanda ve z-doğrultusunda en fazla $10\mu\text{m}$ 'lik yükseltilecek şekilde, piezoelektrik uç ile yüzeylere temas ettirilmeden (nonkontakt mod) tarandı ve 256 piksel çözünürlükte görüntü profilleri 3 boyutlu olarak elde edildi. Gerek referans gerekse deney gruplarının uygulandığı yüzeylerin birbirleriyle $50\mu\text{m}$ uzaklıkta olacak şekilde 3 ayrı noktadan ölçüm yapıldı. Erozyon lezyonlarının derinliği ve pürüzlülük ortalaması XEI (XEI Data Analysis Program, 1.6 Version, PSIA Inc., USA) analiz programıyla hesaplandı. Elde edilen sonuçlar gruplar arası ve grup içi referans ve deney yüzeyleri arasında karşılaştırmalı olarak incelendi.



Resim 15. AFM cihazı ile görüntülemenin sağlandığı bilgisayar ekranı

3.7.3. Yüzey morfolojisi analizi

Yüzey morfolojisi analizi, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Merkez Laboratuvarı'nda SEM cihazı yapıldı. Kullanılacak numuneler her gruptan birer tane olmak üzere 7 grup içerisinde rastgele seçildi. Analiz için akril bloklardan 2 mm kalınlığında kesitler elde edildi ve ölçüm öncesi 24 saat oda sıcaklığında kurumaya bırakıldı.

İncelenecek örnekler bir karbon yapıştırıcı (Electron Microscopy Sciences, ABD) aracılığıyla numune tutucuya monte edilerek kaplama için hazırlandı. SEM analizinden önce, örneklerin iletken hale gelmesi amacıyla bütün numuneler havasız bir ortamda SC7620 Mini Sputter Coater (Quorum, İngiltere) cihazı kullanılarak ince bir altın filmle (10 nm) kaplandı (Resim 16).



Resim 16. Altın kaplama cihazı

Altın ile kaplanan örnekler SEM cihazına yerleştirildi (Resim 17). Ardından, örneğin içerisindeki hava ve suyun yok edilmesi amacıyla vakumlama işlemine başlandı. Ortamın basıncı 10^{-4} Torr'a düştükten sonra görüntüleme işlemine geçildi. Standardizasyonun sağlanması amacıyla örnekler taramalı elektron mikroskobu (EVO LS10, Zeiss, Oberkochen, Almanya) ile yüksek basınç tekniği kullanılarak 20 kV ve 10 mm çalışma mesafesinde x1500, x5000 ve x10000 büyütmelerde incelenerek fotoğraflandı.



Resim 17. SEM cihazı

3.8. İstatistiksel Analizler

Çalışmada elde edilen bulguların değerlendirilmesi için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanıldı.

Çalışma verileri değerlendirilirken parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirilmiş ve parametrelerin normal dağılım göstermediği saptanmıştır. Normal dağılıma göre uygunluk bulunmadığından, eroziv atağa ve ardından deney materyallerine maruz bırakılan dentin yüzeyleri ile referans yüzeyler arasındaki yüzdelik değişimin gerek nanosertlik gerekse yüzey pürüzlülüğü (R rms) açısından değerlendirilmesinde ve maksimum derinlik değerlerinin (R valley) deney grupları arasında yapılan karşılaştırmalarında Kruskal-Wallis testi kullanıldı. Farklılığa neden çıkan grubun tespitinde Bonferroni Düzeltmeli Mann Whitney U test kullanıldı ve anlamlılık düzeyi $p < 0.0024$ olarak kabul edildi. Parametrelerin grup içi karşılaştırmalarında ise Friedman Testi, post hoc ikili karşılaştırmalarında Bonferroni Düzeltmeli Wilcoxon işaret testi kullanıldı ve anlamlılık düzeyi $p < 0.017$ olarak kabul edildi. Çalışmanın genel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında, doğal MMP inhibisyon özelliğine sahip olduğu bilinen 5 farklı bitkinin dentin erozyonuna karşı etkinliğini *in vitro* olarak değerlendirmek amacıyla; yapay eroziv lezyonlar oluşturulmuş dentin örnekleri, günde 3 kere 5' er dakika 3 gün boyunca eroziv atağa maruz bırakılıp, her eroziv atak öncesi 5 dakika süresince yeşil çay, kuşburnu, karanfil, nar, üzüm çekirdeği, klorheksidin ve distile su ile muamele edildi. Deney süreci sonunda herhangi bir dentin örneği kayıp olmadı ya da deney dışı bırakılmadı.

Bitki çayları demlenip oda sıcaklığına gelene kadar beklendikten sonra yapılan pH ve titrasyon ölçümünün verileri tablo ile (Tablo 19) gösterildi.

Tablo 19. Çalışmada kullanılan bitki çaylarının oda sıcaklığında (24 °C) pH ve titrasyon değerleri (ml).

Deney Materyali	pH Değeri	Titrasyon Değeri
Yeşil Çay	5,66	3,3
Karanfil	4,71	7,1
Kuşburnu	3,81	13,1
Üzüm	4,75	2,8
Nar	3,95	26,7

70 adet dentin örneğinin nanosertlik cihazı ile yüzey nanosertlik analizi ve yine 70 örneğin yüzey analizinin AFM ile değerlendirilmesi sonucu;

- Aynı gruptaki örneklere ait referans ve deney yüzeylerinin nanosertlik, yüzey pürüzlülüğü ve maksimum derinlik ortalamaları kantitatif olarak, AFM ile incelenen örneklerin yüzey topografilerindeki değişim ise hem kantitatif hem de kalitatif olarak incelendi.
- Grupların mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin yüzdelik değişimi ile maksimum derinlik değerlerinin ortalamaları birbirleri ile kıyaslandı.
- Ayrıca referans ve deney yüzeylerinde oluşan morfolojik değişiklikler SEM ile görüntülendi.

4.1. Nanosertlik Bulguları

Deney süreci sonunda, her deney grubunda ortalama deney nanosertlik değerinin, ortalama referans nanosertlik değerinden daha yüksek olduğu saptandığı gibi; aynı gruptaki örneklere ait referans ve deney yüzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görüldü ($p < 0,05$) (Tablo 20).

Tablo 20. Yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinin her bir grup için ölçülen referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki ortalama nanosertlik değerlerinin standart sapmaları ve grup içi ile gruplar arası anlamlılık düzeyleri (p)

	Referans Değerleri	Deney Değerleri	^b p
	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	
Colgate	0,16±0,02 (0,16)	0,80±0,33 (0,90)	0,000*
Distile su	0,25±0,08 (0,24)	0,52±0,11 (0,56)	0,000*
Karanfil	0,21±0,03 (0,21)	1,24±0,34 (1,30)	0,000*
Kuşburnu	0,20±0,04 (0,20)	0,32±0,08 (0,31)	0,000*
Nar	0,35±0,18 (0,27)	0,35±0,26 (0,23)	0,000*
Üzüm	0,17±0,04 (0,16)	0,20±0,04 (0,19)	0,000*
Yeşil çay	0,23±0,03 (0,22)	0,89±0,08 (0,86)	0,001*
^a p		0,000*	

^aKruskal Wallis Test

^bFriedman Test

* $p < 0,05$

Deney süreci sonunda gruplar arası nanosertlik değişim yüzdeleri standart sapmalar ile birlikte incelendiğinde (Tablo 21), en fazla yüzdelik nanosertlik değişiminin Karanfil grubunda olduğu belirlendiği gibi; tüm gruplar ile arasında istatistiksel olarak anlamlılık saptandı ($p < 0,05$).

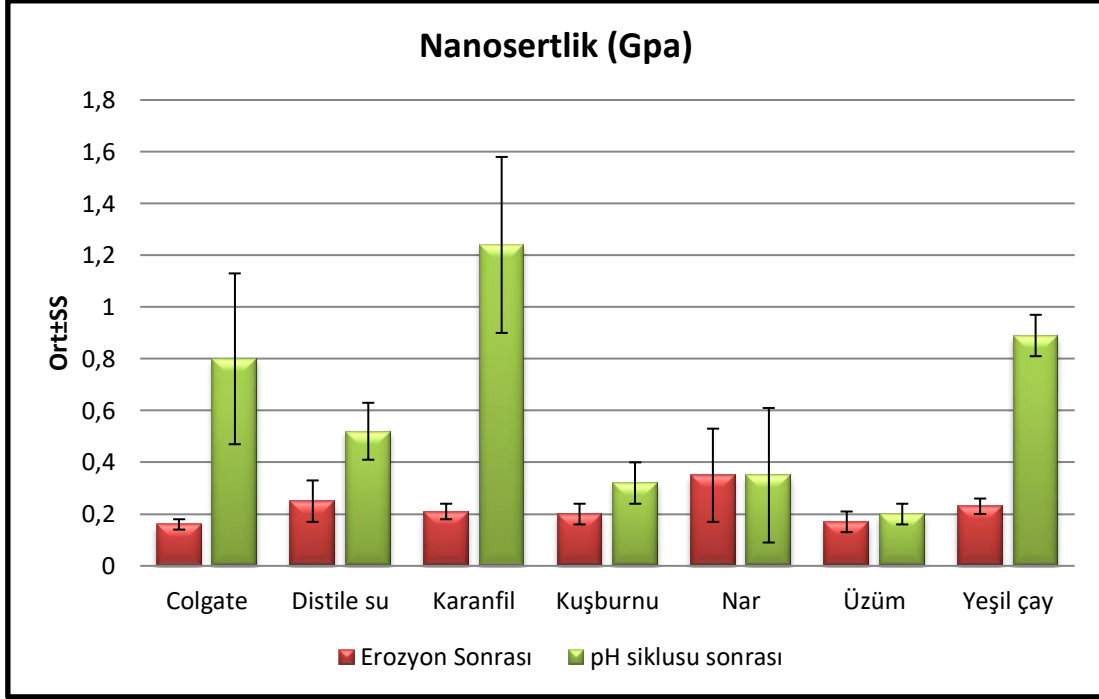
Gruplar arasında başlangıca göre pH siklusu sonrası nanosertlik düzeylerinde görülen yüzde değişim miktarları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p < 0,05$) (Tablo 21). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığının tespiti için yapılan ikili

karşılaştırmalar sonucunda; Karanfil grubunda başlangıca göre pH siklusu sonrası nanosertlik düzeylerinde görülen yüzde değişim miktarı Colgate, Distile su, Kuşburnu, Nar, Üzüm ve Yeşil çay gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0.0023$). Yeşil çay grubunda başlangıca göre pH siklusu sonrası nanosertlik düzeylerinde görülen yüzde değişim miktarı Distile su, Kuşburnu, Nar ve Üzüm gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulundu ($p<0.0023$). Diğer solüsyonlar arasında başlangıca göre pH siklusu sonrası nanosertlik düzeylerinde görülen yüzde değişim miktarları açısından anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.0023$)(Tablo 21). Tüm gruplara ait başlangıç ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki ortalama nanosertlik değişimleri ile başlangıç/ph siklus sonrası nanosertlik değerlerinin yüzdelik değişimleri grafiklerde gösterildi (Şekil 17, Şekil 18).

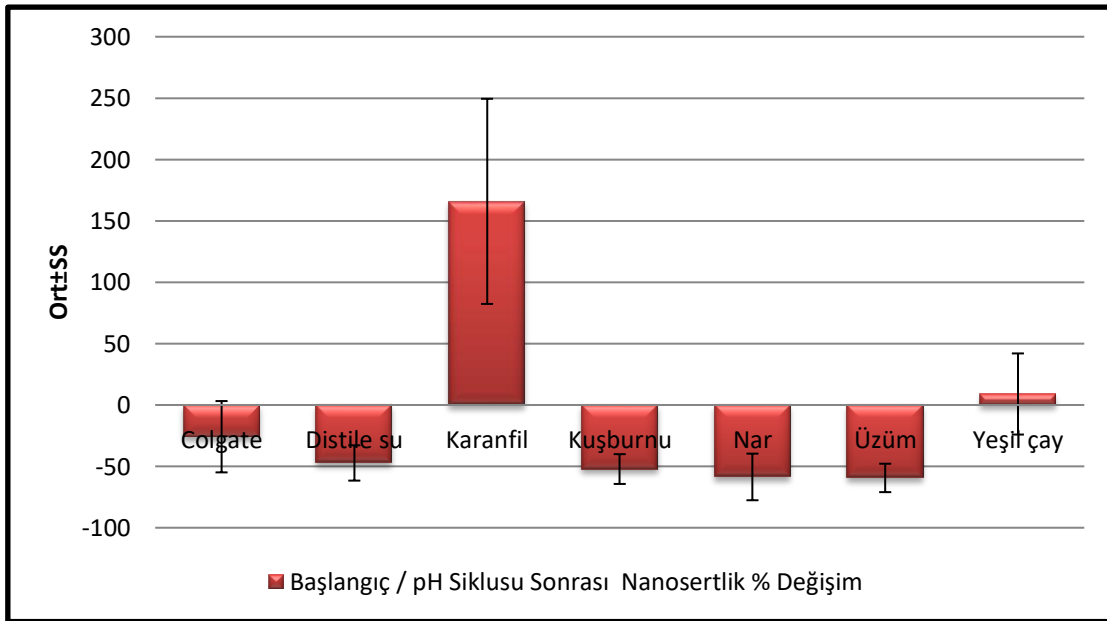
Tablo 21. Uygulanan deney materyallerinin her bir grupta bulunan yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinde meydana getirdiği ortalama nanosertlik değişim yüzdeleri, standart sapmaları ve gruplar arası anlamlılık düzeyleri (p).

Grup	n	Ort±SS (medyan)
Colgate	10	-25,84±29,05 (-11,5) ^a
Distile su	10	-47,22±14,38 (-48,72) ^a
Karanfil	10	165,89±83,56 (182,61) ^c
Kuşburnu	10	-52,18±12,13 (-57,14) ^{a, b}
Nar	10	-58,61±18,97 (-54,9) ^{a, d}
Üzüm	10	-59,42±11,57 (-62,26) ^{a, e}
Yeşil çay	10	8,97±33,05 (-8,79) ^a
p		0,000*
<i>Kruskal Wallis Test</i>		<i>* p<0.05</i>

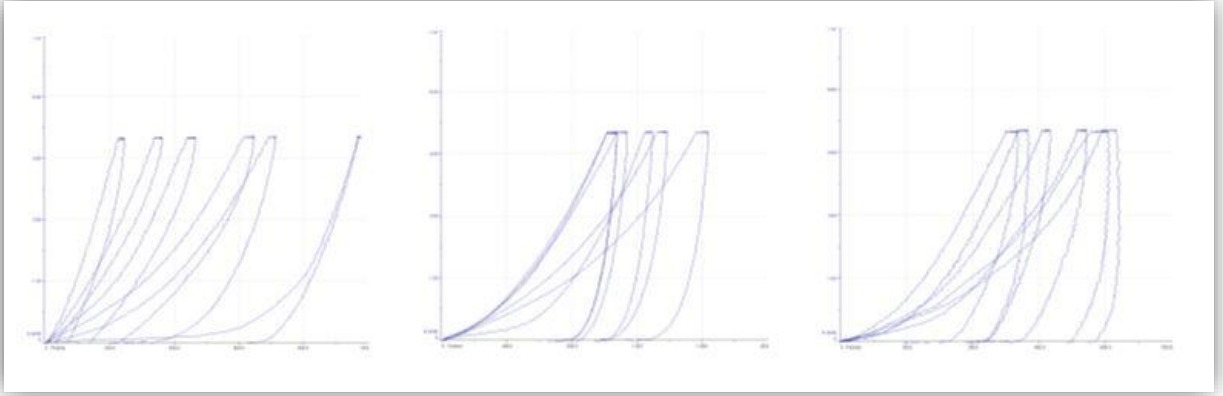
*Farklı harflere sahip gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlılık vardır ($p<0.05$) (Bonferroni düzeltilmeli Mann Whitney U Test).



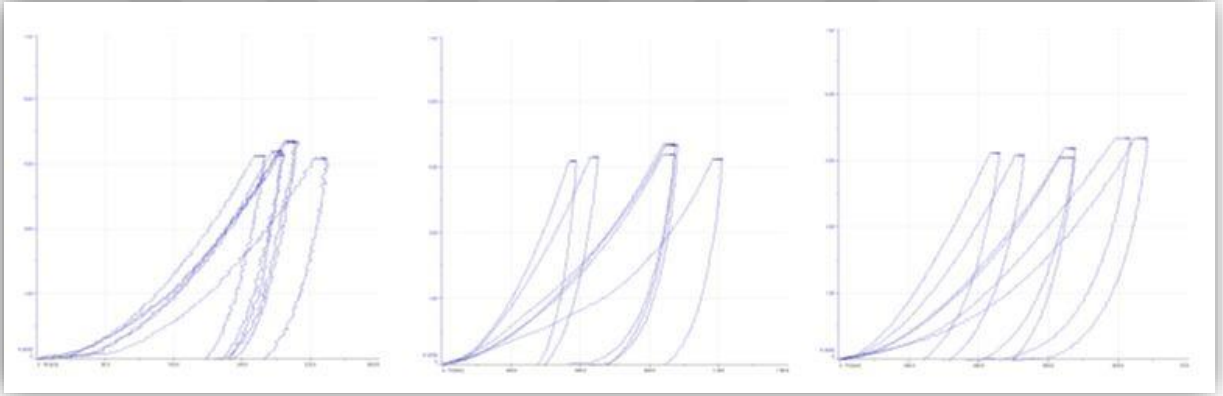
Şekil 17. Yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonra ölçülen ortalama nanosertlik değerleri (GPa).



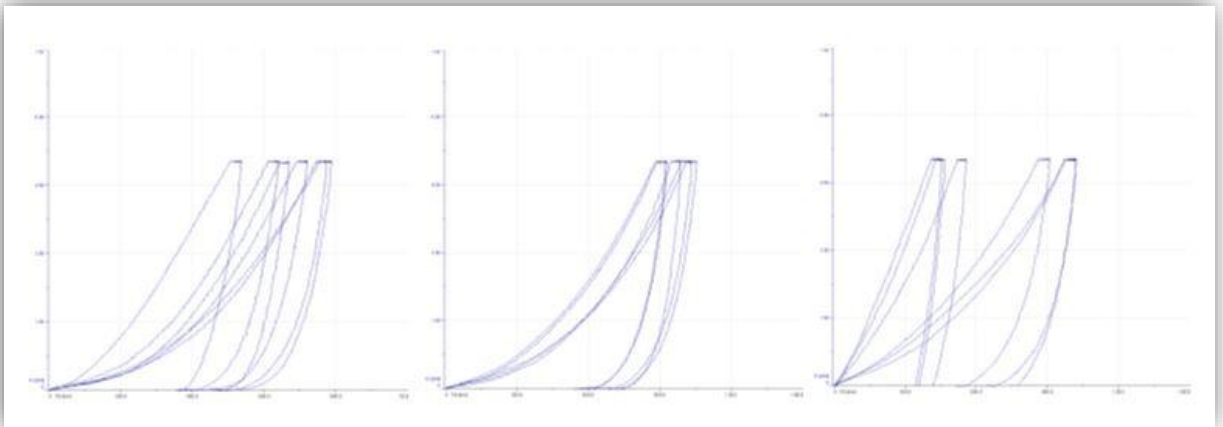
Şekil 18. Başlangıç/pH siklusu sonrası nanosertlik değerlerinin yüzdelerik değişiminin gruplara göre şematik gösterimi



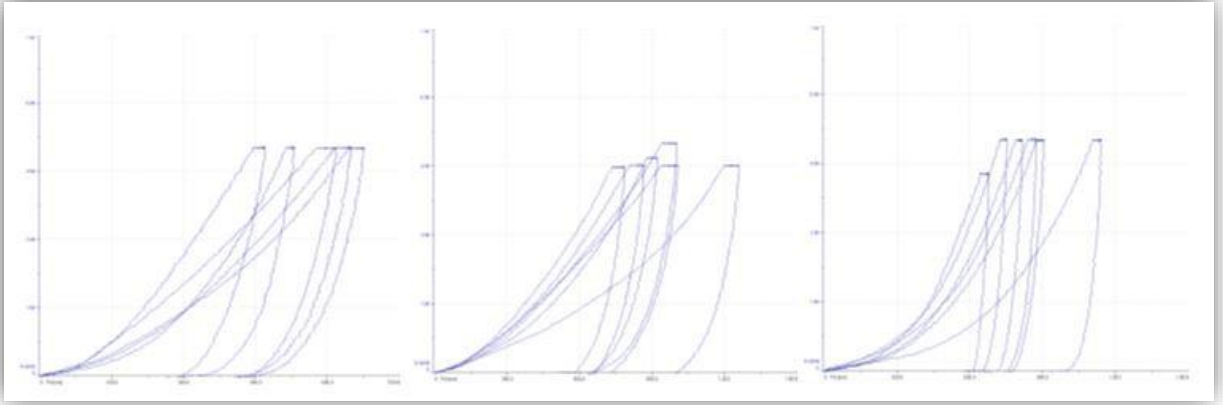
Şekil 19. Colgate örneklerinden incelenen yüzeylere göre elde edilen kuvvet penetrasyon eğrileri



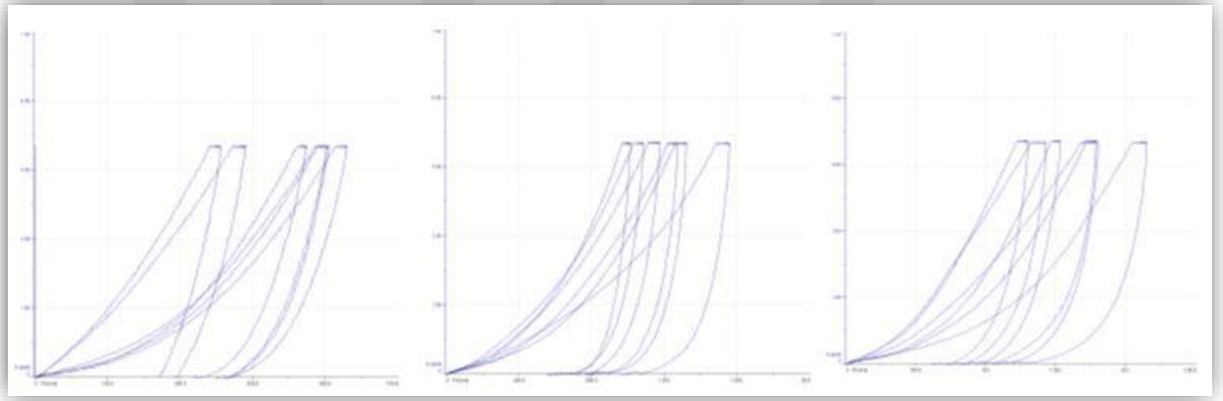
Şekil 20. Distile su örneklerinden incelenen yüzeylere göre elde edilen kuvvet penetrasyon eğrileri



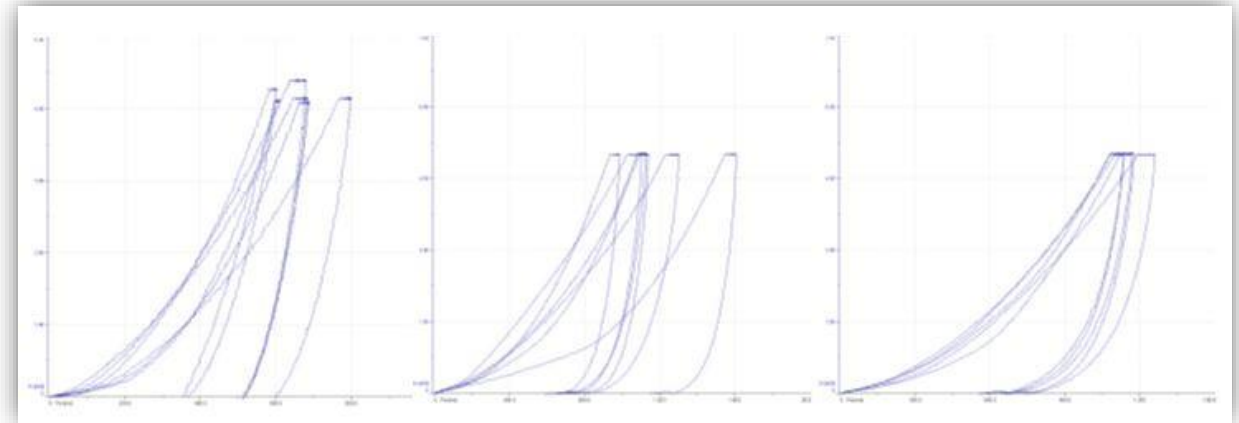
Şekil 21. Karanfil örneklerinden incelenen yüzeylere göre elde edilen kuvvet penetrasyon eğrileri



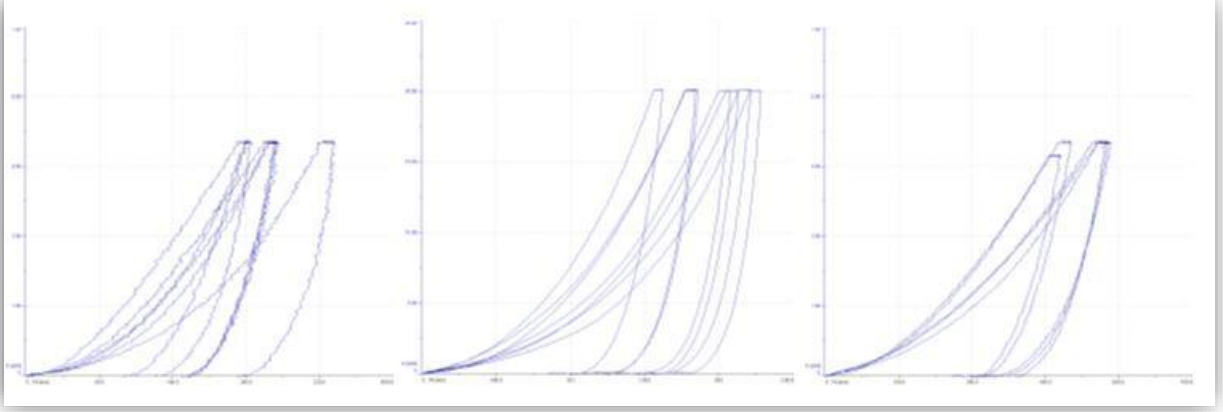
Şekil 22. Kuşburnu örneklerinden incelenen yüzeylere göre elde edilen kuvvet penetrasyon eğrileri



Şekil 23. Nar örneklerinden incelenen yüzeylere göre elde edilen kuvvet penetrasyon eğrileri



Şekil 24. Üzüm örneklerinden incelenen yüzeylere göre elde edilen kuvvet penetrasyon eğrileri



Şekil 25. Yeşil çay örneklerinden incelenen yüzeylere göre elde edilen kuvvet penetrasyonu eğrileri

4.2. AFM ile Yüzey Pürüzlülük Değerlendirmesi (R rms)

Dentin örneklerinin deney süreci sonunda grup içi ve gruplar arası yüzey pürüzlülük değerleri (R rms) incelendiğinde (Tablo 22); hiçbir grubun referans ve deney pürüzlülük düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p > 0,05$).

Tablo 22. Yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinin her bir grup için ölçülen referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki yüzey pürüzlülüğünün ortalama (μm) ve standart sapma değerleri ile grup içi ve gruplar arası anlamlılık düzeyleri (p).

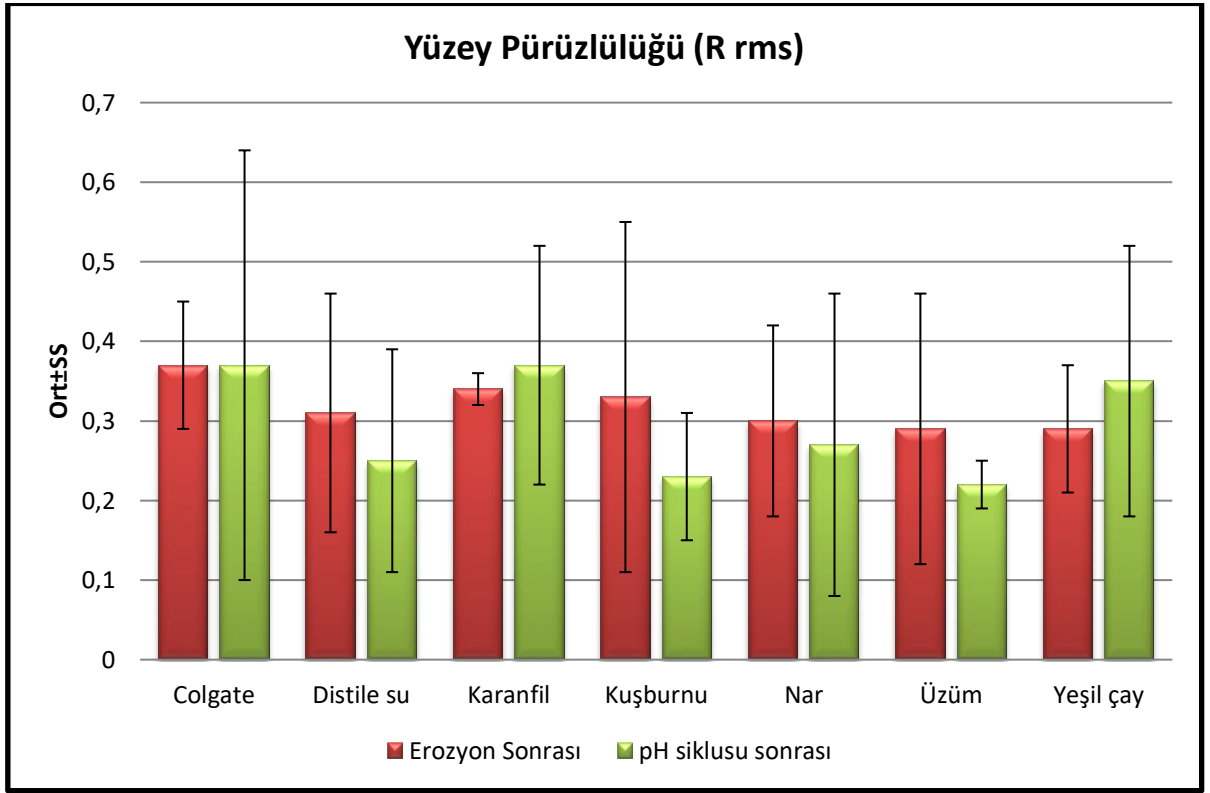
	Refereans Değerleri	Deney Değerleri	^b p
	Ort \pm SS (medyan)	Ort \pm SS (medyan)	
Colgate	0,37 \pm 0,08 (0,38)	0,37 \pm 0,27 (0,24)	0,301
Distile su	0,31 \pm 0,15 (0,24)	0,25 \pm 0,14 (0,28)	0,670
Karanfil	0,34 \pm 0,02 (0,34)	0,37 \pm 0,15 (0,45)	0,574
Kuşburnu	0,33 \pm 0,22 (0,19)	0,23 \pm 0,08 (0,18)	0,301
Nar	0,3 \pm 0,12 (0,27)	0,27 \pm 0,19 (0,21)	0,670
Üzüm	0,29 \pm 0,17 (0,28)	0,22 \pm 0,03 (0,24)	0,670
Yeşil çay	0,29 \pm 0,08 (0,28)	0,35 \pm 0,17 (0,33)	1,000
^a p	0,671	0,275	

^aKruskal Wallis Test

$p > 0,05$

^bFriedman Test

Colgate grubundaki örneklerde referans ve deney pürüzlülük değerleri aynı ortalama R rms değerine sahipken (0,37 μm); yeşil çay ve karanfil gruplarındaki örneklerin deney pürüzlülük değerlerinin ortalamaları, referans pürüzlülük değerlerinden fazladır. Diğer tüm gruplardaki örneklerin deney pürüzlülük değerlerinin ortalamaları, referans pürüzlülük değerlerinden düşüktür. Gruplar arası pürüzlülük değişim değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$). Tüm gruplara ait referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimleri grafikte gösterildi (Şekil 26).

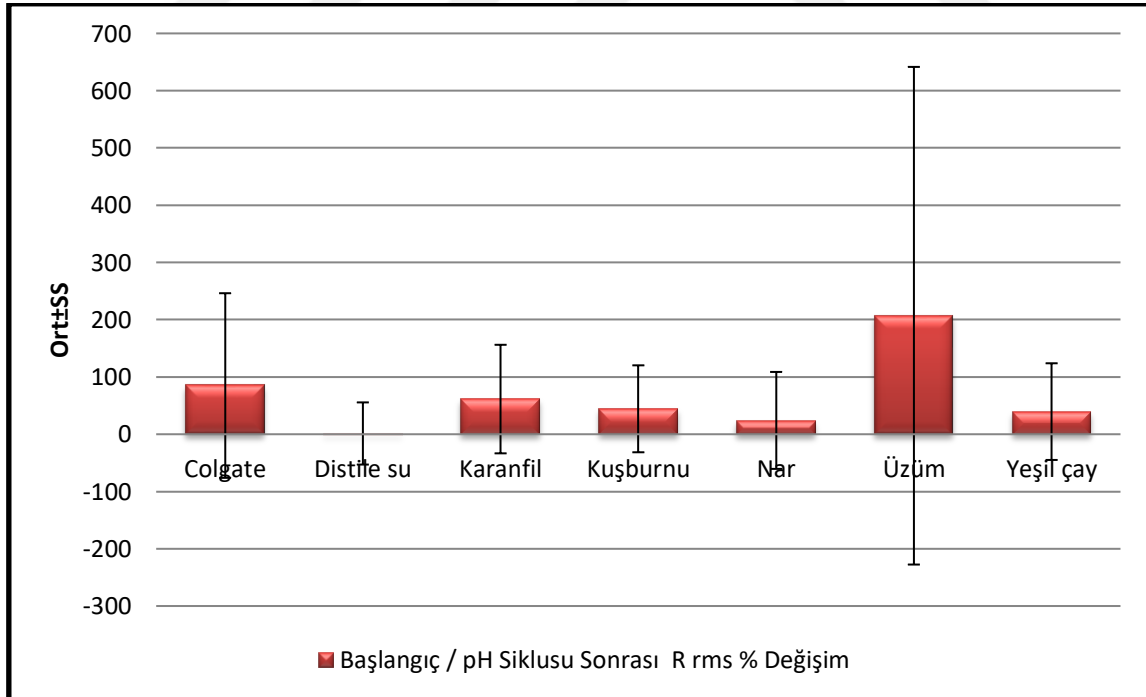


Şekil 26: Yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinin her bir grup için ölçülen referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (μm)

Gruplar arasında başlangıca göre pH siklusu sonrası yüzey pürüzlülüğü düzeylerinde görülen yüzde değişim miktarları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0.855$; $p>0.05$) (Tablo 23, Şekil 27).

Tablo 23. Uygulanan deney materyallerinin her bir grupta bulunan yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinde meydana getirdiği ortalama yüzey pürüzlülüğü değişim yüzdeleri, standart sapmaları ve gruplar arası anlamlılık düzeyleri (p).

Grup	n	Ort±SS (medyan)
Colgate	10	85,04±161,22 (34,01)
Distile su	10	1,29±54,29 (27,96)
Karanfil	10	61,4±94,77 (65,44)
Kuşburnu	10	44,4±75,91 (16,99)
Nar	10	24,11±84,65 (43,75)
Üzüm	10	206,96±434,52 (17,34)
Yeşil çay	10	39,49±84,41 (-3,06)
p		0,855*
<i>Kruskal Wallis Test</i>		<i>* p>0.05</i>



Şekil 27. Başlangıç/pH siklusu sonrası yüzey pürüzlülük (R rms) değerlerinin yüzdelik değişiminin gruplara göre şematik gösterimi

4.3. AFM ile Maksimum Derinlik Değerlendirmesi (R valley)

Deney sonrası elde edilen grup içi maksimum derinlik değerleri (R valley) incelendiğinde (Tablo 24), colgate ve yeşil çay gruplarına ait deney sonrası elde edilen maksimum derinlik değerleri, referans yüzeydeki maksimum derinlik değerinden daha yüksek olmasına rağmen, iki değer arasında istatistiksel olarak bir farklılık yoktur ($p=0,574$; $p=0,202$). Diğer grupların deney sonrası elde edilen maksimum derinlik değerleri, referans yüzeylerdeki maksimum derinlik değerlerinden düşük olmasına rağmen, aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p >0,05$).

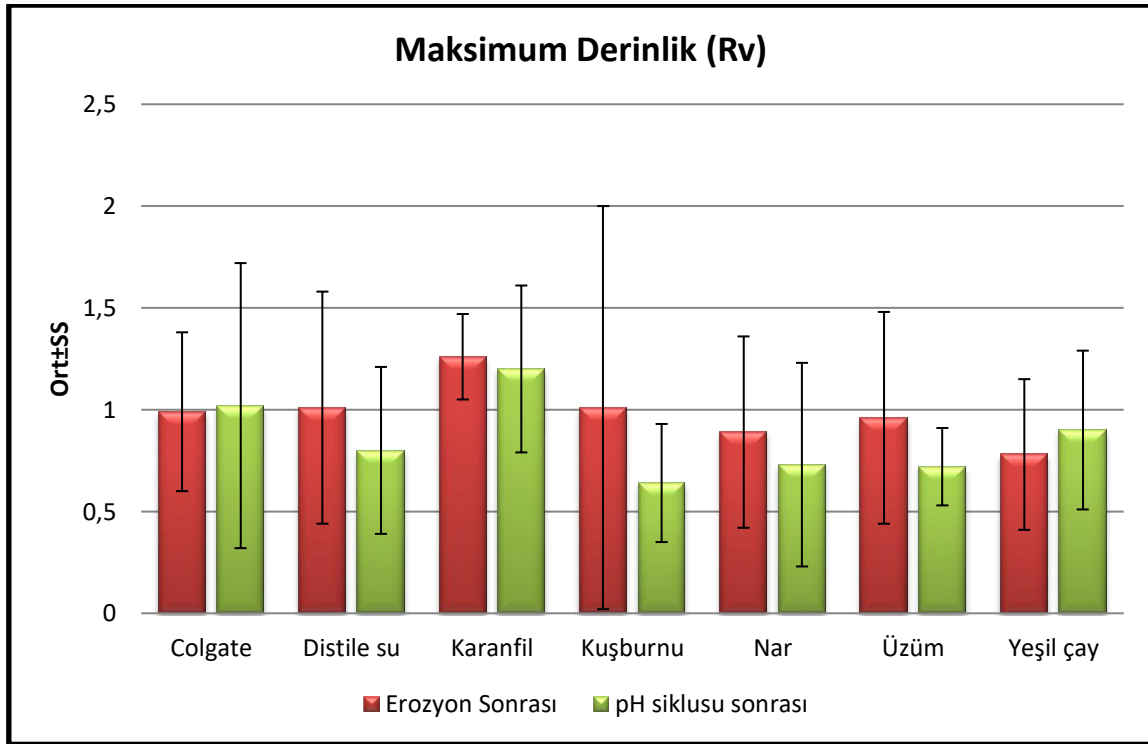
Tablo 24: Yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonra ölçülen maksimum derinliklerinin ortalama ve standart sapma değerleri (μm) ile grup içi ve gruplar arası anlamlılık düzeyleri (p).

	Referans Değerleri	Deney Değerleri	^b p
	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	
Colgate	0,99±0,39 (1)	1,02±0,7 (0,87)	0,574
Distile su	1,01±0,57 (0,73)	0,8±0,41 (0,96)	0,670
Karanfil	1,26±0,21 (1,37)	1,2±0,41 (1,19)	0,798
Kuşburnu	1,01±0,99 (0,43)	0,64±0,29 (0,53)	0,202
Nar	0,89±0,47 (0,63)	0,73±0,5 (0,6)	0,670
Üzüm	0,96±0,52 (0,79)	0,72±0,19 (0,69)	0,670
Yeşil çay	0,78±0,37 (0,65)	0,9±0,39 (0,75)	0,202
^a p	0,286	0,210	

^aKruskal Wallis Test $p > 0.05$ ^bFriedman Test

Deney sonrası elde edilen gruplar arası maksimum derinlik değerlerine (R valley) göre (Tablo 24); kuşburnu grubuna ait maksimum derinlik ortalaması, tüm gruplardan düşük bulunurken (0,64 μm); karanfil grubuna ait maksimum derinlik ortalaması en yüksek bulundu (1,2 μm). Buna rağmen, gruplar arasında pH siklusu sonrası maksimum derinlik düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0.210$; $p > 0.05$).

(Tablo 24). Tüm gruplara ait referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki maksimum derinlik değışimleri sütun şeklinde gösterildi (Şekil 28).



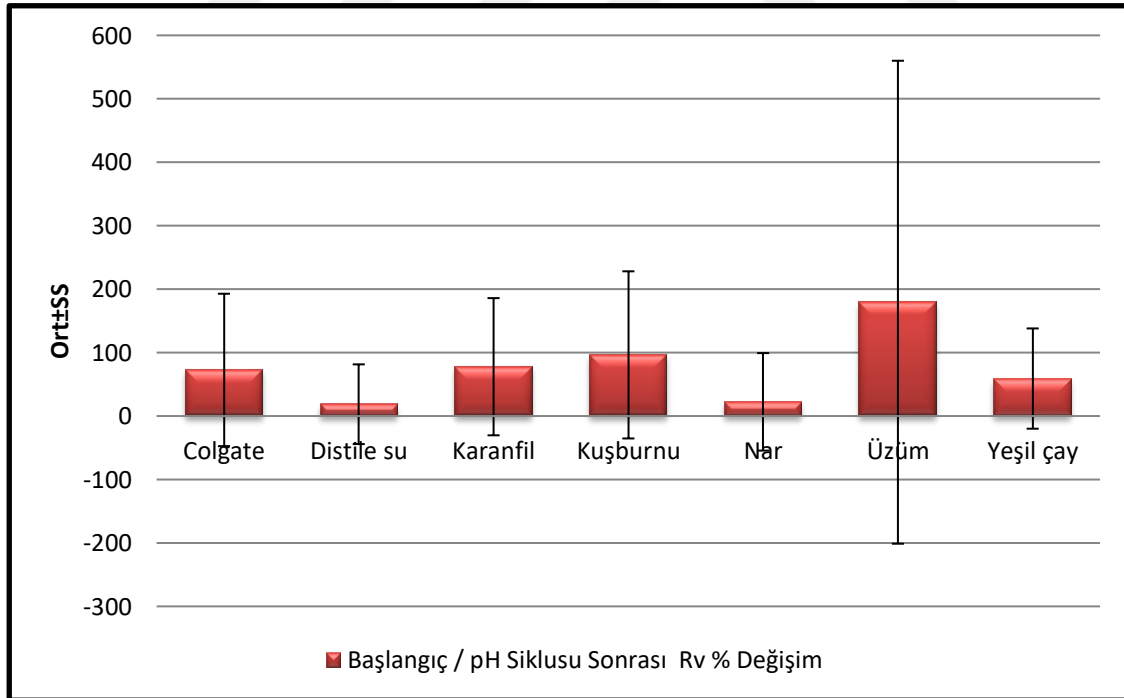
Şekil 28: Yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinin her bir grup için ölçülen referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki ortalama maksimum derinlik değeri (µm)

Gruplar arasında başlangıca göre pH siklusu sonrası maksimum derinlik düzeylerinde görülen yüzde değışim miktarları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p:0.793$; $p>0.05$) (Tablo 25, Şekil 29).

Tablo 25. Uygulanan deney materyallerinin her bir grupta bulunan yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinde meydana getirdiği ortalama maksimum derinlik (R valley) değişim yüzdeleri, standart sapmaları ve gruplar arası anlamlılık düzeyleri (p).

Grup	n	Ort±SS (medyan)
Colgate	10	72,67±120,13 (15,87)
Distile su	10	18,66±62,83 (30,89)
Karanfil	10	77,76±108,13 (83,49)
Kuşburnu	10	96,41±131,74 (65,71)
Nar	10	22,38±76,83 (68,45)
Üzüm	10	179,4±380,6 (11,16)
Yeşil çay	10	59,07±79,03 (4,97)
p		0,793

Kruskal Wallis Test

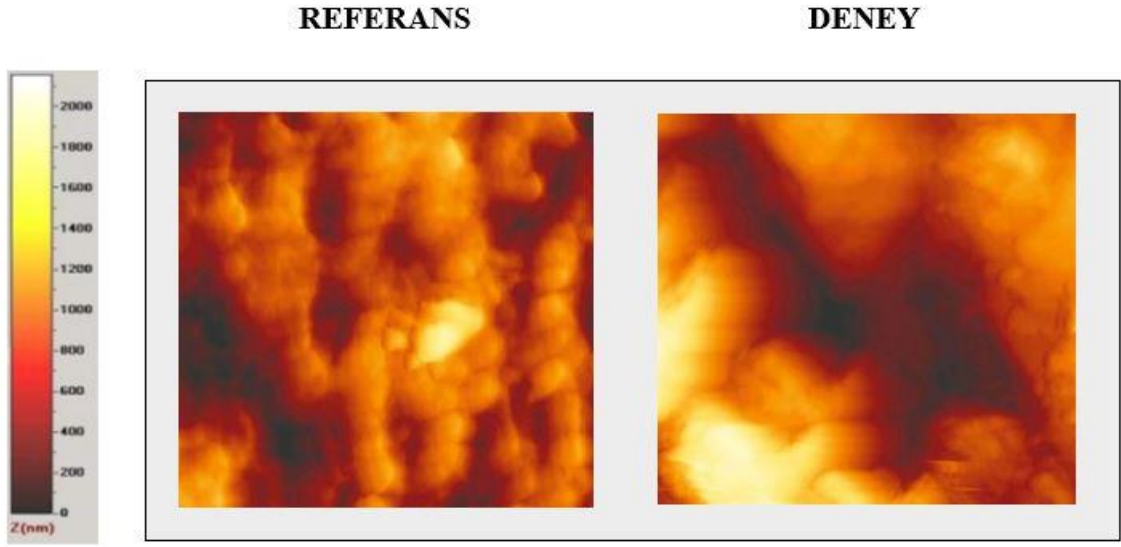


Şekil 29. Başlangıç/pH siklusu sonrası maksimum derinlik (R valley) değerlerinin yüzdelik değişiminin gruplara göre şematik gösterimi

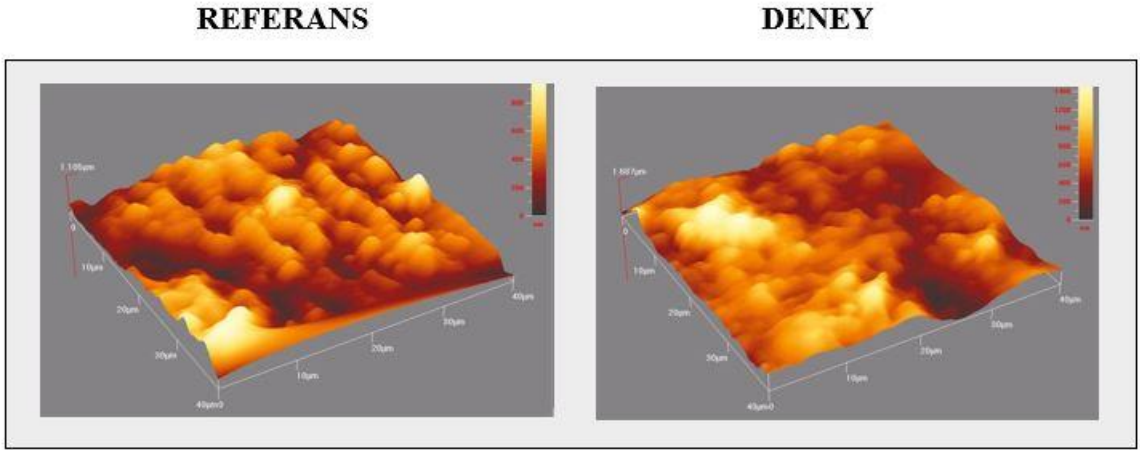
4.4. AFM ile z mod ve 3D Görüntülerin Değerlendirilmesi

Her deney grubundan rastgele seçilen 7 dentin örneği AFM cihazında non-kontakt olarak incelendi ve z mod ve 3D görüntüler elde edildi.

Yeşil çay grubuna ait örneklerin z mod görüntülerinde (Şekil 30), deney sonrası dentin kanal ağzlarının düzensiz bir şekilde açıldığı ve açılan kanal ağzlarının yer yer eliptik morfolojide olduğu görüldü. Üzüm, nar, kuşburnu ve distile su gruplarından daha pürüzlü yüzeylerin elde edildiği izlendi. Yeşil çay grubundaki örneklere ait 3D görüntüler incelendiğinde, yüzeydeki yaygın yükseltilerin 400-800 nm aralığında olduğu görülmektedir. Deney materyalleri sonrası elde edilen yüzeylerin morfolojisi referans yüzeylere göre iyice bozulduğu gözlenip (Şekil 31), pürüzlülük değerlerinde artış mevcuttur.

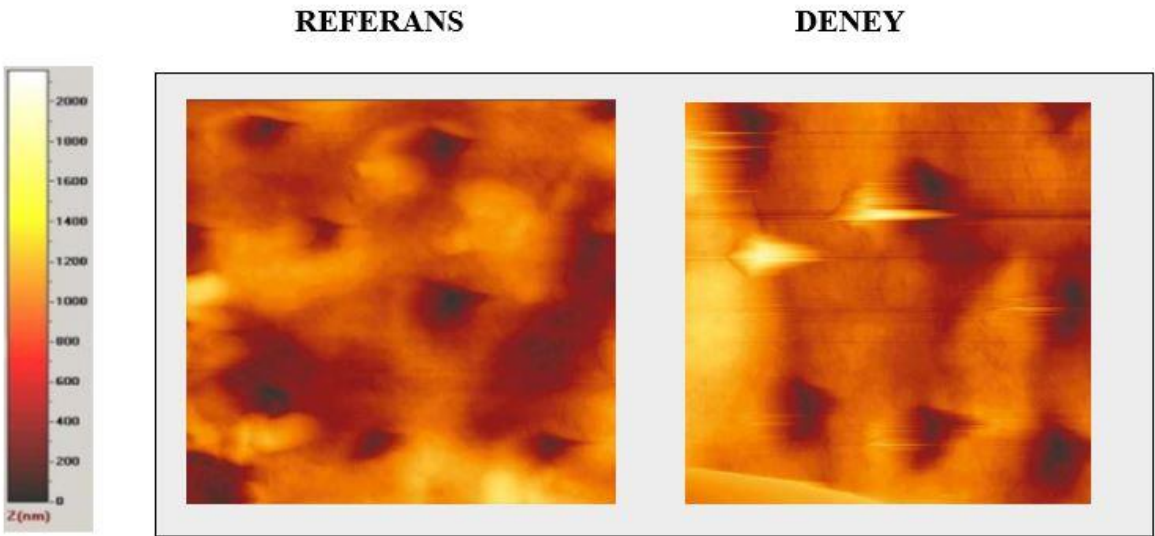


Şekil 30: Yeşil çay grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki z mod görüntüleri (20µm×20µm)



Şekil 31: Yeşil çay grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki 3D görüntüleri.

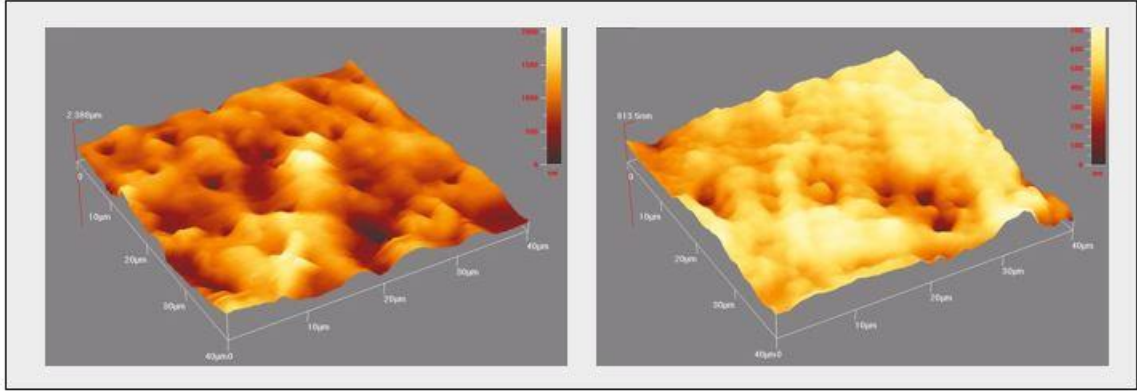
Karanfil grubuna ait örneklerin z mod görüntüleri incelendiğinde (Şekil 32), deney süreci sonrası 2000 nm'ye varan yüzey parametreleri sebebiyle pürüzlülük değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Eroziv atak sonrası genişleyen kanal ağızları net olarak izlenmektedir (Şekil 32). Yeşil çay grubuna benzer şekilde 500 nm'lik yükseltmeler sıklıkla görülürken, referans yüzeyler ile deney materyalleri uygulandıktan sonra elde edilen yüzeyler arasındaki fark azdır. Karanfil grubundaki örneklere ait 3D görüntüler incelendiğinde (Şekil 33), deney süreci sonrası yüzey düzensizliklerinde belirgin bir artış izlenmemektedir.



Şekil 32: Karanfil grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki z mod görüntüleri (20µm×20µm)

REFERANS

DENEY

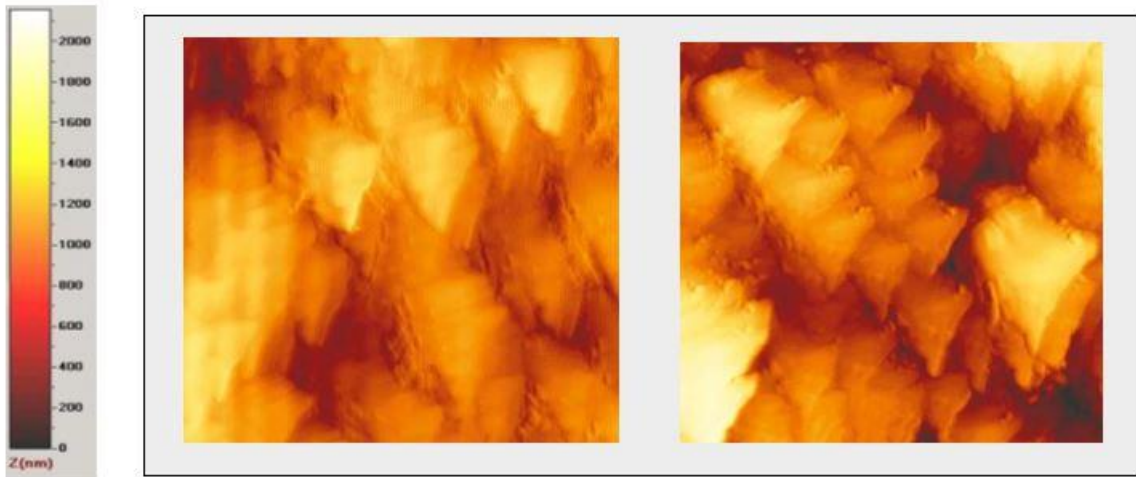


Şekil 33: Karanfil grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki 3D görüntüleri.

Nar grubuna ait örneklerin z mod görüntülerine göre, referans yüzeyler smear tabakası ile örtülü iken, globüler halde birleşmiş makromoleküller izlenmektedir (Şekil 34). Deney yüzeyleri referans yüzeylerden farklı olarak siyah eliptik alanlar şeklinde tübül ağzlarını gösterirken, smear tabakasının kaybolmadığı da görülmektedir. Nar grubundaki örnekler için 3D görüntüler incelendiğinde ise (Şekil 35), eroziv atak sonucu dentin kanal ağzı genişliklerinin arttığı gözlemlenirken, referans yüzeylere göre yüzey pürüzlülüğünün azaldığı izlenmektedir.

REFERANS

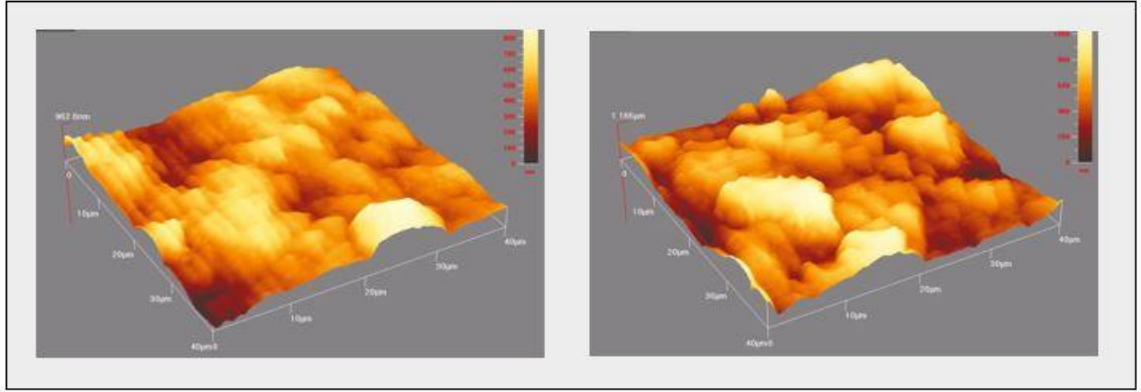
DENEY



Şekil 34: Nar grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki z mod görüntüleri (20µm×20µm)

REFERANS

DENEY

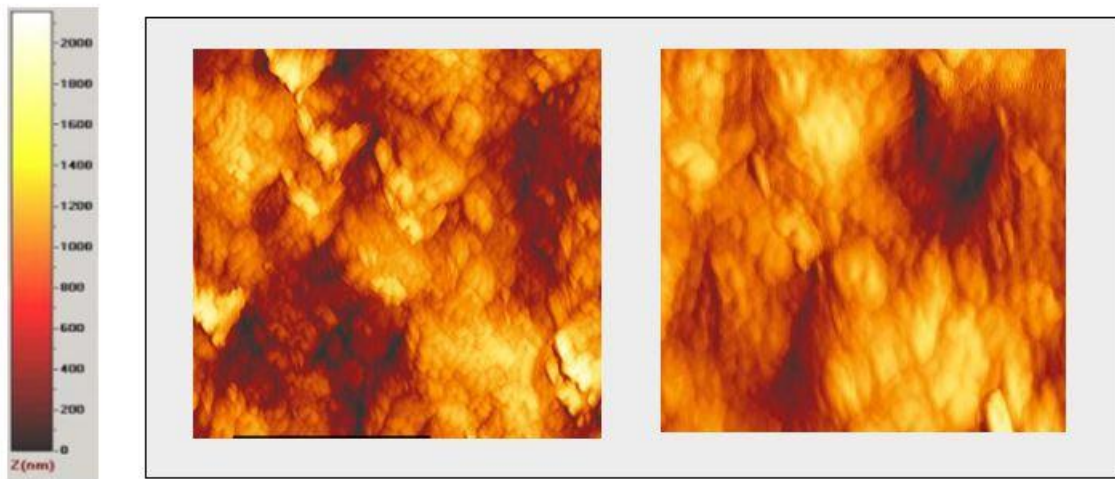


Şekil 35: Nar grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki 3D görüntüleri.

Üzüm grubuna ait örneklerin z mod görüntüleri incelendiğinde (Şekil 36), deney sonrası elde edilen yüzeylerin, yeşil çay ve karanfil gruplarına göre daha düzensiz olduğu izlenmektedir. Deney materyalleri sonrası elde edilen yüzeylerdeki dentin kanal ağzlarının, çoğunlukla yeşil çay grubundakilere benzer şekilde eliptik şeklinde olduğu görülmektedir. Deney sonrası elde edilen yükseltelerin 500-1200 nm arasında olduğu görülmektedir. Üzüm grubundaki örnekler için 3D görüntüleri incelendiğinde (Şekil 37), deney sonrası oluşan yüzeylerdeki pürüzlülüğün belirgin bir şekilde azaldığı görüldüğü gibi, yüzey karakteristiğinde homojen bir dağılım da izlenmemektedir.

REFERANS

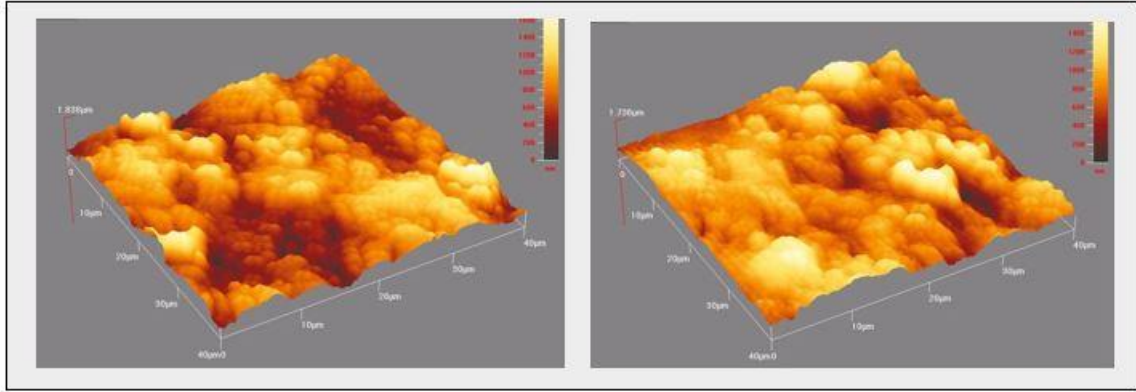
DENEY



Şekil 36: Üzüm grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki z mod görüntüleri (20µm×20µm)

REFERANS

DENEY

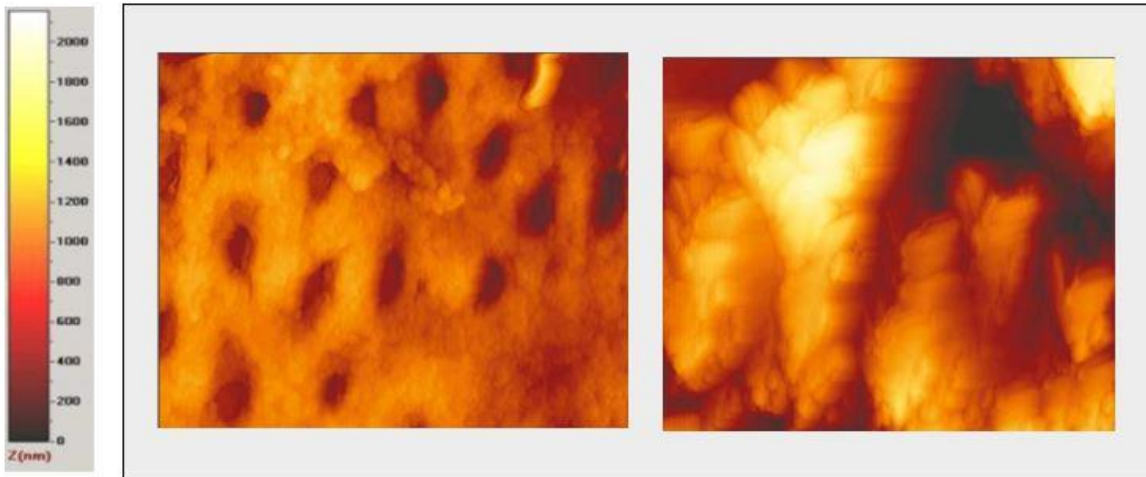


Şekil 37: Üzüm grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki 3D görüntüleri.

Colgate grubuna ait örneklerin z mod görüntüleri incelendiğinde, deney süreci sonrası dentin kanal ağzlarının üzüm ve nar gruplarına göre daha fazla açıldığı izlenmekte ve ilgili kanal ağzlarının bir kısmının makromoleküller ile çevrili olduğu görülmektedir (Şekil 38). Colgate grubundaki örneklere ait 3D görüntüler incelendiğinde ise (Şekil 39), karanfil grubuna benzer şekilde 2000 nm'ye varan yükseltelerin yer aldığı görülüp, pürüzlülüğün referans yüzeye göre değişmediği izlendi.

REFERANS

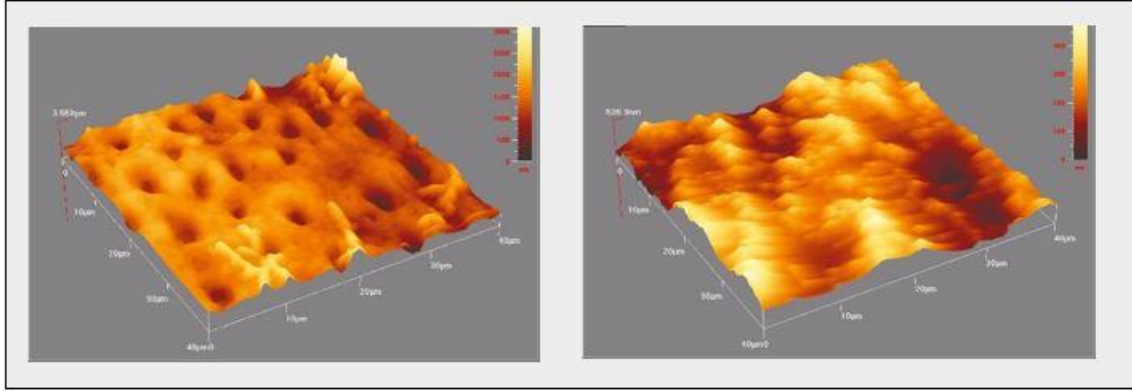
DENEY



Şekil 38: Colgate grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki z mod görüntüleri (20µm×20µm)

REFERANS

DENEY

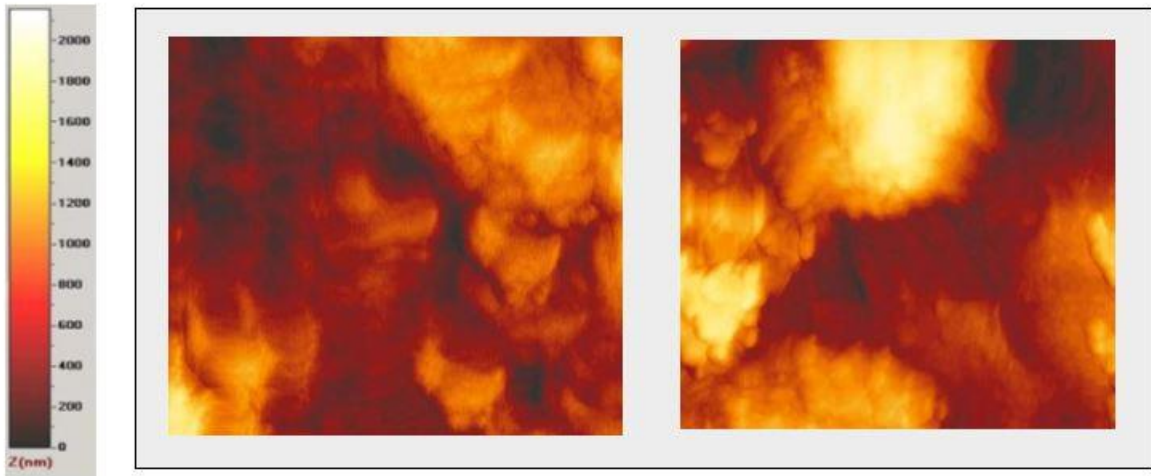


Şekil 39: Colgate grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki 3D görüntüleri.

Distile su grubuna ait örneklerin z mod görüntüleri incelendiğinde ise (Şekil 40), deney süreci sonrası dentin kanal ağzlarının Colgate, karanfil ve yeşil çay gruplarından daha az açıldığı izlenmektedir. Kanal ağzlarının morfolojik şekillerini kaybederek, daha eliptik olduğu ve yer yer yarık şeklini aldığı gözlemlendi. Yükselti en fazla 400 nm'ye ulaşmaktadır. Distile su grubundaki örneklere ait 3D görüntülerde ise (Şekil 41), sıklıkla belirgin yükselti artışları görülmektedir.

REFERANS

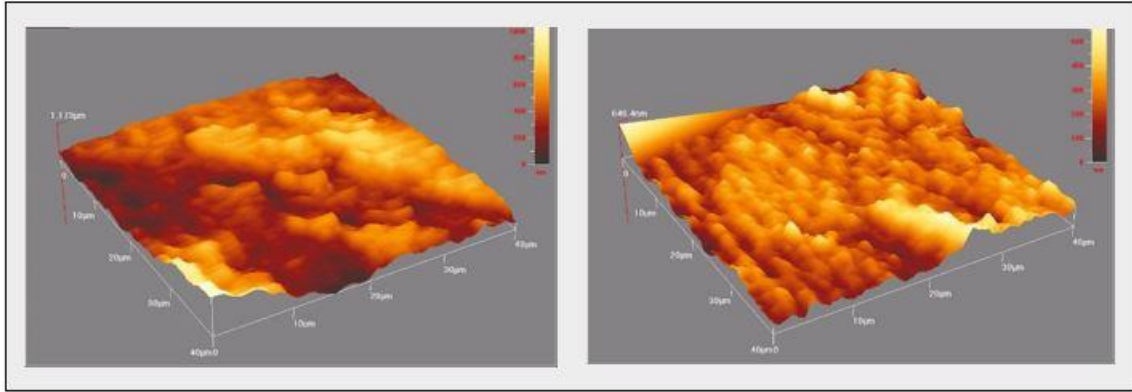
DENEY



Şekil 40: Distile su grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki z mod görüntüleri (20µm×20µm)

REFERANS

DENEY

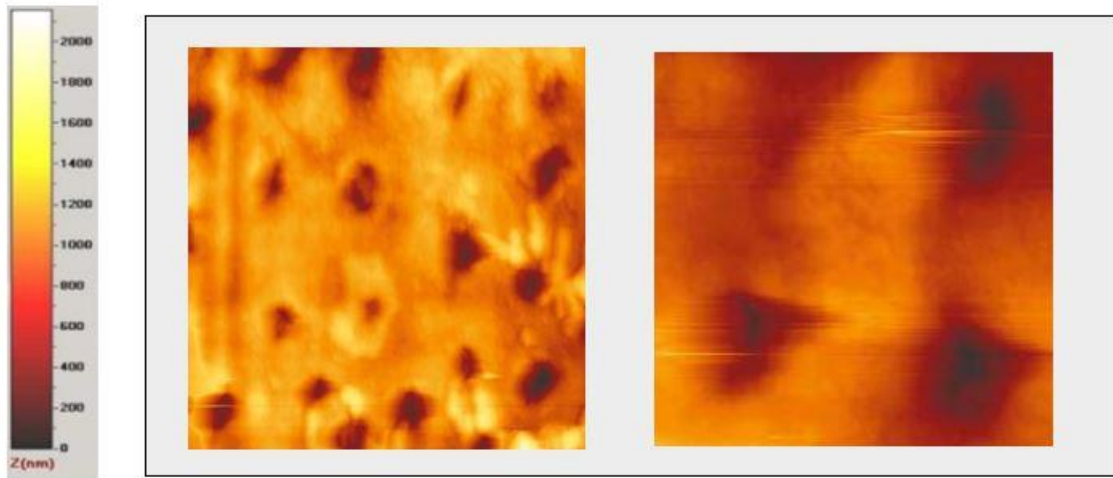


Şekil 41: Distile su grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki 3D görüntüleri.

Kuşburnu grubuna ait örneklerin z mod görüntüleri incelendiğinde, deney süreci sonrası dentin kanal ağzlarının üzüm ve nar ve distile su gruplarına göre daha fazla açıldığı izlenmekte olup, kanal ağzlarının bir kısmının globuler şekilli moleküller ile çevrili olduğu görülmektedir (Şekil 42). Kuşburnu grubundaki örneklere ait 3D görüntüler incelendiğinde ise (Şekil 43), 500-1000 nm arasında değişen yükseltelerin yer aldığı görülüp, pürüzlülüğün referans yüzeye göre azaldığı izlendi.

REFERANS

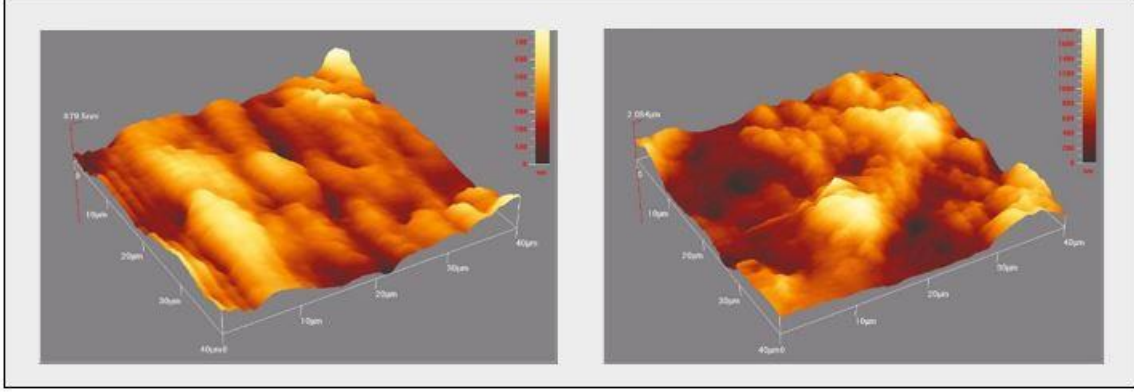
DENEY



Şekil 42: Kuşburnu grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki z mod görüntüleri (20 μm x 20 μm)

REFERANS

DENEY



Şekil 43: Kuşburnu grubuna ait örneklerden birinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki 3D görüntüleri.

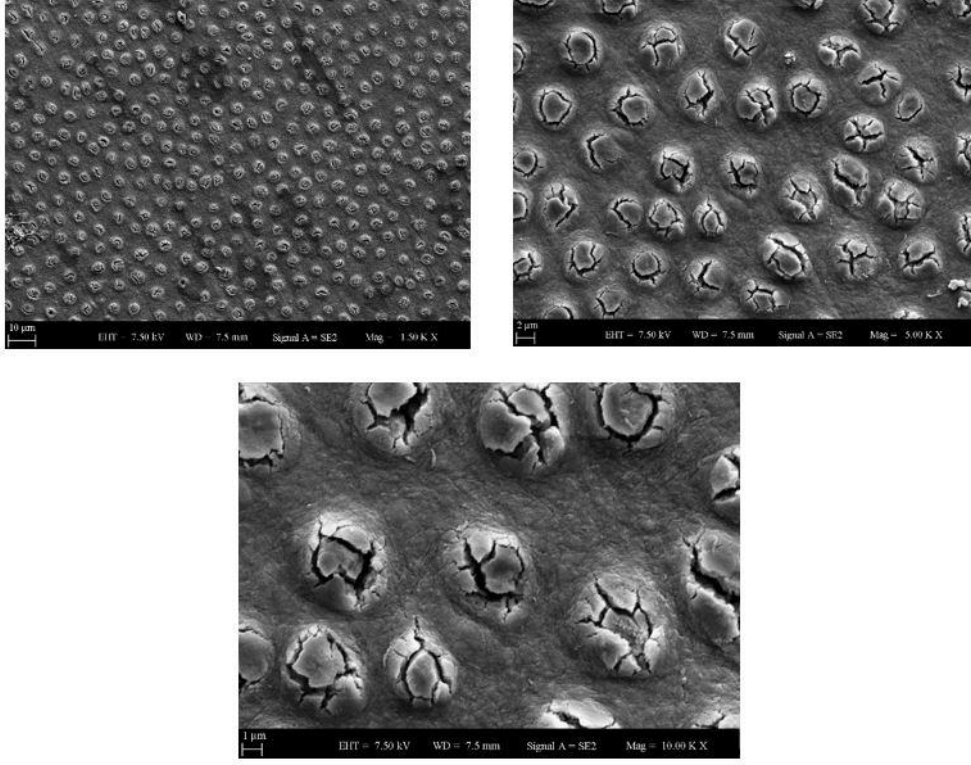
4.5. SEM ile Yüzey Topografisinin Görüntülenmesi

Her deney grubundan rastgele seçilen 1 dentin örneği SEM cihazında incelendi ve x1500, x5000 ve x10000 büyütmede görüntüler elde edildi.

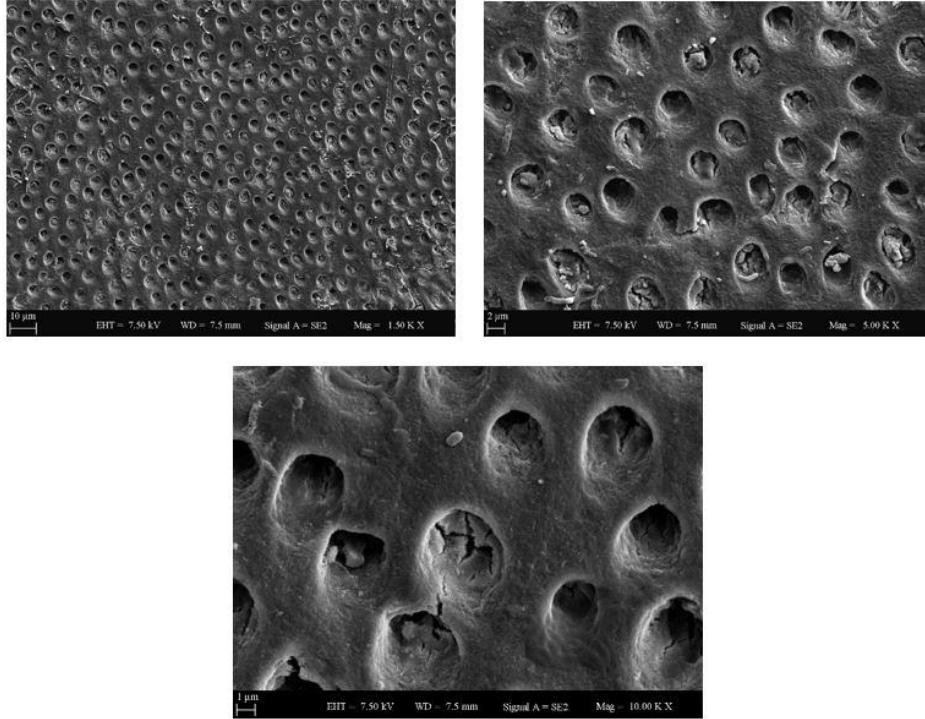
Dentin yüzeyleri zımparalandığı için örneklerin üzerinde farklı kalınlıklarda smear tabakası oluştuğu, dentinden ya da zımparadan kopan partiküllerin yüzeylerde biriktiği bütün grupların başlangıç SEM görüntülerinde izlenmektedir (Resim 44, Resim 47, Resim 50, Resim 53, Resim 56, Resim 59, Resim 62).

Deneysel erozyon oluşturulmuş referans dentin yüzeylerinde smear tabakasının bütünüyle uzaklaştığı ve dentin tübüllerinin açığa çıktığı bütün grupların referans yüzeylerinden alınan SEM görüntülerinde açıkça görülmektedir (Resim 45, Resim 48, Resim 51, Resim 54, Resim 57, Resim 60, Resim 63).

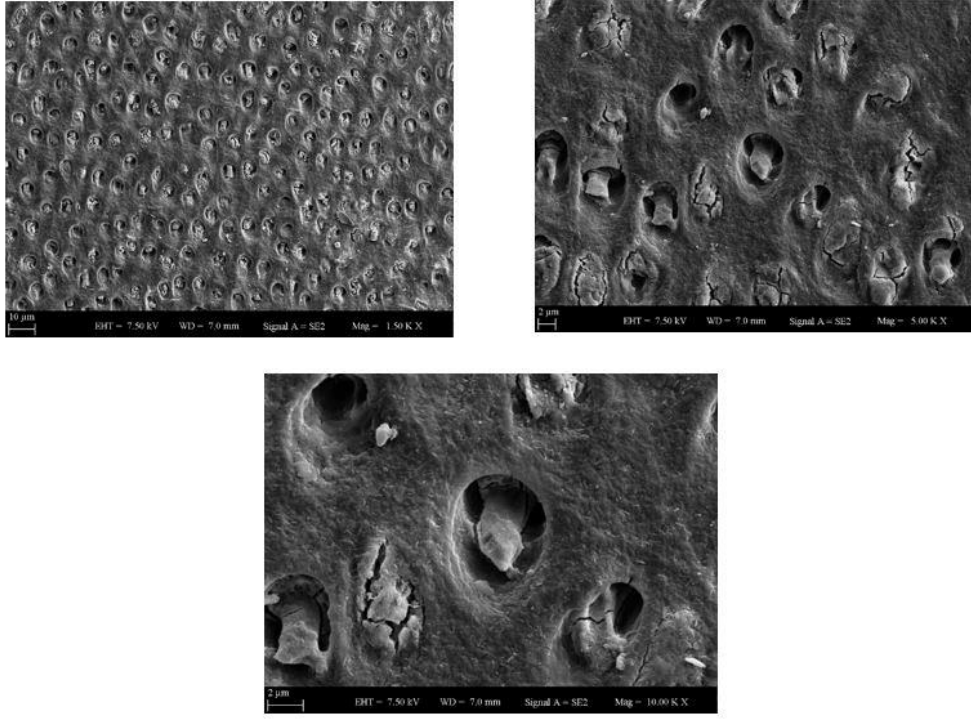
Deney materyallerinin uygulandığı dentin yüzeylerinden alınan SEM görüntülerinde; bazı bölgelerde dentin tübüllerinin içine kısmen deney materyallerinin girdiği izlenmektedir (Resim 46, Resim 49, Resim 52, Resim 55, Resim 58, Resim 61, Resim 64).



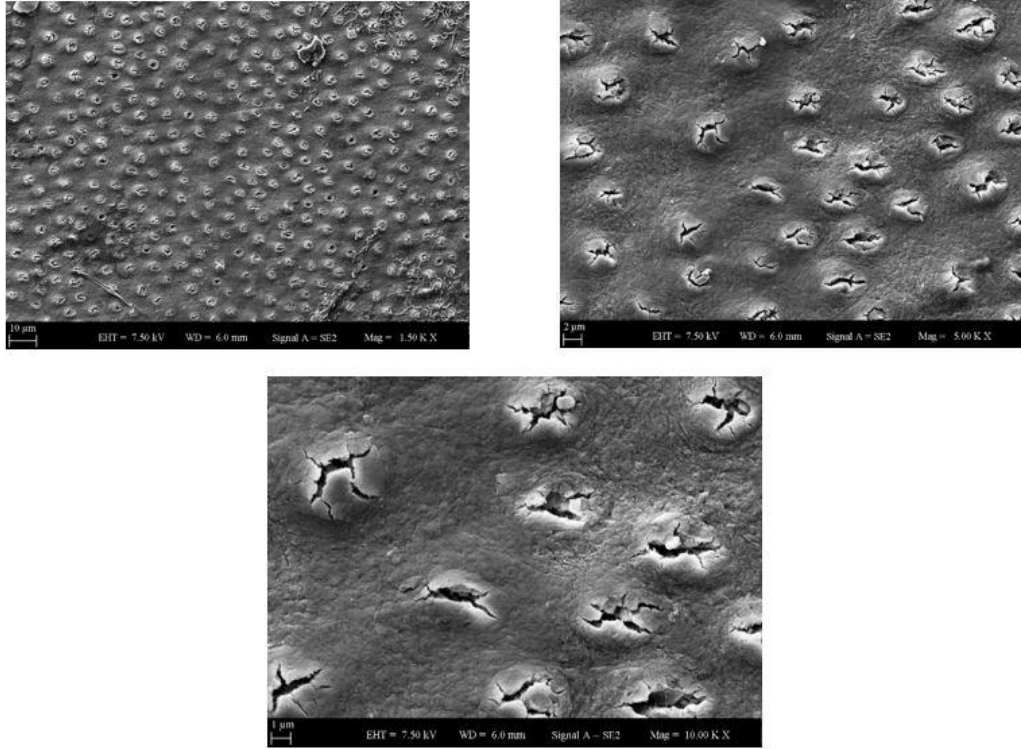
Şekil 44: Colgate grubuna ait örneklerden birinin hiçbir işlem uygulanmadan önce x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan başlangıç SEM görüntüleri.



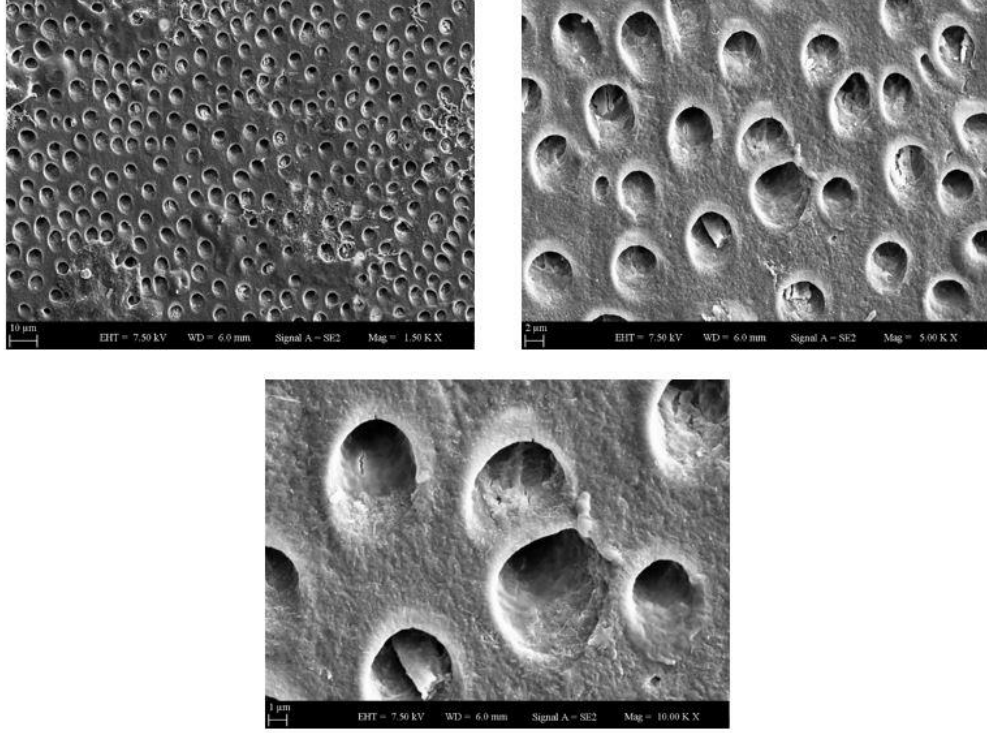
Şekil 45: Colgate grubuna ait örneklerden birinin deneysel erozyon uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan referans bölge SEM görüntüleri.



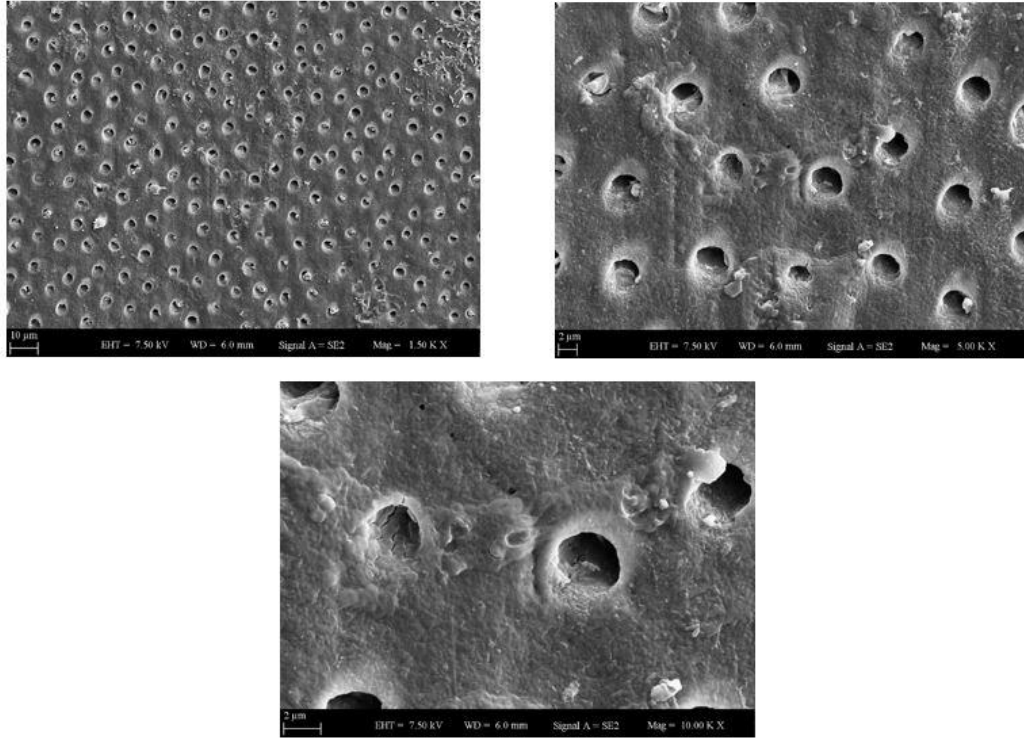
Şekil 46: Colgate grubuna ait örneklerden birinin deney materyali uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan SEM görüntüleri.



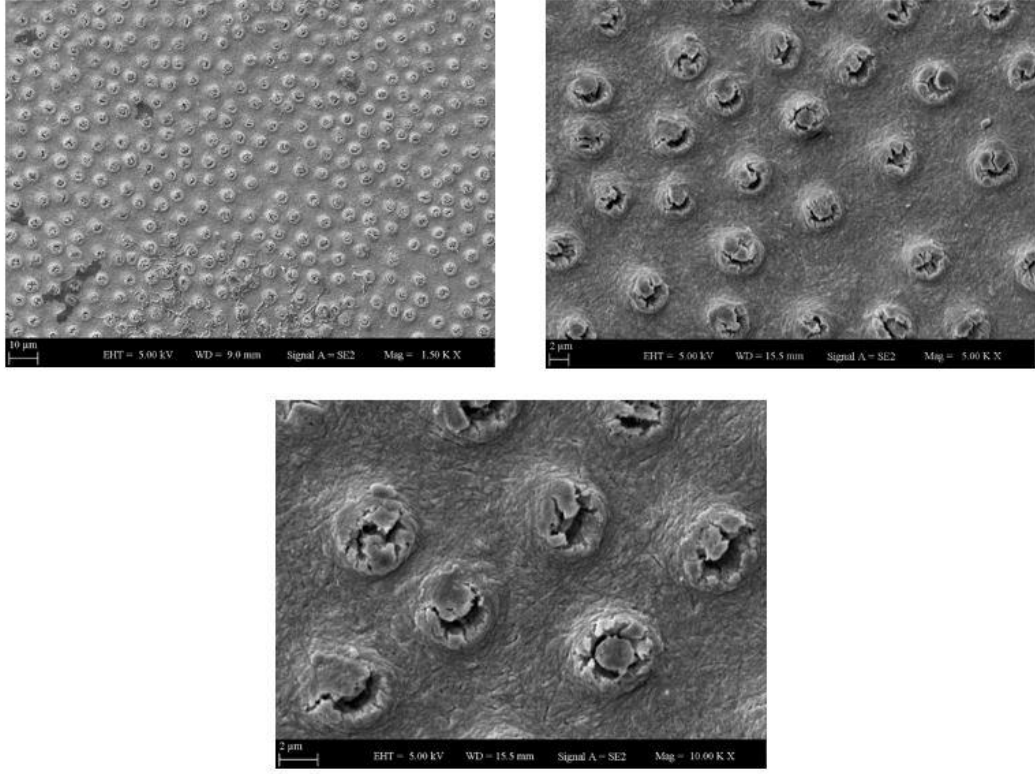
Şekil 47: Distile su grubuna ait örneklerden birinin hiçbir işlem uygulanmadan önce x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan başlangıç SEM görüntüleri.



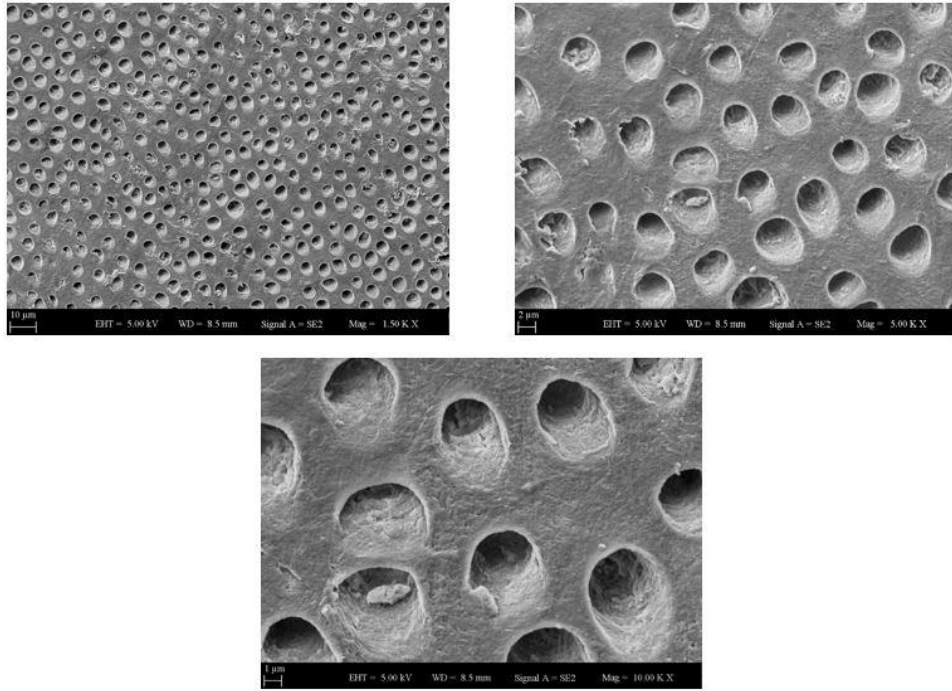
Şekil 48: Distile su grubuna ait örneklerden birinin deneysel erozyon uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan referans bölge SEM görüntüleri.



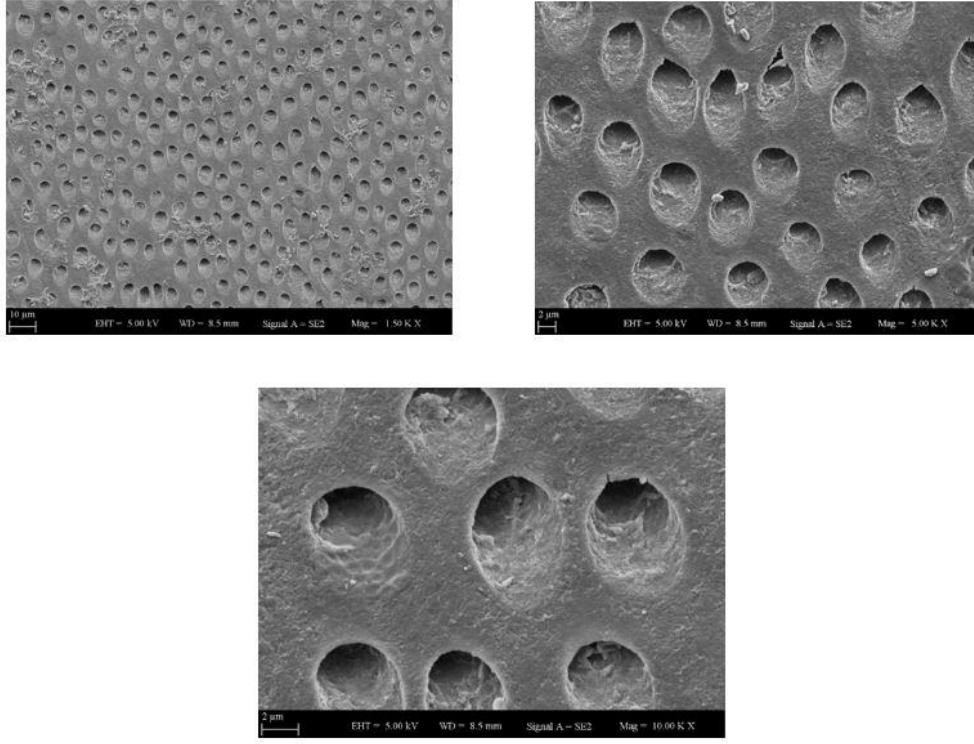
Şekil 49: Distile su grubuna ait örneklerden birinin deney materyali uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan SEM görüntüleri.



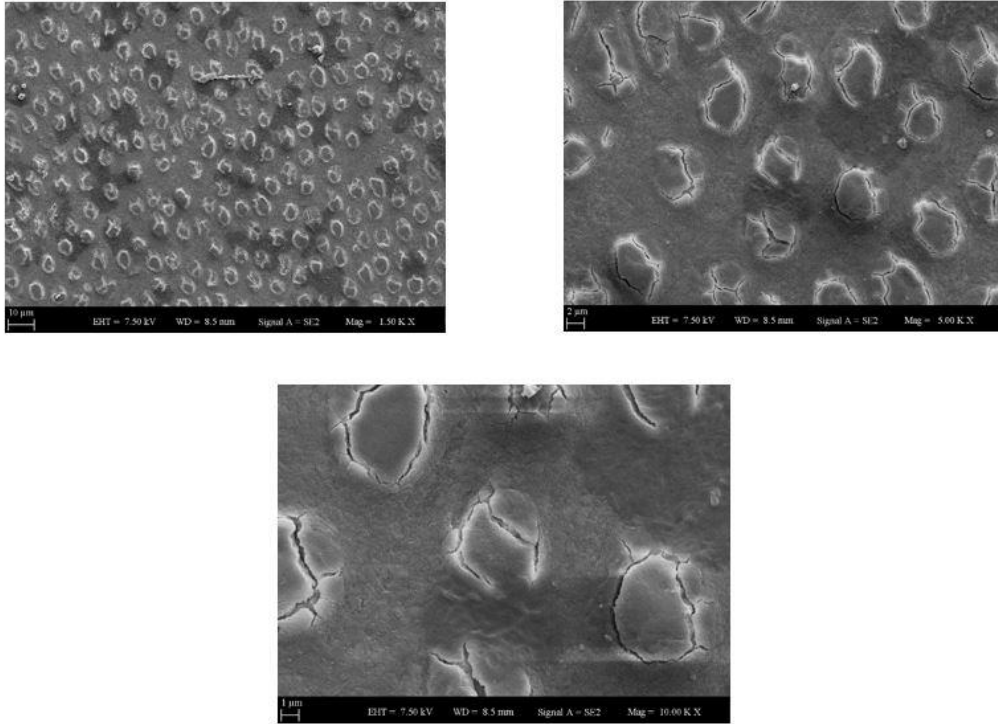
Şekil 50: Karanfil grubuna ait örneklerden birinin hiçbir işlem uygulanmadan önce x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan başlangıç SEM görüntüleri.



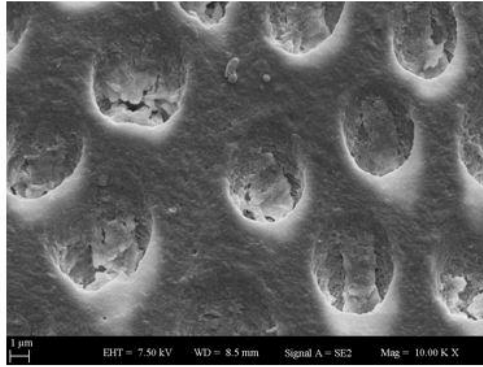
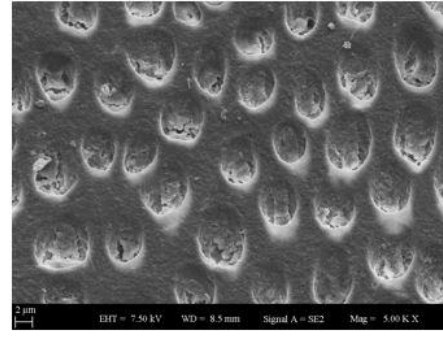
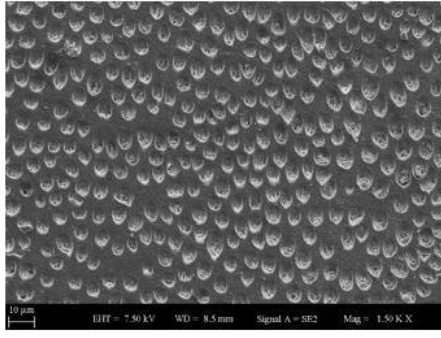
Şekil 51: Karanfil grubuna ait örneklerden birinin deneysel erozyon uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan referans bölge SEM görüntüleri.



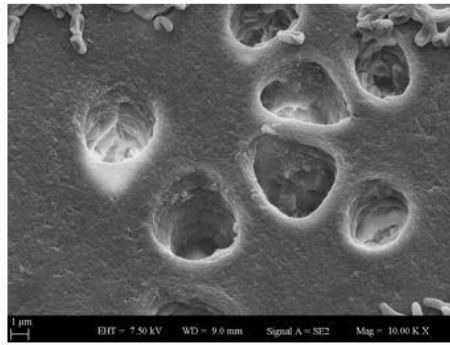
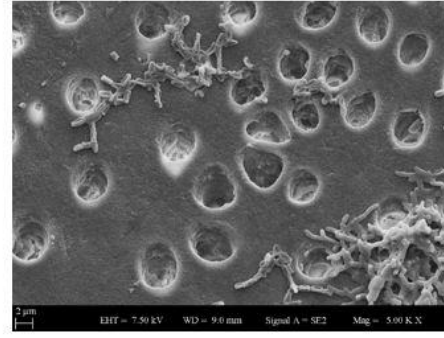
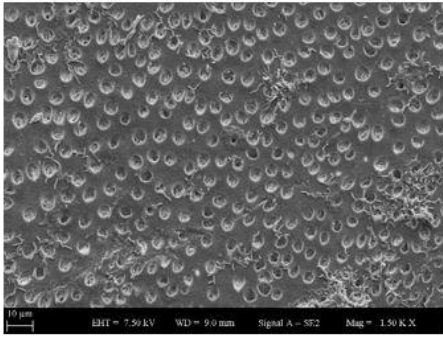
Şekil 52: Karanfil grubuna ait örneklerden birinin deney materyali uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmeye alınan SEM görüntüleri.



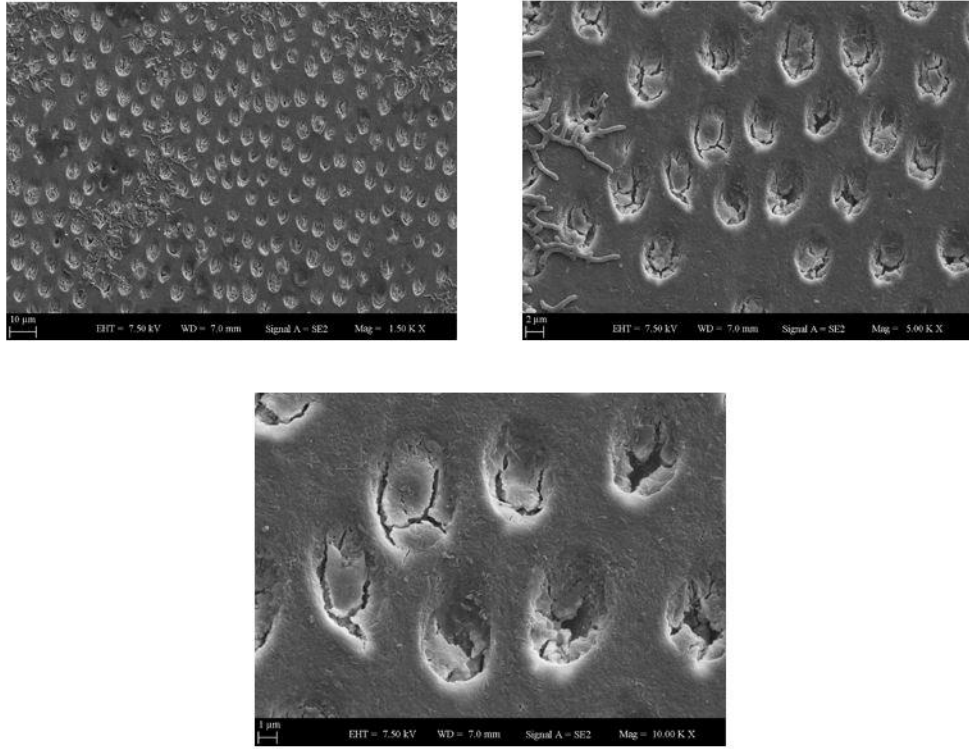
Şekil 53: Kuşburnu grubuna ait örneklerden birinin hiçbir işlem uygulanmadan önce x1500, x5000 ve x10000 büyütmeye alınan başlangıç SEM görüntüleri.



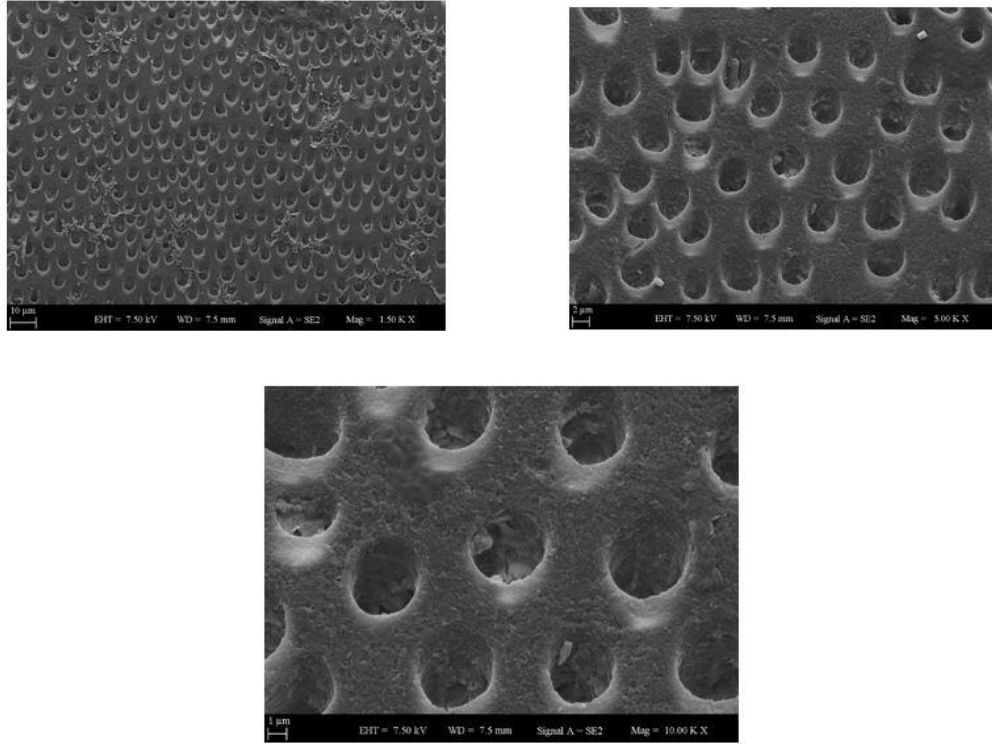
Şekil 54: Kuşburnu grubuna ait örneklerden birinin deneysel erozyon uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan referans bölge SEM görüntüleri.



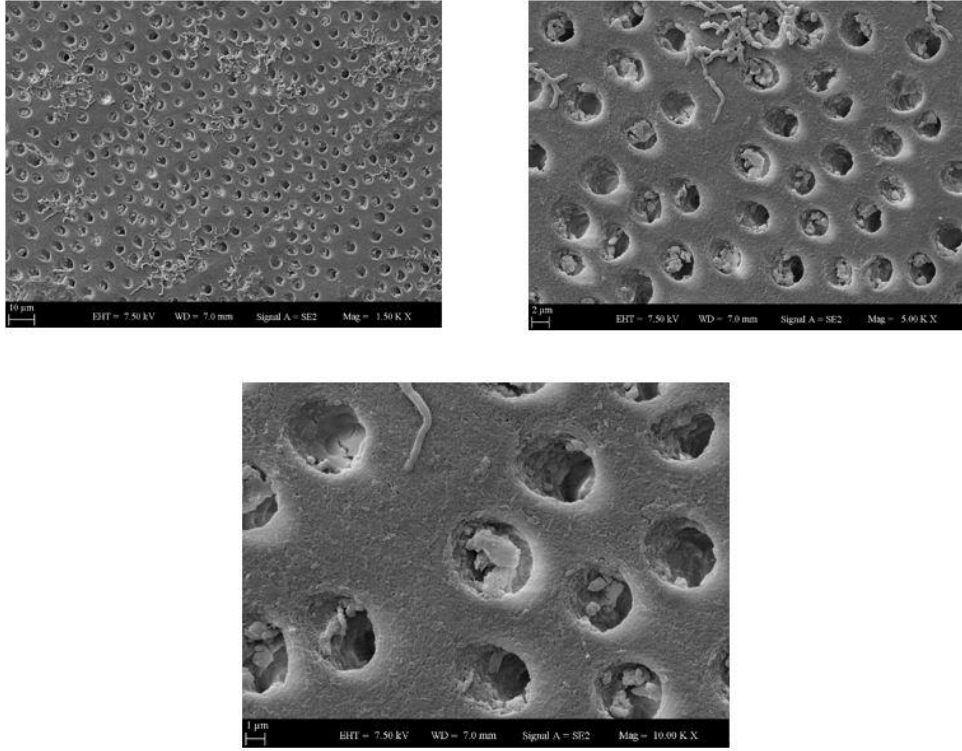
Şekil 55: Kuşburnu grubuna ait örneklerden birinin deney materyali uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan SEM görüntüleri.



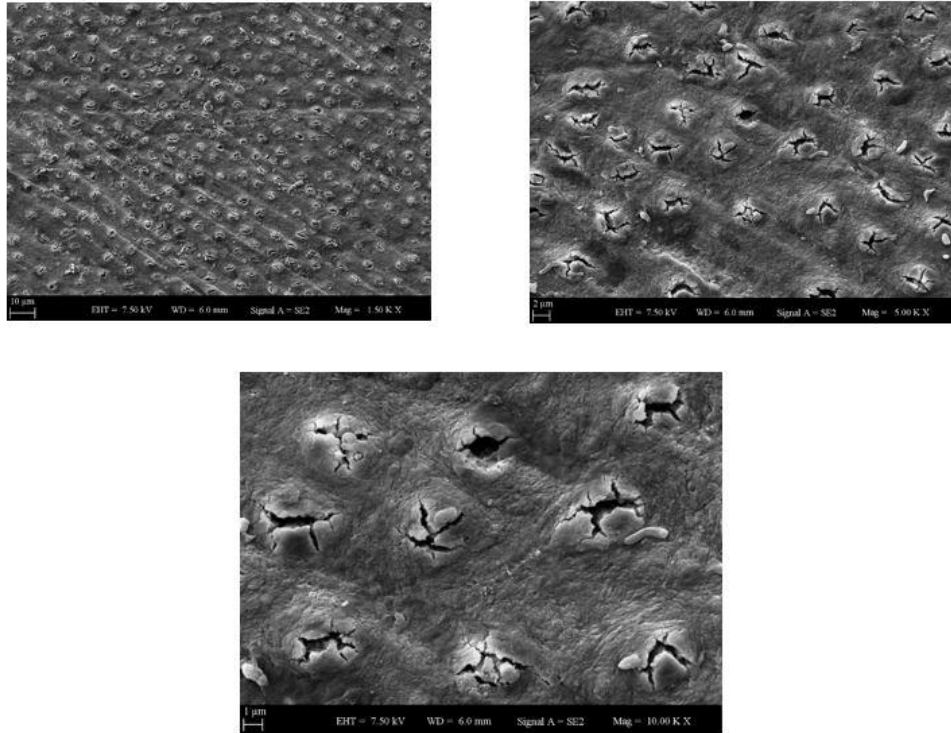
Şekil 56: Nar grubuna ait örneklerden birinin hiçbir işlem uygulanmadan önce x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan başlangıç SEM görüntüleri.



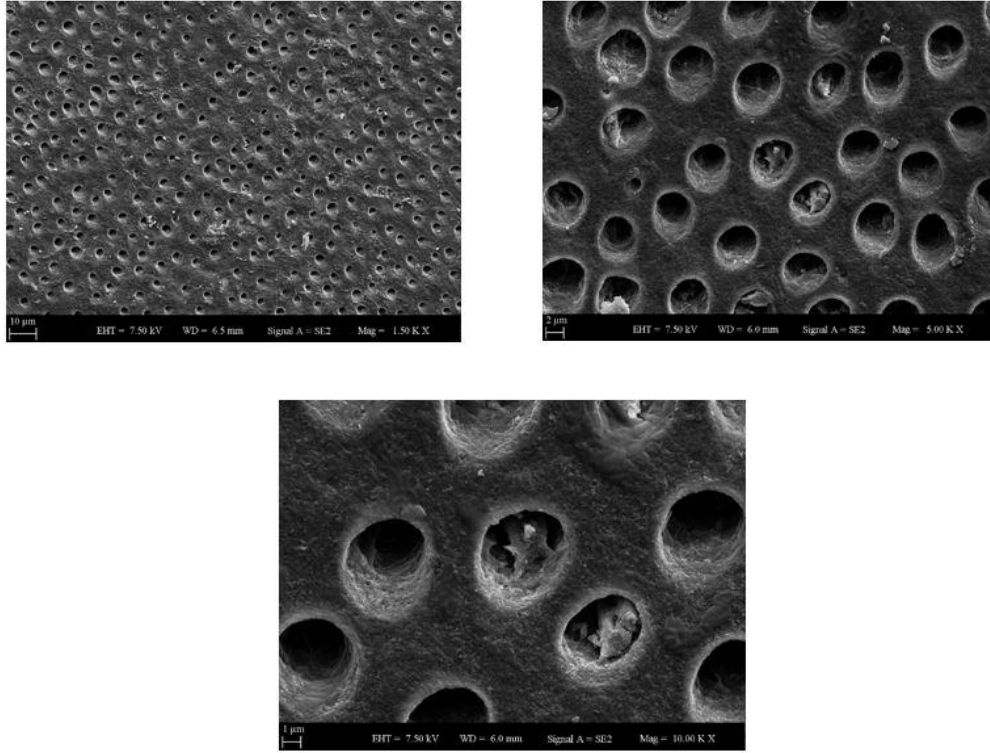
Şekil 57: Nar grubuna ait örneklerden birinin deneysel erozyon uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan referans bölge SEM görüntüleri.



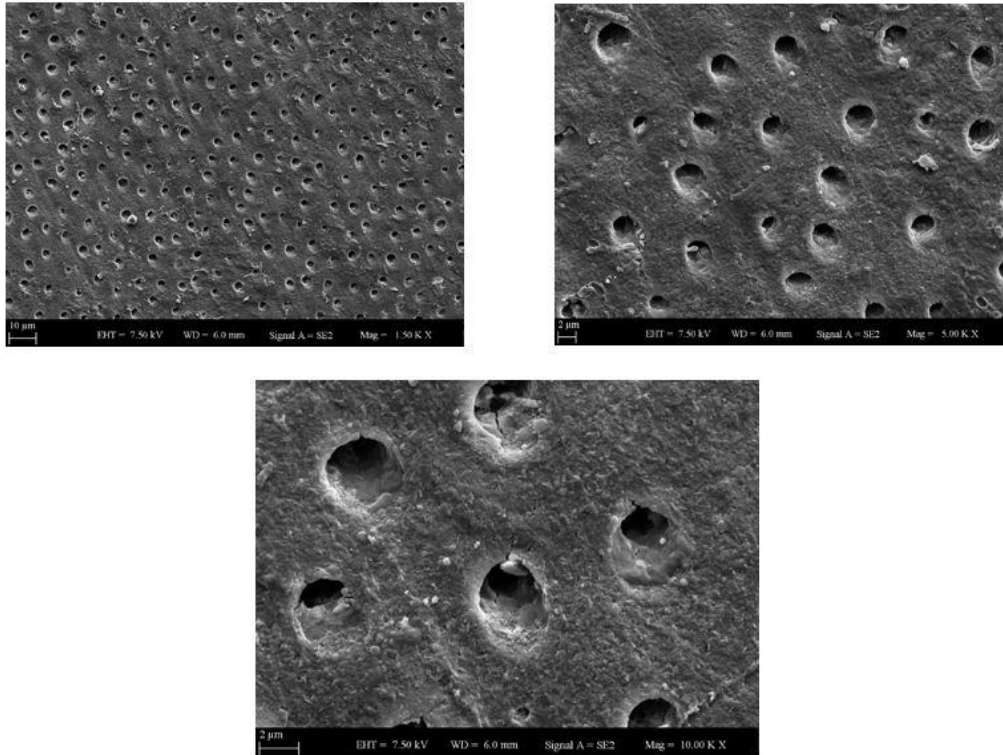
Şekil 58: Nar grubuna ait örneklerden birinin deney materyali uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan SEM görüntüleri.



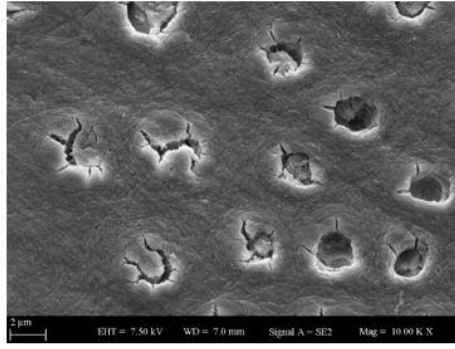
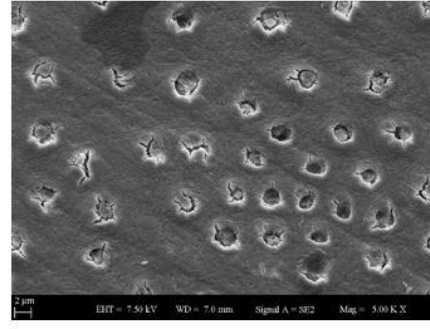
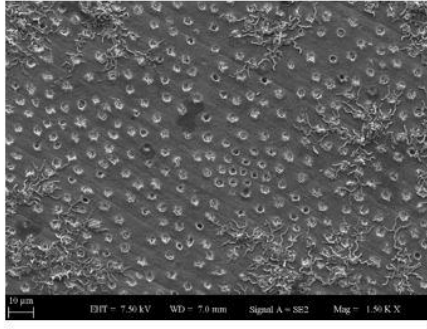
Şekil 59: Üzüm grubuna ait örneklerden birinin hiçbir işlem uygulanmadan önce x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan başlangıç SEM görüntüleri.



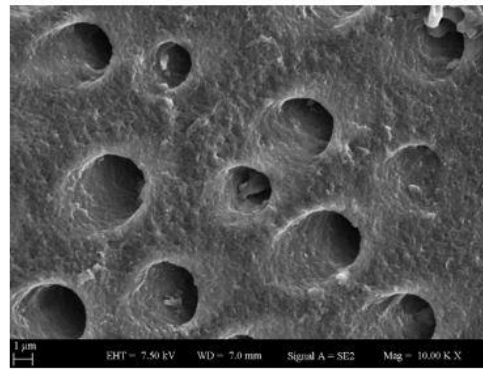
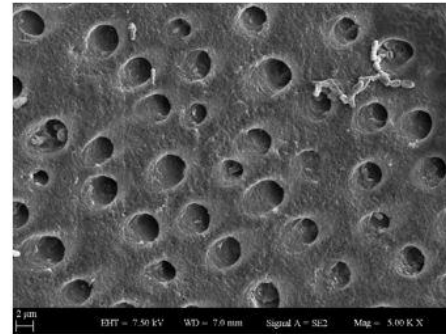
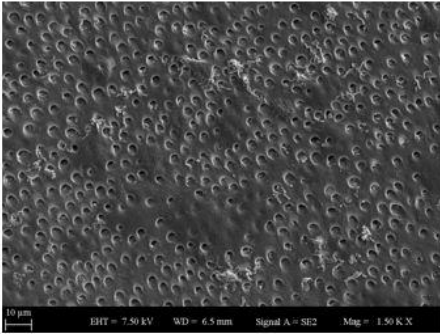
Şekil 60: Üzüm grubuna ait örneklerden birinin deneysel erozyon uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan referans bölge SEM görüntüleri.



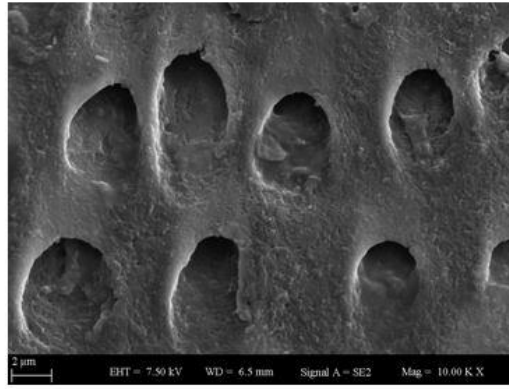
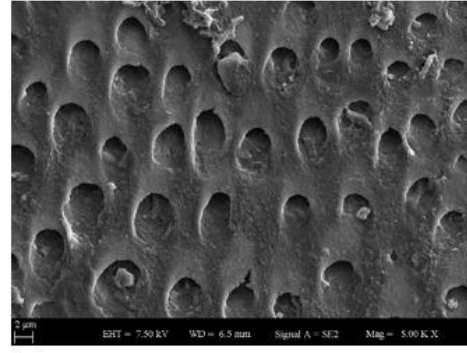
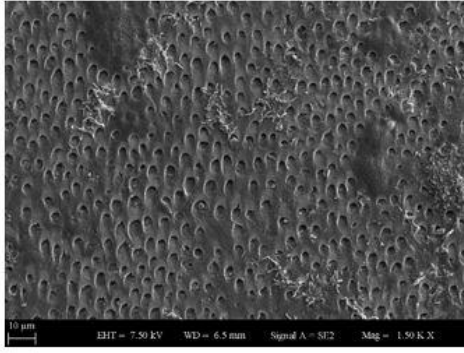
Şekil 61: Üzüm grubuna ait örneklerden birinin deney materyali uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan SEM görüntüleri.



Şekil 62: Yeşil çay grubuna ait örneklerden birinin hiçbir işlem uygulanmadan önce x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan başlangıç SEM görüntüleri.



Şekil 63: Yeşil çay grubuna ait örneklerden birinin deneysel erozyon uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan referans bölge SEM görüntüleri.



Şekil 64: Yeşil çay grubuna ait örneklerden birinin deney materyali uygulandıktan sonra x1500, x5000 ve x10000 büyütmede alınan SEM görüntüleri.

5. TARTIŞMA

Dental erozyon, asidik ve kimyasal maddeler nedeniyle diş sert dokularının kaybıdır. Erozyon lezyonları kimyasal, biyolojik ve davranışsal faktörlerin diş yüzeyiyle etkileşimi sonucu görülür. Bu etkileşimler aşınma ve korunma arasındaki dengenin bozulmasına bağlı olarak zaman içinde dişte aşınmaya neden olabilmektedir [6].

Yaşam koşullarının değişmesi, daha fazla asitli yiyecek ve içecek tüketilmesi, günümüzde diş sert dokularında erozyonun görülme sıklığının artmasına neden olmuştur[80]. Son yıllarda dişlerde erozyon görülme sıklığı ve erozyona neden olan etkenlere yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır [9, 78, 80, 116, 347-349]. Epidemiyolojik çalışmalar sonucunda erozyonun görülme sıklığında hızlı bir artış gözlenmesi, bu hastalıktan korunma yolları konusunda daha fazla sayıda çalışma yapılma gereksinimini ortaya çıkarmıştır [350].

Dental erozyonda diş dokularında geri dönüşümsüz kayıplar meydana geldiğinden erozyon oluşumunu önlemek için uygulanacak koruyucu yaklaşımlara ihtiyaç vardır [87]. Dental erozyon ağız sağlığını tehdit eden bir durumdur. Diş yüzeyinde lezyon oluşmadan önce erozyona neden olan etkenleri belirleyip ortadan kaldırmak amacımız olmalıdır. Ancak erozyona neden olan asidik içeceklerin tüketimi gibi etyolojik faktörleri bireylerde kontrol altına almak oldukça zordur. Bu nedenle erozyonu önlemeye yönelik bir takım tedavi stratejileri geliştirilmiştir [269]. Son yıllarda erozyonu önlemek amacı ile uygulanan tedavi yöntemlerinden biri de matriks metalloproteinaz inhibitör ajanlarının uygulanmasıdır.

Dişin iç yapısında biyokimyasal reaksiyonları başlatarak eroziv demineralizasyonu hızlandıran enzimler bulunmaktadır. Dentin degradomikleri olarak adlandırılan bu proteolitik enzimler, mevcut eroziv ataklar ile aktive olup doku çözünmesini arttırlar [351]. Esas olarak canlı dokularda, yapım ve yıkım süreçlerinin dengesini sağlamak amacıyla, tükürükte ve dental dokularda endojen olarak bulunan proteolitik enzimlerden olan MMP'lerin dentin organik yapısını oluşturan kollajen lifleri çözdüğü araştırmalar ile açığa çıkarılmış [40] ve eroziv demineralizasyonu arttırdığı klinik çalışmalar ile kanıtlanmıştır [4, 295, 352-355].

Dentin matriksinde MMP -2, -3, -8 , -9 ve 20'nin varlığı tespit edilmiş [356-360], dentinde en yaygın görülen formların MMP-2 ve -9 olduğu [356], MMP-2'nin ise insan dentininde en fazla miktarda bulunan MMP formu olduğu gösterilmiştir [358].

Bitkilerden elde edilen, tedavi edici özelliği olan besinler eski tarihlerden beri sağlığın korunması ve hastalıklarla savaşta kullanılmaktadır. Birçok sebze-meyve içeriklerinin sağlığı

desteklediği ve bazı hastalıkların oluşma riskini düşürdüğü bilinmektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalar bitki özleri ve bunlardan elde edilen ürünlerin koruyucu ve tedavi edici özellikleri üzerine tekrar yoğunlaşmıştır. Odunsu ve bazı özel bitkiler büyüme ve virülans faktörlerini baskılayan pitokimyasallar sentezlemektedirler [361]. Bitkisel kaynaklı polifenollere olan ilgi enflamasyonun hemostatik kontrolü, detoksifikasyon, antikanser etki, kilo verdirici etkileri ve diğer yararları nedeniyle artmıştır [362].

Bitki sebze ve meyvelerin bu özelliğinin içerdikleri antioksidan maddelerden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Antioksidanlar ‘serbest radikaller’ olarak isimlendirilen maddelere karşı etki gösterirler. Bu maddeler bir elektrona ihtiyaç duyarlar ve bu yüzden de yüksek derecede reaktiftirler. Antioksidan potansiyel etkinin belirlenmesinde en önemli parametrelerden biri fenolik maddelerdir [363]. Bundan dolayı pek çok bitki ekstraktının antioksidan aktivitesinin ekstrakta bulunan fenolik maddelerden kaynaklandığı görüşü yaygın olarak kabul edilmiştir [364, 365]. Günümüzde sentetik antioksidanlar hakkındaki kuşkulardan dolayı, insanlar doğal antioksidanları (bitkilerde bulunan) tercih etmektedir [366]. Literatürde bitki ekstraktlarının antioksidan etkilerinin incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır [367-370].

Bitkisel kaynaklı antimikrobiyal bileşiklerin, dental plak ve oral hastalıkların tedavisinde yaygın olarak kullanılan kimyasallara alternatif olarak kullanılabileceği de düşünülmektedir. Pitokimyasallar, oral sağlığı olumlu etkileyebilmektedir [361, 371].

Eroziv demineralizasyonu hızlandıran etkilerinin anlaşılması ile beraber, değişik formlardaki MMP inhibitörleri, dental erozyon alanında kullanılmaya başlanmıştır [294, 297, 298]. Dental erozyon çalışmalarında, diş dokularına retansiyonu fazla olan jel [295] veya krem [372] formlarının içeriğine katılan yeşil çay ekstresi ve CHX gibi MMP inhibitörleri sıklıkla araştırılsa da, bireylerin rahatlıkla ulaşabileceği ve kısa zaman ayırıp kullanabilecekleri gargara formundaki MMP inhibitörlerinin günlük kullanımı halen koruyucu önlem olarak geçerliliğini koruduğu halde yapılan araştırma sayısı azdır. Kato ve ark. [12], yaptıkları bir in-situ çalışmada, ağzın yeşil çay ile çalkalanmasının dentin erozyonu ve abrazyonunu azalttığını göstermişlerdir. CHX, MMPs 2,8 ve 9’un aktivasyonunu inhibe eden, doğal olarak avokado, soya ve oleik asitte bulunan antibakteriyel bir ajandır [289, 290].

Bu bulgulardan yola çıkılarak dental erozyon açısından MMP inhibitörlerinin uzun süreli kullanımının araştırılması gerektiği savunulmakta ve bu konuda ileri çalışmalara ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir [180, 295].

Bu tez çalışmasında doğal MMP inhibitörü olarak bilinen 5 farklı doğal bitki özünün dental erozyona karşı koruyucu etkilerini inceledik.

MMP enzimlerinin dental erozyon üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda sıklıkla kullanılan yeşil çaya ek olarak, ülkemizde olduğu kadar dünyada birçok ülkede yoğun olarak tüketilen üzüm çekirdeği, nar, karanfil ve kuşburnu çalışmamıza dâhil edilmiştir. Çayların içeriğinde %30 ile %36 oranında yoğun olarak bulunan polifenollerin büyük bir kısmını kateşinlerin oluşturduğu (%17-30) bildirilmiştir [373]. Kateşinler, çay içerisinde gerek antioksidan özellik kazandıran temel bileşenler olarak gerekse enzim inhibisyonu sağlayarak antiinflamatuvar aktivite gösterirler [373, 374]. Yeşil çayda en aktif olarak bulunan kateşin, EGCG' tır ve MMP inhibisyonunda rol oynadığı literatürde bildirilmiştir [375].

ÜÇÖ, temel olarak proantosiyanidinlerden oluşan doğal çapraz bağlayıcıdır. Proantosiyanidinlerin doğal bitki metabolitleri olduğu, eksojen çapraz bağları indükleyebildiği ve düşük toksisiteye sahip olduğu gösterilmiştir [376]. Ayrıca PA bazlı bileşiklerin dentin kollajeninin fiziksel özelliklerini geliştirdiği raporlanmıştır [377]. Monomerik kateşin ve epikateşin, gallik asit, polimerik ve oligomerik proantosiyanidinlerden oluşan ve zengin bir PA kaynağı olan üzüm çekirdeği özünün [378]; antioksidan, antimikrobial, antiinflamatuvar, antialerjik etkisi, kardiovasküler hastalıklar üzerine etkisi, fosfolipaz, siklooksijenaz, lipooksijenazlar ve MMP üzerine enzim inhibitör etkisi vardır [379].

Kuşburnu meyvesi yüksek oranda C vitamini içermektedir. Bunun yanı sıra P vitamini (permeabilite vitamini), karoten, B1, B2, E ve K vitaminleri de içermektedir. Mineral madde ve flavonoidler yönünden de zengin olan kuşburnu, yapısında potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, demir, mangan, fosfor, bakır, çinko gibi katyonlar ve sülfat, klorür, nitrat gibi anyonlar bulunmaktadır. Kuşburnu, ilaç sanayinde vitamin C ve proantosiyadin olarak kullanılmaktadır [335].

West ve ark. [380] kullanılan materyalin eroziv potansiyelinin ölçülmesinde, *in vitro* bir yöntemden yararlanılacak ise, pozitif ve negatif kontrol grupları ile karşılaştırmalı olarak madde kaybının anlaşılabilirliğini ifade etmiştir. Bu tez çalışmasında da West ve ark.[380]' nın bildirimine uygun olacak şekilde florsuz sudan oluşan bir negatif kontrol grubu ile flor gargarasından oluşan pozitif bir kontrol grubu çalışmaya dâhil edilmiştir.

Dental erozyona karşı koruyucu amaçlı üretilen materyallerin kullanımı ile başlayan biyolojik süreçlerin en iyi takibi ağız içerisinde gerçekleşen *in vivo* çalışmalar ile sağlanabilmektedir. Ancak gönüllülerin ağız içi koşullarının standardizasyonunun

sağlanamaması, etik nedenler ile uzun süren deney düzeneklerinin oluşturulamaması, ağız içi koşullarını değiştirebilecek birden fazla etken olması, lezyonun ilerleme hızını belirlemenin zor olması, uzun dönem çalışmalara ihtiyaç duyulması, hasta uyumu gerektirmesi ve tek bir etkeni değerlendirmenin zor olması *in vivo* çalışmaların temel problemleridir [381].

In vivo çalışmaların bu dezavantajlarını ortadan kaldıran, ağız ortamını yansıtan, daha doğru veriler elde edilmesini sağlayan, *in situ* ve *in vitro* modeller geliştirilmiştir. Bu modeller, klinik çalışmalardan önce araştırmacılara yol gösterici veriler sağlayabilme, belirli bir zaman aralığında bir değişkeni değerlendirebilme, yeni değişkenleri çalışmaya ekleyebilme, değişen zaman periyodlarında doku kaybının belirlenmesinde doğru yöntemleri kullanabilme gibi avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca, *in situ* modellerin *in vitro* modellere göre en büyük avantajı, ağız ortamının kullanılmasıdır. Ağız ortamı; yeme alışkanlıklarının, fizyolojik olarak üretilen tükürüğün, değişik içerikteki ve kalınlıktaki plağın, pelikilla kaplı diş yüzeylerinin kombinasyonundan oluşmaktadır. Bundan dolayı, *in situ* modeller erozyon sürecini gerçeğine yakın bir şekilde taklit edebilmektedir. Bu modellerin dezavantajı ise, deney sürecinin zorluklarından dolayı denek sayısının belli bir sayının üzerine çıkarılamaması ve çalışmanın deneklerin uyumuna bağımlı olmasıdır. Denekler çalışma protokolünü aksattığı zaman deney sonuçları bundan ciddi şekilde etkilenmektedir [381].

Buna karşın, hassas ölçümlerle ideal sonuçlar verebilen birçok yöntem kullanılarak yapılan *in vitro* çalışmalar da bulunmaktadır. Eroziv demineralizasyonun araştırıldığı çalışmalarda, her aşamayı kolayca takip edebilme imkanı sağlayan ve *in situ* çalışmalar ile birlikte benzer kantitatif sonuçları verebilen *in vitro* araştırmalar önerilmektedir [380]. *In vitro* çalışmalar, maliyetlerinin az olması, çalışma sürelerinin kısa olması, daha az sayıda personel gerektirmesi, tek bir değişkeni diğer değişkenleri sabit tutarak değerlendirebilme gibi avantajlarından dolayı sıklıkla tercih edilmektedirler [380]. Biz de bu koşulları göz önüne alarak çalışmamızı *in vitro* olarak planladık.

In-vitro çalışmalarda genellikle gömük daimi dişler ya da fizyolojik rezorpsiyon nedeniyle düşme zamanı gelmiş olan süt dişleri kullanılmaktadır. Fakat gömük daimi dişlerin mineral içeriğinin sürmüş olan daimi dişlere göre daha farklı olması ve demineralizasyona karşı daha dirençsiz olması [382], fizyolojik rezorpsiyon nedeniyle çekilen süt dişlerinin ise düşme zamanı gelene kadar fazlasıyla aşınmış olmalarından dolayı erozyon deneylerinde kullanılmaya uygun dişler olmadığı düşünülmektedir.

In situ ve *in vitro* çalışmalarda deney örneklerinin hazırlanması amacıyla insan veya sığır dişlerinden faydalanılmaktadır. Özellikle erozyon-abrazyon içerikli çalışmalarda aynı koşullar altında dentin örneklerinin gerek insan gerekse sığır dişlerinde benzer sonuçları göstermesi nedeniyle çoğu klinik çalışmada deney örnekleri sığır dişi dentininden oluşmaktadır [383]. Sığır dişi minesinin asit karşısında insan dişi ile benzer davranışlar sergilemesi ve Ca'nın dıştan içe doğru dağılımının benzerlik göstermesi, insan dişine göre demineralizasyonun 3 kat daha hızlı ilerlemesi ve daha büyük kristallere sahip olduklarından yüzeyde oluşan değişikliklerin kolaylıkla gözlemlenebilir olması gibi avantajları bulunmaktadır [384]. Ayrıca insanların ağız ve diş bakım ürünlerinin kullanım sıklıkları ve içeriklerinin farklı olması standardizasyona engel olacaktır. Sığır dişlerinde bu faktör ortadan kalktığından insan dişlerine oranla daha standart deney örnekleri elde edilebilmektedir. Bu avantajlarından dolayı çalışmamızda sığır dişi kullanılmıştır.

Bir çalışmanın planlanma aşamasında yeterli büyüklükteki örneklem genişliğini tahmin etmek gerekir. Örnek genişliği belirlemeye Power analizi denmesinin nedeni örnek genişliğini çalışmanın başında belirleyerek çalışacağımız gücü kontrol altına almaktır. Bu çalışmada Power analizi Bezmialem Vakıf Üniversitesi Biyoistatistik Anabilim Dalı'nda bir istatistik uzmanı tarafından yapılmıştır. Yapılan Power analizi sonucunda; %5 yanılma ve %80 güç ile sığır dişlerinde ortalama erozyona direncin 38 birimlik değişim olması için her bir gruptan en az 8 örnek alınması gerektiği hesaplanmıştır. Çalışma sürecinde herhangi bir nedenle örneklerde kayıp olabileceği düşünülerek, gruplardaki örnek sayısının 10 olmasına karar verilmiş ve çalışma grupları oluşturulmuştur.

In vitro çalışmalarda sonucu etkileyen diğer bir önemli faktör ise, çekilen dişlerin kullanılana kadar saklandığı ve steril edildiği solüsyondur. Dişlerin dehidrate olmasını önlemek için sürekli bir solüsyonun içerisinde bekletilmesi gerekmektedir. *In vitro* testlerde kullanılan solüsyonlar distile su ve salindir. Mikroorganizma üremesini engellemek amacıyla timol, formalin, sodyum hipoklorit, gluteraldehit, kloramin T gibi antimikrobiyal maddeler ilave edilmektedir [385]. Erozyon deneylerinde uzun dönem saklama solusyonunda timol kristallerinin olması önerilir [87]. Yapılan deneyler sonucunda günlerce timol içeren solusyonda beklemiş dişlerin mikro veya nano sertliğinde herhangi bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir [386]. Biz de çalışmamızda kullanacağımız sığır dişlerinin üzerindeki doku artıklarını el aletleri ve fırça yardımı ile uzaklaştırdıktan sonra, dişleri her hafta tazalenen % 0.1'lik timol solusyonunda 2 ay boyunca beklettik.

Diş yüzeyinin açısının ve düzgünlüğünün kontrol edilebilmesi için dişin, soğuk akrilik veya alçı gibi bir tutucuya sabitlenmesi önerilmektedir. Kullanılan sabitleyicinin, absorpsiyonunun ve polimerizasyon ısısının dişi etkileyebileceği düşüncesi ile yavaş sertleşen bir materyal olması tercih edilmelidir. Deney yapılacak yüzeyin, herhangi bir kontaminasyon olmasını engellemek amacı ile sabitlendiği tutucu materyalden daha yukarıda kalacak şekilde sabitlenmesi ayrıca tutucu materyale sabitlenen dişin hızlı bir şekilde su içerisine yerleştirilmesi gerektiği bildirilmiştir [387]. Bu amaçla çalışmamızda kullandığımız dentin örneklerini, standart kalıplar içerisinde hazırlanmış soğuk akrilik içerisine deney yüzeyleri açıkta kalacak ve yer düzlemine paralel olacak şekilde sabitledik.

Eroziv diş aşınması en çok okluzal ve fasiyal yüzeylerde görülmektedir [79]. Geniş morfolojik değişkenlik gösteren okluzal yüzeylerde yapılan deneylerin standardizasyon zorluğu nedeniyle çalışmaların genellikle düz yüzeylerde yapılması tercih edilmektedir [388]. Bu nedenle, biz de çalışmamızda sığırlara ait çekilmiş alt kesici dişlerin fasiyal yüzeylerini kullandık.

Birçok ölçüm tekniği, ölçüm yapabilmek için düz yüzeylere ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle doğal diş yüzeyindeki değişiklikler tam olarak doğru değerlendirilememektedir. Ölçümlerin daha sağlıklı yapılabilmesi için örneklerin polisajlanması önerilmektedir. Ayrıca doğal diş yüzeyi, polisaj yapılmış yüzeylerden daha yavaş erozyona uğramaktadır [389]. Çalışmada dişler kısa süre eroziv materyalle temas ettiğinden eroziv lezyonları gözleyebilmek için polisaj yapılmış diş yüzeyleri kullanılmıştır. Bu amaçla partikül büyüklüğü ve abrazyon özelliği gittikçe azalan silikon karpit zımparalar sırasıyla (600, 800, 1000, 1200, 2400 gritlik) kullanılarak yüzey düzeltilmiştir [11, 269]. Daha sonra sırasıyla 1 µm'luk ve 0.25 µm'luk alüminyum oksit içeren elmas parlatma pastaları ve cila keçeleri ile örnek yüzeyleri cilalanmıştır.

Yüzey hazırlığı tamamlanan örneklerin deney materyalleri uygulanacak olan alanları ve referans yüzeyi açıkta bırakılarak geride kalan tüm diş ve akrilik yüzeyleri; deney sürecinde yapılacak ölçümlerde kullanılmak üzere Cai ve ark. [390] ile Shen ve ark.'nın [391] yaptıkları çalışmalarda da olduğu gibi visköz yapıya sahip, aside dayanıklı tırnak cilasıyla kapatılmıştır.

Young ve Tenuta [392] yaptıkları kaynak tarama çalışmasında, araştırmacılar tarafından seçilmiş, uygulanması önerilen bir erozyon modeli bulunmadığını, çalışmalarda kullanılan erozyon modellerinde farklı asit solüsyonları, uygulama süreleri, ortam ısıları ve de/remineralizasyon solüsyonları kullanıldığını bildirmişlerdir. Vlacic ve ark. [280] 1.0 M

(Molar) hidroklorik (HCl) asiti 5 dk. süreyle 1 kez uygulayarak, Sobral ve ark. [279] % 2'lik sitrik asit solüsyonunu (pH 2.6) 90 dk. boyunca 1 kez uygulayarak diş sert dokularında erozyon oluştururken, de-Melo ve ark. [11] Sprite gazoz eroziv ajanını 10 gün boyunca günde 1 kez, Steiner-Oliveira ve ark. [87] % 0.3'lük sitrik asit solüsyonunu (pH 2.45) 3 gün boyunca günde 3 kez kullanarak erozyon siklusu uygulamışlardır. De/remineralizasyon gerçekleştirilen *in vitro* çalışmalarda, ağız ortamının zaman içerisindeki değişimini en iyi taklit eden, kısa süreli asit uygulama ve tükürük akışını içeren siklus modeli kullanımı önerilmektedir [51, 393, 394]. Siklus modelinin amacı; mine ve dentin dokusunun onarım sürecinde örnekleri remineralize solüsyonda bekletmenin etkinliğini değerlendirmektir. Siklus; diyet alışkanlıklarını, medikal bozuklukları yansıtabilecek özellikte olmalıdır [386]. Erozyon, hızlı ilerleyen bir durum olduğu için, klinik koşulları taklit etmesi amacıyla çürük çalışmalarındaki kadar uzun bir siklus gerektirmemektedir [386, 392]. Her bir erozyon siklusunda, erozyon süresi *in vitro* çalışmalar için 15 sn ile 40 dk, *in situ* çalışmalar için 40 sn ile 20 dk arasında değişmektedir [392]. *In vivo* koşullarda, diyet ile alınan asidik içecekler ağız ortamında en fazla birkaç dakika kalabilmektedir [386]. Bir erozyon siklusunda, eroziv solüsyonda bekletme süresi 1 ile 5 dk arasında değişmektedir [87, 392]. Siklus, yapay ağız modellerinde olduğu gibi otomatik sistemle veya elle yapılabilmektedir [386]. Biz de tez çalışmamızda *in vivo* koşullarla benzerlik oluşturabilmek için Steiner-Oliveira ve arkadaşlarının kullandığı sitrik asit siklusunu modifiye ederek kullandık [87]. Örneklerin her birini % 0.3'lük sitrik asitte (pH: 2.45), oda sıcaklığında 5 dk bekleterek günde 3 kez 3 gün boyunca bu siklusu el ile uyguladık.

In vitro koşullarda minenin üzerinde erozyona karşı koruyucu bariyer olan pelikülün oluşabilmesi için tükürükte 1 saat veya daha fazla kalması gerekmektedir [386, 395]. Wiegand ve ark. yaptıkları literatür taramasında, yapılan çoğu çalışmada örneklerin yapay tükürükte 1-60 dk arasında bekletildiğini, sadece 3 çalışmada doğal tükürük kullanıldığını bildirmişlerdir [383]. Yapay tükürük yeterli miktarda hazırlanabilmesi ve sabit bileşiminin olması açısından *in vitro* çalışmalarda avantaj sağlamaktadır. Doğal tükürük ise tek bir donörden ya da birkaç donörden toplanabilmektedir. *In vitro* çalışmalarda doğal tükürük fazla miktarda toplanamaması ve laboratuvar koşullarında çok çabuk özelliğini yitirmesi nedeniyle tercih edilmemektedir. Bu nedenle çalışmalarda remineralize solüsyon olarak yapay tükürük kullanılmaktadır. Ancak yapay tükürük doğal tükürüğü sadece elektrolitleri ile taklit edebilir, tükürük proteinleri bulunmaz [380, 383, 386]. Biz de çalışmamızda Eisenburger ve ark. nın [345] kullandığı yapay tükürüğü her örnek için 10 ml kullandık. Örnekleri yapay tükürük

içerisinde her siklústa 60 dk beklettik. Ayrıca Rios ve ark.[269] ile Wiegand ve ark. nın çalışmasına [396] benzer şekilde, örnekler her gün deney süresi dışında yaklaşık 22 saat boyunca oda sıcaklığındaki yapay tükürükte saklandı, sikluslar arasında yapay tükürük yenilenmedi.

Çalışmamızda kullanılan bitki çayları, Phelan ve Rees'in [397] çalışmasındakine benzer olarak, 250 ml kaynar suda bekletilerek demlendi. Bu ölçünün sečilmesinin nedeni standart bir fincan büyüklüğüne denk gelmesidir. 0., 2., 4. dakikalarda çaylar hafifçe karıştırıldı, 10. dk'da bir kağıt filtre yardımıyla süzöldü..

West ve ark. [398], sıcak bitkisel içeceklerin 60 °C'ye yakın ısılarda yudumlandığını bildirmişlerdir. Biz de hem bu çalışmaya dayanarak, hem de günlük hayatta sıcak çay içme alışkanlığımızı göz önüne alarak hazırlanan örnekleri önce başlangıç ısıları 60 ± 5 °C olan çaylara daldırdık, daha sonra ise örnekleri oda sıcaklığında beklettik.

Doku çözünmesi ile oluşan madde kayıplarını araştıran çalışmalar son yıllarda sadece karyoloji konusunda değil, dental erozyon alanında da görölmektedir [399]. İn vitro ve in situ demineralizasyon çalışmalarında her ne kadar sadece deney sürecinde kullanılan yöntemler remineralizasyon çalışmaları ile benzerlik gösterse de, farklı ölçüm yöntemleri ve yüzey analizleri ile karşılaşılmaktadır. Eroziv demineralizasyon çalışmalarında yüzey özelliklerinin incelenmesi için sıklıkla profilometre ve mikrosertlik analizlerinden faydalanılmaktadır [399]. Eroziv demineralizasyon ile hali hazırda asidik ajan ile yumuşamış olan inorganik doku fiziksel etkenler ile (çiğneme kuvvetleri, dış fırçalama kuvvetleri gibi) uzaklaşacak, ancak yüzey altı demineralizasyonun göröldüğü kısmi demineralizasyon alanı kalacaktır. Bu alan iyonize olmayan asitler ile dış kaynaklı; proteolitik enzimler (MMP) ile de iç kaynaklı olarak çözünebilir. Bu sebeple DOM içeriği fazla olan yüzey altı demineralizasyon bölgesinin, iç ve dış kaynaklı asitlere karşı tamponlayıcı etkisini sürdürebilmesi ve eroziv demineralizasyonun hızını azaltması ve sonrasında da engellemesi önemlidir [295]. Yüzeyde remineralizasyonun gerçekteleği bölge ile kıyaslandığında daha düşük mikrosertlik değerlerine sahip olan DOM içerikli yüzey altı demineralizasyon alanının analizi için hassas yöntemlerin kullanılması gerekmektedir [302].

Bir literatür tarama çalışması, *in vivo*, *in situ* ve *in vitro* çalışmalarda mine ve dentin dokusunda oluşan erozyonu belirlemek amacıyla en çok yüzey profilometre değerlendirme yönteminin kullanıldığını bildirmiştir [218]. Bunu, mine için yüzey sertlik ve dentin için

mikroradyografi değerlendirme yöntemlerinin takip ettiğini rapor etmiştir. Ayrıca, her iki dış dokusu için de SEM analizinin yaygın olarak kullanıldığını belirtmiştir [218].

Sadece mikrosertlik analizinin yapıldığı erozyon çalışmaları olduğu gibi [400, 401]; sadece AFM [402], AFM ile birlikte SEM [239, 241, 403] ve optik profilometre [296, 404] gibi yöntemler de pek çok erozyon çalışmasında kullanılmıştır.

Yüzey özelliklerinin incelendiği çalışmalarda, çok hızlı ve kolay bir şekilde sonuçlara ulaşılması nedeni ile mikrosertlik testlerinin en kullanışlı yöntemlerden biri olduğu bildirilmiştir [83, 401]. Dış sert dokularında yüzey sertliğindeki değişikliklerin belirlenmesi için mikrosertlik veya nanoindentasyon ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır [256]. Yapılan çalışmalar sonucunda şu ana kadar yüzey sertlik kaybı ve yüzey değişikliklerinin değerlendirilmesinde ideal yöntem henüz belirlenememesine rağmen [405]; mikrosertlik analizi, erken dönem erozyonların belirlenmesinde kullanılan ucuz ve basit bir yöntemdir. Bu nedenle çalışmalarda çok sık kullanılmaktadır. Dokuya derin penetrasyonu ve ölçüm sırasında erozyon lezyonuyla birlikte çevresindeki sağlam dokuyu da içermesinden dolayı nanoindentasyon ölçümlerinin mikrosertlik ölçümlerinden daha etkili olduğu düşünülmektedir [190, 218]. Farklı test metodlarının kullanıldığı çalışmalarda, çalışma standartlarının sağlanamamasına bağlı olarak sonuçlarda farklılıklar oluşabileceği gibi, bulguların incelenmesi ve karşılaştırılmasında subjektif değerlendirmelerden kaynaklı bazı sınırlamalar da meydana gelebilmektedir [406-410]. Nano test yöntemlerinin dijital ortamda yapılması ve ölçümlerin ilgili yazılımlar ile elde edilmesi objektif değerlendirmelere ve daha anlamlı sonuçların elde edilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir [406, 409]. Bu nedenlerden dolayı çalışmamızın sertlik incelemelerini nanoindentasyon test yöntemini kullanarak gerçekleştirdik.

Nanoindentasyon yönteminde küçük boyutta örnekler ile çalışılabilme kolaylığı, uygulanan kuvvetin mikro ve nano düzeyde olmasından dolayı, mekanik özelliklerin daha az girişimsel olarak ölçülmesi sağlanabilmektedir [408, 410, 411]. Sertlik, elastisite modülü, kırılma tokluğu, akma dayanımı gibi birkaç özelliğin tek bir ölçümle hesaplanmasına olanak sağlamanın yanı sıra tekrarlanabilir ölçümler elde edilebilmektedir [214, 224].

Mikrosertlik cihazında; derinlik ve uzunluk oranı farklı olan Knoop ve Vickers uçları kullanılmakta iken nanoindentasyon cihazlarında Berkovich, Küresel, Vickers ve Sferokonik çentikleyci uçlar olmak üzere dört farklı uç kullanılır. Farklı malzemeler için uygun uç seçilmeli, kalibrasyon işlemi düzenli olarak yapılmalıdır. Vickers ucu, yumuşamış dokuda daha derinlere penetre olmakta, altındaki sağlam dokudan etkilenebilmektedir. Bu nedenle, bu

çalışmada Fong ve ark.'nın [412] çalışmalarında olduğu gibi, sertliği yüksek malzemeler için kullanımı daha uygun olan Berkovich uç kullanılarak örneklere 5 mN maksimum yük değeri ayarlanarak uygulanmıştır.

AFM, tarayıcı uçlu mikroskoplar ailesinin bir üyesidir. AFM' nin temel uygulamaları polimerler, seramikler, metaller, biyomoleküller ve hücreler gibi farklı materyallerden yüksek çözünürlükte görüntü elde etmektir. Esneyebilir kantilever ucunda 4-60 nm yarıçapında çok keskin uçlarla örneklerin nanometrik kesitler halinde incelenmesini sağlamaktadır. Z yönündeki kantilever hareketine bağlı olarak yüzeyde tip tarafından tarama yapılırken yüzey topografisi elde edilmektedir. Kantileverin sırtından yansıyan diyot lazer ışını fotodiyot üzerindeki lazerin konumuna göre örneğin yüzey haritası çıkarılmaktadır [190].

AFM, erozyon çalışmalarında farklı eroziv materyallerle temas sonrasında diş sert dokusunun değerlendirilmesi için kullanılmaktadır [224, 237]. Bu cihaz eroziv ataklarının neden olduğu erken evrelerdeki doku kaybının ve yükseklik farklılıklarının ölçümü için uygundur [256].

Yüksek çözünürlükte inceleme yapılabilmesi, incelenen örneğe zarar vermemesi, doğal, polisajsız diş yüzeylerinin incelenmesini sağlaması ve erken dönemde erozyon lezyonlarının incelenmesi AFM' nin avantajlarından. Ancak inceleme süresinin uzun olması ve sınırlı bir alanın taranması dezavantajları arasında yer almaktadır [256].

Bu nedenle, yüzeylerin temas eden (kontakt) bir cihaz ile taranması uygun görülmediği gibi, optik profilometre kullanımı yerine AFM cihazının temassız (non-kontakt) olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Ayrıca Zapletalova ve ark. [413]' nın, AFM kullanımının örnek yüzeylerinin bozulmasına neden olmadığını belirtmesi, AFM seçiminin çalışmamız için bir avantaj olacağını göstermektedir.

Diş yüzeylerinde oluşan demineralizasyonun görüntülenmesinde polarize ışık mikroskobu, mikro radyografi, CLSM, TEM ve SEM gibi birçok görüntüleme yöntemi kullanılmaktadır [190, 414]. Bu yöntemlerden en hassas olanı SEM'dir. Arnold ve arkadaşları SEM'in yüzeydeki demineralizasyon ve remineralizasyonun değerlendirmesinde güçlü bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir [415].

Bu tez çalışmasında da bir kısmı açıkta bırakılarak, yapay eroziv lezyonları oluşturulan dentin yüzeylerine deney materyalleri ile muamele edilmiş ve elde edilen yüzeylerdeki mineral yoğunluğu nanosertlik testi ile analiz edildikten sonra, Carvalho ve ark. [416]' nın mine erozyonunu araştırdığı çalışmasında olduğu gibi 140 adet dentin örneğinin topografik

incelemeleri AFM ile yapılmıştır. Nanosertlik verilerine ek olarak, mineral yoğunluğunu kaybederek yumuşamış olan diş yüzeylerinden sayısal veri elde edilebilmesi ve morfolojide oluşan nano boyuttaki değişiklikleri dahi gösterebilmesi nedeniyle AFM yüzey analizleri ve topografik değişim görüntüleri çalışmamızda tercih edilmiştir. Poggio ve ark. [274] mine erozyonunu araştırdıkları çalışmalarında, AFM cihazı ile yüzey pürüzlülük (R_{rms}) ve maksimum derinlik (R_{valley}) parametrelerini incelemişlerdir. Bu tez çalışmasında ise aynı parametreler, dentin gibi tübüller içeren ve her katmanda morfolojik farklılıklar gösteren bir dokuya ait demineralizasyonun, yüzeye olan etkilerini göstermek için kullanılmıştır. Ayrıca tüm deney gruplarından randomize seçilen 1'er örneğin yüzey özellikleri ve erozyon siklusu karşısındaki zamana bağlı değişimleri SEM kullanılarak değerlendirilmiştir.

Tartışmanın bu bölümüne kadar olan kısımda deney düzeneğine ilişkin değişkenlerin üzerinde durulmuştur. Bu bölümden itibaren sığır dişlerinden hazırlanmış dentin örneklerine uygulanan farklı deney materyallerinin erozyonu önlemedeki etkinliklerinin değerlendirilmesine çalışılacaktır.

Normal daimi dişlerin dentin sertliği ve elastikiyet değerleri daha önce yapılan pek çok çalışmada bildirilmiştir [417-419]. Dentinin sertlik değerleri 0.2-0.8 GPa arasında değerler göstermekte iken elastiklik modülü değerleri 10-28 Gpa arasında değişmektedir. Bu çalışmada herhangi bir işlem görmeden önceki dentin örneklerinin nanosertlik değerleri 0.5 ile 1.1 GPa arasında değişmektedir.

Mine-dentin sınırından pulpaya doğru yaklaştıkça, sertlik ve elastisite modülü değerlerinde azalmanın gözlenmesi doğaldır. Bu nedenle ölçüm yapılan alanların standardize edilmesi elde edilen sonuçların geniş veya dar bir aralıkta yer almasını doğrudan etkilemektedir. Dentinde yer alan tübüllerinin sayısının, diziliminin ve düzeninin ayrıca uygulanan kuvvetin bu tübüllere olan doğrultusunun mekanik özelliklerin belirlenmesine etkisi olduğu düşünülmektedir [420]. Bu amaçla nanoindentasyon yöntemi kullanılarak dentin dokusunun sertlik değerleri üzerinde yapılan çalışmalarda sonuçların tutarlılığı her daim mümkün olmamaktadır.

Literatürde yer alan birçok çalışmada dentin dokusunun sertlik değerleri araştırılmıştır [209, 219, 420-427]. Bu çalışmalar kendi içlerinde incelendiğinde standart sapmaların düşük olduğu fakat değerlerin birbiriyle uyumlu olmadığı gözlenmektedir. Bunun nedeni olarak dentindeki tübüler yapının ve ölçüm yapılan alanın asıl sebep olduğunu düşünmekteyiz.

Bizim çalışmamızda dentin örneklerinin başlangıç sertlik değeri 0.78 ± 0.15 GPa olarak bulunmuştur. Bu sonuç Fong ve Angker' in çalışmaları ile uyumludur [424, 428]. Değerlerimiz Poolthong, Hosoya ve Inoue' nin çalışmalarında elde ettikleri verilerden yüksek çıkmıştır [423, 429, 430]. Bunun nedeni olarak Hosoya ve ark.'nın yaptıkları çalışmada süt dişi dentin dokusu için 10 mg'dan 100 g'a kadar değişen kuvvet uygulamaları ve değerlerin ortalamasının alınmasından kaynaklanabilir. Inoue ve ark.'nın yaptıkları çalışmada sığır dişlerinin radiküler dentinini kullanmalarından, Poolthong ve ark.'nın ise **?????(ne dişi olduğunu yaz)** dişleri otoklava sokmaları sonucu dehidratasyona maruz kalmalarından dolayı düşük sertlik değerleri bulduklarını düşünmekteyiz.

Bu çalışmalarda elde edilen veriler ile mine dokusunda yapılan çalışmalardan elde edilen veriler karşılaştırıldığında dentin dokusunun mineye göre daha heterojen yapıda olmasına karşın, çalışma koşullarından ve örnek hazırlama yöntemlerindeki farklılıklardan daha az etkilendiği görülmektedir. Sonuçların mineye kıyasla daha net, tekrarlanabilir ve standart sapmaları düşük hesaplanmasında ölçüm yapılan alanın yerinin son derece önemli olduğu açıktır. Hem mine hem dentin üzerinde yapılan çalışmalarda örnek hazırlama aşamasında ve ölçüm işlemleri süresince dehidratasyon ve hidratasyonun sonuçların doğruluğuna etki ettiği bilinmektedir [426, 431, 432]. Diş dokularında daha doğru sonuçların elde edilmesinde bu faktörlerin önemli rol oynadığı düşünülebilir.

Çalışmamızda, ülkemizde çoğunlukla tüketilen bazı bitkilerin (yeşil çay, üzüm, kuşburnu, nar ve karanfil) çay halindeki formları kullanıldı. Günümüzde oldukça popüler olan bitki çaylarının dentin yüzey sertlikleri üzerine etkilerini inceleyen kapsamlı bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu yüzden çalışmada elde ettiğimiz sonuçları diğer çalışmalarla karşılaştırma olanağımız pek fazla bulunmamaktadır. Ancak hem bitki çaylarının dentin yüzeyine etkilerini inceleyen, hem de farklı asiditeye sahip olan içeceklerin ya da gıdaları taklit eden likitlerin dentin yüzey özelliklerini etkileyen çalışmalar ile sonuçlarımızı karşılaştırmak fikir verebilir.

Çeşitli bitkisel çayların dentin yüzeyinde meydana getirdiği değişikliklerin araştırıldığı bu tez çalışmasında, karanfil çayının nanosertlik değişimi diğer deney gruplarından daha yüksek değerde bulunmuş ve istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ortaya çıkmıştır. Yüzey nanosertlik değişiminin karanfil çayında diğer gruplara göre daha fazla bulunması, karanfilin yapısında büyük oranda bulunan *ojenol* (%81.1) miktarına bağlı olabilir [433]. Ayrıca karanfil, ortamdaki osteokalsin miktarını arttırarak kalsiyum granülasyonuna yol

açabilir [434]. Kalsiyum granül oluşumu da sert doku oluşumunda kritik bir rol oynadığından, dentindeki sertlik artışının bu mekanizma sonucu oluşabileceği kanısına varılabilir.

Nanoindentasyon test yönteminde elde edilen verilerin tekrarlanabilir olması ve standart sapmaların küçük bulunması sonuçların geleneksel test yöntemlerine göre daha doğru sonuçlar verdiği için erozyon çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır [406, 409, 435]. MMP enzim inhibisyonunun etkinliğinin ölçüldüğü çalışmalarda sıklıkla yeşil çay ve klorheksidin materyallerinin değişik formları kıyaslanmış ve mikrosertlik değerleri bildirilmiştir [1, 436]. Bizim çalışmamızda da, Mirkarimi ve Toomarian'ın araştırmalarına benzer şekilde, yeşil çay ve karanfil dentin örneklerinin deney sonrası ortalama mikrosertlik değerlerinde % 8 ve % 165 oranlarında artış saptanırken [1], diğer grupların deney sonrası ortalama mikrosertlik değerlerinde azalma izlenmiştir. Mirkarimi ve ark.'larının yaptıkları çalışmada [1], yüzeydeki mikrosertlik artışı, dentin yüzeyinde yeni oluşan kollajen çapraz bağlantılara veya yeşil çaydan kaynaklı organik materyallerin diş yüzeyine birikmesine bağlanmıştır. SEM görüntüleri ile desteklenen çalışmada yeşil çay ile muamele sonrası diş yüzeyinde içeriği kesin olarak belirtilmemiş çökeltilerin oluştuğu bildirilmiştir. Benzer bir sonuç Kato ve ark.'nın klorheksidin, yeşil çay ve flor içerikli jeller ile in situ olarak tasarlanan çalışmasında izlenmektedir [295]. Yüzey analizinin SEM ile yapıldığı çalışmada tübül ağzına biriken iyonların oluşturduğu çökeltiler klorheksidin ve yeşil çay gruplarında net olarak görülmüştür. Yeşil çayın dentin erozyonunun azaltılması üzerine etkisinin olası bir mekanizması MMP'lerin inhibisyonu olabilir. Eğer bu mekanizma doğru kabul edilirse, bu etki muhtemelen polifenoller sayesinde olmaktadır. Yeşil çay polifenollerinden özellikle epigallokateşin-3-gallat (EGCG)'ın yapılan hücre kültürü çalışmalarında MMP'lere karşı güçlü bir inhibisyon aktivitesine sahip olduğu bulunmuştur [303, 437]. EGCG; hidrojene bağlanma ve kollajenazlarla hidrofobik etkileşime girerek kollajenazların ikincil yapılarını değiştirir. Bu sayede inhibisyon mekanizması gerçekleşir [438].

Kato ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında [295], MMP inhibitörlerinin erozyonu önleme açısından etkilerini in situ olarak değerlendirmişlerdir. Çalışmada, 20-30 yaş aralığındaki sağlıklı gönüllülere sığır dişi yerleştirilmiş intraoral apareyler hazırlamışlardır. Klorheksidin (0.012% klorheksidin), 10 ve 400 µM EGCG10, F (1.23% NaF) ve kontrol grubu olmak üzere 5 grup solüsyonu, mikrofırçalar yardımıyla 1 dakika boyunca sığır dişine uygulamışlardır. Sonuçta; EGCG10, EGCG400 ve chlorhexidine, NaF ve kontrol grubuna kıyasla erozyon oluşumunu belirgin oranda engellemiştir. MMP inhibitörleri arasındaki fark ise

istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yazarlar, yeşil çay içinde bulunan MMP inhibitörlerinin dentin erozyonunu önlemede kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Deney modelimizde erozyon, dentin örneklerinin ağız dışı ortamda günde 3 kere % 0.3'lük sitrik asit içerisinde (pH=2.45) 5 dk bekletilerek demineralize edilmesiyle oluşturuldu. Düşük pH'a sahip sitrik asit içinde örneklerin bekletilmesi muhtemelen dentin kaynaklı MMP'lerin aktive olmasına neden oldu. Genel olarak, MMP'lerin aktive olsa dahi asidik ortamda dentinin organik matriksini bozmadıkları kabul edilir [13]. Uyguladığımız erozyon modeline göre; her erozyon siklusu arasındaki 1 saatlik yapay tükürükte bekletmenin yanı sıra günlük 3 siklus sonrası örneklerin yaklaşık 22 saat tekrar yapay tükürükte bekletilmesi, organik matriksin MMP'ler tarafından parçalanma aktivitesini arttırmak için gerekli olan remineralizasyonu ve ortam pH nötralizasyonunu sağlayabilir. Bununla birlikte, yeşil çayın dentin örneklerinin erozyonu üzerindeki etkisinin direk MMP aktivitesi üzerindeki inhibisyon etkisinden kaynaklandığını bu durumu doğrudan test etmediğimiz sürece söyleyemeyiz.

Bu bulgulardan yola çıkılarak dental erozyon açısından MMP inhibitörlerinin uzun süreli kullanımlarının araştırılması gerektiği savunulmakta ve bu konuda ileri çalışmalara ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir [180, 295].

Eroze olmuş mine ve dentin dokularına flor uygulamalarının etkisi çok sayıda araştırmada gösterilmiştir [261-263, 440, 441]. Florid etkisini eroze dokularda CaF_2 benzeri bir materyal çökmesi sonucu gösterir. CaF_2 benzeri tabakanın çökmesi ve bu tabakanın demineralizasyona karşı koruyucu etkileri floridin pH'sı, konsantrasyonu ve flor tuzunun tipine bağlıdır [261, 440]. CaF_2 depolarının oluşumunun asidik koşullardan ziyade nötral koşullarda arttığı gösterilmiştir [441]. Fakat CaF_2 benzeri tabakanın çoğu asidik içeceğin tüketimi sonrası kolaylıkla çözünmesi nedeniyle dental erozyonu önlemede florid uygulamalarının etkinliği tartışılmaya devam etmektedir [264, 265].

MMP enzimlerine karşı mekanizması tam olarak bilinmeyen florun, elektronegatifliği ile MMP enzimlerinin aktif bölgelerindeki iyonlara şelasyon yaptığı düşünülmektedir [343]. Bu tez çalışmasında MMP-2'yi % 100 oranında, MMP-9' u ise % 85 oranında inhibe ettiği kanıtlanan 225 ppm flor [4], pozitif kontrol grubu olarak kullanılmış ve referans değerleri ile karşılaştırıldığında karanfil ve yeşil çaydan sonra en fazla nanosertlik değişimine sebep olduğu bulunmuştur.

Eroze dokularda ya da eroziv atak öncesi diş sert dokularında, florid içeren macun, cila ve jellerin etkisinin araştırıldığı iki çalışmada, florid içerikli ürünlerin etkilerinin çok sınırlı

olduğu gösterilmiştir [442, 443]. Konu ile ilgili yapılan diğer iki çalışmada florid içerikli dental ürünlerin etkinliğinin içerdiği F oranı arttıkça artmadığı gösterilmiştir [269, 444].

Bu tez çalışmasında, de Moraes ve ark. [445]'nin yeşil çay ve klorheksidinin dentin erozyonu üzerine etkinliğini araştırdıkları çalışmaya benzer şekilde, yeşil çay ve flor uygulanmış dentin örneklerinin nanosertlik değerleri ölçülmüş, yüzey parametrelerinden pürüzlülük ve maksimum derinlik verileri alınmıştır. Aynı çalışmaya benzer şekilde bu tez çalışmasında da, flor içermeyen su negatif kontrol grubunu oluşturmuştur. Klorheksidin istatistiksel anlamlılık göstermeksizin yeşil çaydan daha düşük mikrosertlik değişim oranı gösterirken, pürüzlülük oranında bir değişiklik görülmemiştir. Bizim çalışmamızda ise flor (Colgate) grubu yeşil çay grubundan başlangıç değerleri ile deney materyalleri uygulandıktan sonra alınan değerler kıyaslandığında daha yüksek nanosertlik değişim oranı göstermiş olup pürüzlülük oranı değişmemiştir. Flor grubunda görülen sertlik artışının florun kalsiyum ile bileşik oluşturarak çökmesinden ve demineralize organik matrikste tamponlayıcı bir etkiye neden olarak ileri demineralizasyonu önlemesinden kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz. Bu tez çalışmasının verilerine paralel olacak şekilde, de Moraes ve ark.'nın yaptıkları çalışmada dentin mikrosertlik ve yüzey pürüzlülük değerleri tam olarak örtüşmez iken; pürüzlülük ve dentin kaybı verileri tam bir korelasyon göstermemektedir. İki parametre arasındaki uyumu açıklayacak, benzer veya aksi sonuçları içeren ve dentin erozyonunu araştıran yeterli sayıda kaynak bulunmadığı gibi, dentinin pulpa dokusuna yaklaştıkça değişiklik gösteren heterojen yapısı nedeniyle parametreler arasındaki ilişkinin açıklanmasının zor olduğu kanısındayız. Eroziv demineralizasyona maruz bırakılan dentinin mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü parametreleri arasındaki ilişkinin net olarak belirlenebilmesi için örnek sayısı fazla olan klinik araştırmaların yapılması gerektiğini düşünmekteyiz.

Dentin erozyonu üzerine yapılan bazı çalışmaların sonuçlarında yeşil çayın, flor materyallerine karşı olan üstünlüğü değerlendirilmiş, ancak sayısal verilere göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Magalhaes ve ark. [304]'nin in situ olarak tasarladığı dentin erozyonu çalışmasında, günde 4 kere 5 gün boyunca kola ile eroziv atağa bırakılan dentin örnekleri, 1. ve 3. ataktan sonra 1 dakika boyunca 225 ppm'lik flor (SnF₂/AmF) ve yeşil çay polifenolü (EGCG) içerikli solüsyona bırakılmıştır. Dentin kayıplarının yeşil çay polifenolünde (1,1±0,3 µm), flor solüsyonuna (1,4±0,3 µm) göre daha az olduğu bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde *in vitro* ortamda yeşil çayda bekletilen dentin örnekleri Colgate grubundan nanosertlik parametresinde daha iyi performans göstermiştir.

Benzer şekilde, Silveira ve ark. [403]' nın çalışmasında günde 4 defa 90 saniye boyunca eroziv atağa maruz bırakılan sıgır dentini örnekleri, ilk ve son erozyon siklusu sonrası 1 dakika boyunca 225 ppm' lik NaF ve yeşil çay polifenolü (EGCG) içerikli solüsyona bırakılmıştır. Yüzey analizleri sonucu aralarında az bir sayısal fark ile yeşil çay polifenolü (3,79 µm), NaF solüsyonundan (3,93 µm) daha az dentin kaybı göstermiştir. Bizim çalışmamızda da yeşil çay grubu, dentin nanosertlik parametresinde Colgate grubundan daha iyi performans göstermiş ancak yüzey pürüzlülük değişiminde her iki grup da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir.

Distile suyun referans değerleri ile deney materyali uygulandıktan sonraki nanosertlik değerleri karşılaştırıldığında, anlamlı derecede bir artış meydana geldiği görülmektedir. Döngüler arasında örnekler yapay tükürük içerisinde bekletildiği için, yapay tükürükten gelen iyonlarla negatif kontrol grubunda remineralizasyon gerçekleşmiş, bunun neticesinde de sertlik artmış olabilir. Çünkü yapay tükürüğün remineralizasyon potansiyelinin varlığı daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir [446, 447].

Üzüm, yapısında çeşitli polifenolik bileşikler bulunduran bir meyvedir [448]. Üzüm çekirdeği özünde yüksek oranda bulunan proantosiyanidin kollajen çapraz bağları güçlendirerek kollajen yapıdaki dokuları kuvvetlendirir [449].

Kollajen fibrillerin karboksilik grupları proantosiyanidin aromatik halkalarındaki hidroksil grupla hidrojen bağ oluşturmaktadır [450]. Bu bağ, kollajen gibi prolinden zengin proteinlerde, diğer polifenollerle karşılaştırıldığı zaman proantosiyanidine yapısal bir üstünlük sağlamaktadır [376, 450]. İki protein arasındaki bu etkileşim, karboksilik asitin oksijeni taşıyan bir aminoasit olan prolin ile komşu birimdeki aminoasit grubunun azot atomuna yakınlığından dolayı hidrojen bağ köprüsü oluşturmasıyla sonuçlanır. Prolinden dolayı oluşan bu bağlantı fonksiyonel karboksilik gruptan bir oksijen alan bir aminoasit oluşturur; komşu aminoasitin nitrojen atomuna yakınlığından dolayı hidrojen köprü tipinde bağlantı yapar [376]. Bu nedenle tip 1 kollajen gibi prolinden zengin proteinler proantosiyanidinle sıkı bağlar kurarlar [451]. Bu sıkı bağlantılar göz önüne alınarak yapılan bazı çalışmalarda çürük dentin yüzeyi ya da kök çürükleri üzerinde etken maddesi proantosiyanidin olan üzüm çekirdeği özünün remineralize edici etkisi görülmüşken [449, 452, 453], çürük oluşumunun engellenmesi için de üzüm çekirdeği özünün etkili bir yöntem olduğu bildirilmiştir [454, 455].

Bu bilgilerin ışığında, çeşitli bitkisel özütlerin dentin erozyonunu önleyici etkilerinin var olup olmadığının araştırıldığı çalışmamızda, ÜÇÖ'nün referans ve deney materyali

uygulandıktan sonraki değerleri karşılaştırıldığında, gruplar arasında nanosertlik değerleri açısından en dūşük artış oranını gōsterse de istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. ÜÇÖ grubunda görülen bu sertlik artışının, prolinden zengin tip 1 kollajen ile proantosiyanidinin baę oluşturarak dentin yapısını desteklemesi sonucu kalsiyum, fosfat ve hidroksil iyonlarının çōkelebileceęi ve remineralizasyonun sağlanabileceği organik yapı iskeletini desteklemesiyle mineral birikiminin daha fazla olmasından kaynaklandığını dūşünmekteyiz.

Gōkay ve ark.'nın yaptıęı bir çalıřmada [456], bitki aylarının mine yūzey sertlięi üzerine etkileri incelenmiř ve sonuçta kritik pH olan 5.5' tan dūşük deęere sahip olan elma, kuřburnu ve nane-limon aylarının mine yūzey sertlięini oldukça azalttıkları gōr÷lmüřtür.

Çalışmamızda değerlendirdiğimiz kuşburnu, nar, üzüm, yeşil çay ve karanfil aylarının oda sıcaklığında ölç÷len pH değerleri sırası ile 3.81, 3.95, 4.75, 5.66 ve 4.71'dir. Her ne kadar pH ile yūzey sertliği arasında korelasyon kurmak direkt olarak çalışmamızın amacını oluşturmasa da, sonuçlarımız tüm dentin örneklerinin yūzey sertliğindeki etkilenmenin çayın pH değerleri ile ilgili olduğunu gōstermektedir. İstatistiksel olarak referans değerler ile deney materyalleri uygulandıktan sonraki değerler arasında anlamlı bir artış gözlenirse de, tüm gruplar arasında en dūşük nanosertlik artışı pH değeri en dūşük olan kuşburnu grubunda izlendi. Bu sonuç daha önce çayların mine yūzey sertliği üzerine olan etkilerinin değerlendirildiği ve yūzey sertliğinin en fazla kuşburnu ayından etkilendiğini ortaya koyan çalışmadaki sonuçlara benzerdir [456].

İçeceklerin pH değerlerinin ölç÷lmesi, hidrojen iyon konsantrasyonunun belirlenmesine bağlı bir yöntem olduğu için, asitli içeceklerin içindeki ayrışmamış asidin varlığını belirleyemez [457]. Bu yüzden erozyon çalışmalarında pH değerinin yanısıra titrasyon asitliğinin ölç÷lmesi iekteki toplam asit miktarını belirlemede önemlidir [457]. Eroziv potansiyeli belirlemede titrasyon asitliği değerinin, sadece pH'ya bakılarak yapılan belirlemelere göre daha iyi bir yöntem olduğu kabul gören genel bir gōr÷ştür [126, 127].

Çözeltinin belirlenmiş bir pH değerine ulaşması için gereken bazik solūsyon miktarını ölçmeye dayalı bir test olan titrasyon asitliğinin belirlenmesi yönteminde 5,5-10 arasında değişen pH değerleri kullanılmaktadır [458]. Bu çalışmada kullanılan çözeltilerin titrasyon asitliği 50ml çözeltinin pH'sını 5,5 ve 7,0'ye çıkarmak için gereken 1 M NaOH özeltisinin hacmi (ml) olarak hesaplandı [458].

Titrasyon asitliği yüksek olan içecekler ağızda daha uzun süreli pH düşmelerine sebep olurlar [119]. Böyle bir durumda ağız ortamında nötral pH'ya ulaşana kadar mine dokusunda znme meydana gelir [339]. Bu yüzden yüksek titrasyon asitliğine sahip içeceklerin erozyon oluşturma potansiyeli de daha yüksektir [119].

Nar, flavanoidler (antosiyantinler, kateşinler ve diğer kompleks flavanoidler), hidrolize olabilen tanenler (punikalın, pedunkulagin, punikalagin, glikozun gallik ve ellajik asit esterleri), polifenoller, yağ asitleri (konjüge ve konjüge-olmayan), aromatik bileşikler, aminoasitler, tokoferoller, steroller, terpenoidler, alkaloidler gibi antioksidan aktivitesinin %92'sini oluşturan fenolik bileşiklerce zengin bir kaynaktır [459].

Nar meyve içeriğindeki antosiyanidinlerin yaklaşık %30'u kabuk kısmında yoğunlaşmıştır. Meyve ağırlığının %50'sini oluşturan kabuk; yüksek molekül ağırlıklı fenolikler, elajitanenler, proantosiyanidinler, kompleks polisakkaritler, flavonoidler ve mikro elementler için iyi bir kaynak olup içeriği ile gtl antimutajenik, antioksidan ve antimikrobiyel özelliklere sahiptir [460].

Çalışmamızda nar kabuğu özütünden elde ettiğimiz çayda beklettiğimiz dentin örneklerinin referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki değerleri karşılaştırıldığında, nanosertlik değerlerinin değişmediğini görmekteyiz. İçerdiği tüm bu fenolik bileşiklere rağmen sertlikte herhangi bir değişiklik yaratmayıp, başlangıç değerleri ile deney materyalleri uygulandıktan sonraki değerleri kıyasladığımızda ise sertliğin %58 oranında azalmasının 3.95 değerinde olan düşük pH değerinden kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Yumuşayan yüzeylerdeki demineralizasyon ve remineralizasyon süreçlerini hassas bir ölüm ve yüksek znrlkl görüntüler ile ortaya koyabildiği belirlenmiş olan AFM incelemesi [274, 372], çalışmamızda deney materyalleri ile muamele sonucu dentin örneklerinin yüzey pürüzlülük değişimi ve maksimum derinlik ölümleri için kullanılmıştır. Negatif kontrol grubunu oluşturan suyun, pürüzlülük değerlerinin en düşük olması gerektiği düşünüldüğünde, yeşil ay, Colgate, karanfil ve nar gruplarının daha pürüzlü yüzeyler meydana getirdiği izlenmektedir. Aralarında anlamlı bir fark bulunmasa da, en düşük pürüzlülük değerleri gösteren üzüm grubunda daha homojen bir yapı izlenmiştir. Asidite zellikleri incelenen bitki aylarının pH değerlerinin birbirlerinden farklı olduğu llmştr. Buna istinaden, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmasa da çaylar arasında farklı pürüzlülük değişim değerleri ve maksimum derinlik değerlerinin llme nedeni olarak düşünülen, titrasyon değerleri de çalışmamızda llmştr.

Owens [461], içeceklerin pH ve titrasyon asitliğinin dental erozyon üzerine etkilerini incelediği bir çalışmada enerji içeceğinin (Red Bull) titrasyon asitliğinin yüksek olmasına bağlı olarak mine üzerinde şiddetli eroziv potansiyeli olduğu sonucuna varmıştır.

Çalışmamızda kullanılan bazı deney materyallerinin pH değerleri birbirine yakın olmasına karşın eroziv aşınma miktarları farklı çıkmıştır. Bu farklılık çözeltilerin titrasyon asitliği değerlerinin ve içeriklerinin farklı olmasına bağlanabilir. Larsen ve Nyvad'ın [339] 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 değer çok yüksek çıktığı görüldü. İçeceklerin asit titrasyon düzeyleri erozyon oluşturmada pH değerinden daha önemli rol oynamaktadır.

Yapay eroziv lezyonlu dentin örneklerinin her bir grup için ölçülen referans ve deney materyalleri uygulandıktan sonraki yüzey pürüzlülüğünün AFM ile ölçülmesi sonucunda ortalama (μm) pürüzlülük yeşil çay ve karanfil gruplarında artmış olsa da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bunun yanında yeşil çay ve karanfil gruplarının diğer gruplarla da arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamıştır. SEM görüntüleri incelendiğinde her iki grubun yüzeyinin de düzgün ve dentin tübüllerinin açık olduğu görülmektedir. Diğer tüm grupların ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_{rms}) referans değerlerle kıyaslandığında azalmasına rağmen, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur.

Kato ve ark. [297]'nin yaptıkları çalışmada, günde 4 defa kola ile yapılan 5 dakikalık eroziv ataklardan sonra 1 dakika boyunca %1,23' lük NaF ve plasebo jel ile uygulama sonrası kontakt profilometre ile dentin kaybı ölçülmüştür. NaF ile elde edilen kayıp 0,79 μm iken, plasebo jel ile 1,77 μm kayıp bildirilmiştir. Bu sonuçlardaki pürüzlülük değerlerinin elde edilmesi için kontakt profilometre kullanıldığından, bizim çalışmamızda AFM ile elde edilen pürüzlülük değerleri ile farklılık göstermektedir.

Yeşil çayın dentin erozyonuna karşın etkinliğini profilometre kullanarak ölçen bir in situ çalışmada [12], her ne kadar yeşil çayın meydana getirdiği dentin kaybı (0,59 μm) bizim çalışmamızın sayısal değerinden (0,9 μm) daha düşük olsa da, yeşil çay ile distile suyun meydana getirdiği dentin kayıpları arasında bizim çalışmamızla benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Çalışmamızda pürüzlü yüzeylerdeki en derin noktanın (R_{valley}) ölçüldüğü parametrede, ortalama değerler en düşük kuşburnu grubunda (0,64 μm) görülmüş iken, en yüksek karanfil grubunda (1,2 μm) bulunmuştur. Buna rağmen; gruplar arasında pürüzlü

yüzeyleyden ölçülen maksimum derinlik noktasına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur.

Çalışmamızda, AFM ve SEM ile elde edilen görüntülerde, diş yüzeyinde oluşmuş, organik ve inorganik içeriğe sahip olduğu düşünülen makromoleküler çökeltiler, Colgate, kuşburnu ve nar gruplarında görülürken, en yüksek pürüzlülük değerleri karanfil grubunda bulunmasına rağmen, bu grupta çökeltilere rastlanmamıştır. Yüzeydeki bu madde birikiminin pürüzlülük üzerinde etkisi olduğu düşünülebilir. Kato ve ark. [295]'nin klorheksidin, yeşil çay ve flor içerikli jeller kullanarak tasarladıkları çalışmalarında, SEM ile yapılan yüzey analizinde tübül ağzına biriken iyonların oluşturduğu çökeltiler klorheksidin ve yeşil çay gruplarında net olarak görülmüştür. Yeşil çayın eroziv demineralizasyon gösteren diş yüzeyinde birikim oluşturma ihtimali bizim çalışmamızca desteklenmemiştir. Dişteki kalsiyuma bağlanarak, diş yüzeyinde CaF₂ tabakası oluşturan flor içerikli gargaraların [462] aksine, çalışmamızda kullanılan yeşil çayın içeriğindeki flor konsantrasyonunun daha düşük olmasının çökelti oluşumu için yetersiz kaldığını düşünmekteyiz.

Bu tez çalışmasından elde ettiğimiz verilere göre, dentin nanosertlik ve yüzey pürüzlülük değerleri tam olarak örtüşmez iken; pürüzlülük ve dentin kaybı verileri de tam bir korelasyon göstermemektedir. İki parametre arasındaki uyumsuzluğu açıklayacak, benzer veya aksi sonuçları içeren ve bitkilerin dentin erozyonu üzerindeki etkilerini araştıran yeterli sayıda kaynak bulunmadığı gibi, dentinin pulpa dokusuna yaklaştıkça değişiklik gösteren heterojen yapısı nedeniyle parametreler arasındaki ilişkinin açıklanmasının zor olduğu kanısındayız. Eroziv demineralizasyona maruz bırakılan dentinin nanosertlik ve yüzey pürüzlülüğü parametreleri arasındaki ilişkinin net olarak belirlenebilmesi için örnek sayısı daha fazla olan *in vitro* araştırmaların yapılması gerektiğini düşünmekteyiz.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada MMP inhibitörü olarak belirlenen yeşil çay, nar kabuğu, üzüm çekirdeği, kuşburnu ve karanfil gruplarının yanı sıra Colgate ve distile su içerisinde bekletilen deneysel erozyon oluşturulmuş sığır dişi dentin örneklerinde erozyonu önleyici bir etki oluşup oluşmadığı test edilmiştir. *In vitro* olarak yaptığımız araştırmamızda, test edilen gruplardaki örneklerden elde edilen veriler ve standart sapmalar göz önüne alınarak yapılan grup içi ve gruplararası istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre;

1) Başlangıç nanoindentasyon ölçümlerinde grupların sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0.05$).

2) Deney süreci sonunda, her deney grubunda ortalama deney nanosertlik değerinin, ortalama referans nanosertlik değerinden daha yüksek olduğu saptandığı gibi; aynı gruptaki örneklere ait referans ve deney yüzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görüldü ($p <0,05$). Bu durum *in vitro* araştırmamızda kullandığımız deney materyallerinin olumlu etkilerini ortaya koymaktadır.

3) Karanfil ve yeşil çay gruplarının nanosertlik değerlerinin, çalışmamızda pozitif kontrol grubu olarak kullanılan Colgate grubu da dâhil olmak üzere tüm gruplardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızın bu sonuçlarında, yeşil çay içeriğindeki flor konsantrasyonunun ve ayrıca yüksek orandaki EGCG' nin MMP-2 ve -9' a karşı inhibe edici özelliğinin etkili olduğu, karanfilin ise, yapısındaki ojenol ve ortamdaki osteokalsin miktarını artırma etkisi ile kalsiyum granül oluşumunu indükleyerek sert doku oluşumuna yol açtığı düşünülmektedir.

4) Dentin örneklerinden AFM ile yapılan yüzey pürüzlülük değerleri (R rms) ve maksimum derinlik değeri (R valley) ölçümlerinde; hiçbir grubun referans ve deney pürüzlülük düzeyleri açısından grup içi ve gruplararası düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p >0,05$). Buna rağmen; deney süreci sonunda en yüksek pürüzlülük değerlerinin Colgate ve karanfil gruplarında, en düşük pürüzlülük değerinin ise üzüm grubunda olduğu tespit edilmiştir.

5) AFM ve SEM görüntüleri incelendiğinde, diş yüzeyinde oluşmuş, organik ve inorganik içeriğe sahip olduğu düşünülen makromoleküler çökeltiler, Colgate, kuşburnu ve nar gruplarında görülürken, en yüksek pürüzlülük değerlerine sahip karanfil grubunda bu çökeltilere rastlanmamıştır. Yüzeydeki bu madde birikiminin pürüzlülük üzerinde etkisi olduğu düşünülebilir.

6) SEM görüntülerinin nanosertlik ve yüzey pürüzlülük testi bulgularını destekler nitelikte olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

7) *In vitro* olarak tasarlanan çalışmamızda eroziv yüzeyler üzerinde birbirlerine yakın değerler göstermiş olan karanfil ve yeşil çaylarının, eroziv lezyonlara karşı koruyucu etkinliği kanıtlanmış diğer gargaraların yanısıra profilaktik açıdan avantaj oluşturabileceği gözönünde bulundurulmalıdır.

8) Bu *in vitro* çalışmanın sınırları içerisinde karanfil ve yeşil çay ile gargara yapılmasının eroziv etkiyi azaltıcı ya da ortadan kaldıracı bir fonksiyon görmesi ileriki çalışmalara ışık tutabileceği gibi, piyasadaki ürünlerin bu bitkilerle modifiye edilmesiyle non- eroziv ürünlerin üretilmesine de destek olabilir.

Bu tez çalışmasında, karanfil, yeşil çay, kuşburnu, nar kabuğu ve üzüm çekirdeği'nin dentin erozyonunu önlemedeki etkisi sıgır dişi dentininde *in vitro* olarak kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Başlangıç, referans değerler ve günde 3 kere 3 gün boyunca yapılan pH siklusu sonrası sertlik incelemeleri nanoindentasyon cihazı ile, pürüzlülük incelemeleri ise AFM cihazı ile yapılmış, dentin yüzeyinde oluşan değişiklikler ultramikroskopik düzeyde SEM ile incelenmiş ve üç boyutlu görüntüleri elde edilerek sonuçlar desteklenmiştir. Bu çalışmanın sonunda yeşil çay ve karanfilin erozyona karşı direnci artırdığı saptanmıştır. Ancak başarıyı etkileyen çok fazla sayıda etkenin bulunması nedeni ile dentin erozyonunu önlemede optimal başarıyı sağlayabilmek için çok sayıda *in vitro* ve klinik çalışmaya ihtiyaç vardır. Farklı bitki türlerinin dokuda farklı etkiler oluşturması ve erozyon sikluslarının çeşitlilik göstermesi nedeni ile daha kesin ve güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi için konu ile ilgili daha fazla sayıda *in vitro* ve *in vivo* çalışmalara ihtiyaç vardır.

7. KAYNAKLAR

1. Mirkarimi, M. and L. Toomarian, *Effect of green tea extract on the treatment of dentin erosion: an in vitro study*. J Dent (Tehran), 2012. **9**(4): p. 224-8.
2. Scaffa, P.M., et al., *Chlorhexidine inhibits the activity of dental cysteine cathepsins*. J Dent Res, 2012. **91**(4): p. 420-5.
3. Toledano, M., et al., *Zinc-inhibited MMP-mediated collagen degradation after different dentine demineralization procedures*. Caries Res, 2012. **46**(3): p. 201-7.
4. Kato, M.T., et al., *Sodium fluoride inhibits MMP-2 and MMP-9*. J Dent Res, 2014. **93**(1): p. 74-7.
5. Cruz, N.V., et al., *In vitro effect of low-fluoride toothpastes containing sodium trimetaphosphate on enamel erosion*. Arch Oral Biol, 2015. **60**(9): p. 1231-6.
6. Lussi, A., *Erosive tooth wear - a multifactorial condition of growing concern and increasing knowledge*. Monogr Oral Sci, 2006. **20**: p. 1-8.
7. Johansson, A.K., et al., *Dental erosion in deciduous teeth--an in vivo and in vitro study*. J Dent, 2001. **29**(5): p. 333-40.
8. Lussi, A., et al., *Dental erosion--an overview with emphasis on chemical and histopathological aspects*. Caries Res, 2011. **45 Suppl 1**: p. 2-12.
9. Lussi, A. and T. Jaeggi, *Erosion--diagnosis and risk factors*. Clin Oral Investig, 2008. **12 Suppl 1**: p. S5-13.
10. Lussi, A., *Dental erosion--novel remineralizing agents in prevention or repair*. Adv Dent Res, 2009. **21**(1): p. 13-6.
11. de-Melo, M.A., et al., *The effect of diode laser irradiation on dentin as a preventive measure against dental erosion: an in vitro study*. Lasers Med Sci, 2011. **26**(5): p. 615-21.
12. Kato, M.T., et al., *Protective effect of green tea on dentin erosion and abrasion*. J Appl Oral Sci, 2009. **17**(6): p. 560-4.
13. Tjaderhane, L., et al., *The activation and function of host matrix metalloproteinases in dentin matrix breakdown in caries lesions*. J Dent Res, 1998. **77**(8): p. 1622-9.

14. Moore, J.P., et al., *Towards a systems-based understanding of plant desiccation tolerance*. Trends Plant Sci, 2009. **14**(2): p. 110-7.
15. Jones, F.H., *Teeth and bones: applications of surface science to dental materials and related biomaterials*. Surf Sci Rep., 2001. **42**: p. 75-205.
16. Xu, Z., *Understanding Dentine Demineralization And Development Of Strategies For Biomimetic Remineralization Of Demineralized Dentine*, in *Department Of Restorative Dentistry Faculty Of Dentistry*. 2011, National University Of Singapore.
17. Theodore R, H.O., Edward JS., ed. *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. 5th ed. 2006, Mosby, St. Louis. 17-63.
18. A., N., ed. *Ten Cate's Oral Histology: Development, Structure and Function*. 2008, Elsevier Health Sciences: Missouri. 2-3.
19. Piesco NP, S.J., ed. *Histology of Enamel*. 3rd ed. Oral Development and Histology. 2002: Thieme, New York,. 153-171.
20. Ten Cate, J., Featherstone, JDB., ed. *Fluoride in Dentistry*. 2nd ed., ed. E.J. Fejerskov O, Burt BA. 1996: Munksgaard, Copenhagen. 252-269.
21. Fejerskov, O., Kidd, EAM., Nyvad, B., Baelum, V., ed. *Dental caries: the disease and its clinical management*. 2008, Blackwell: Munksgaard, Copenhagen. 3-7.
22. Scott, J.H., Symons, N.B.B., ed. *Introduction to dental anatomy*. 7. ed. 1974, Churchill Livingstone Yayınları.
23. Zavala-Alonso, V., et al., *Nanostructure evaluation of healthy and fluorotic dentin by atomic force microscopy before and after phosphoric acid etching*. Dent Mater J, 2011. **30**(4): p. 546-53.
24. Nakabayashi, N., D. Pashley, ed. *Hybridization of dental hard tissues*. 1998, Quintessence Publishing Co Ltd,: Tokyo. 21-35.
25. Marshall, G.W., Jr., et al., *The dentin substrate: structure and properties related to bonding*. J Dent, 1997. **25**(6): p. 441-58.
26. Kinney, J.H., G.W. Marshall, Jr., and S.J. Marshall, *Three-dimensional mapping of mineral densities in carious dentin: theory and method*. Scanning Microsc, 1994. **8**(2): p. 197-204; discussion 204-5.
27. Swift, E.J., Jr., J. Perdigao, and H.O. Heymann, *Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art*, 1995. Quintessence Int, 1995. **26**(2): p. 95-110.

28. Tjaderhane, L., *Dentin basic structure composition- an overview*. Endodontic Topics, 2009. **20**(1): p. 3-29.
29. Pashley, D.H., *Consideration of dentine permeability in cytotoxicity testing*. Int Endod J, 1988. **21**(2): p. 143-54.
30. Avery, J.K., ed. *Dentin*. Essentials of Oral Histology and Embryology. 1992, Mosby Inc: St. Louis. 93-104.
31. Sattabanasuk, V., Y. Shimada, and J. Tagami, *The bond of resin to different dentin surface characteristics*. Oper Dent, 2004. **29**(3): p. 333-41.
32. Linde, A., M, Goldberg., *Dentinogenesis*. Crit Rev Oral Biol Med, 1993. **4**(5): p. 679-728.
33. Marshall, G.W., Jr., *Dentin: microstructure and characterization*. Quintessence Int, 1993. **24**(9): p. 606-17.
34. Arola, D.D. and R.K. Reppel, *Tubule orientation and the fatigue strength of human dentin*. Biomaterials, 2006. **27**(9): p. 2131-40.
35. Sundaram, G., D. Bartlett, and T. Watson, *Bonding to and protecting worn palatal surfaces of teeth with dentine bonding agents*. J Oral Rehabil, 2004. **31**(5): p. 505-9.
36. Jones, S.J., Boyde, A., ed. *Ultrastructure of dentin and dentinogenesis*. 1st ed. Dentin and dentinogenesis. 1984. 81-134.
37. Bonar, L.C., S. Lees, and H.A. Mook, *Neutron diffraction studies of collagen in fully mineralized bone*. J Mol Biol, 1985. **181**(2): p. 265-70.
38. Pidaparti, R.M., et al., *Bone mineral lies mainly outside collagen fibrils: predictions of a composite model for osteonal bone*. J Biomech, 1996. **29**(7): p. 909-16.
39. Kinney, J.H., et al., *Collagen orientation and crystallite size in human dentin: a small angle X-ray scattering study*. Calcif Tissue Int, 2001. **69**(1): p. 31-7.
40. Zheng, X., et al., *AFM study of the effects of collagenase and its inhibitors on dentine collagen fibrils*. J Dent, 2012. **40**(2): p. 163-71.
41. DAVIS, W., ed. *Oral Histology: Cell Structure And Function*. Odontogenesis: the development of the tooth and its associated structures. 1986, WD Saunders: Philadelphia. 1-47.
42. Christoffersen, J. and W.J. Landis, *A contribution with review to the description of mineralization of bone and other calcified tissues in vivo*. Anat Rec, 1991. **230**(4): p. 435-50.

43. Meurman, J.H. and J.M. ten Cate, *Pathogenesis and modifying factors of dental erosion*. Eur J Oral Sci, 1996. **104**(2 (Pt 2)): p. 199-206.
44. Barbour, M.E. and G.D. Rees, *The role of erosion, abrasion and attrition in tooth wear*. J Clin Dent, 2006. **17**(4): p. 88-93.
45. Bartlett, D., K. Phillips, and B. Smith, *A difference in perspective--the North American and European interpretations of tooth wear*. Int J Prosthodont, 1999. **12**(5): p. 401-8.
46. Lussi, A., T. Jaeggi, and D. Zero, *The role of diet in the aetiology of dental erosion*. Caries Res, 2004. **38 Suppl 1**: p. 34-44.
47. Miller, W., *Experiments and observations on the wasting of tooth issue erroneously designated as erosion, abrasion, denudation, etc.* . Dent Cosmos, 1907. **49**: p. 109-124.
48. Welbury, R.R., Duggal, S.M., Hosal, M.T. , ed. *Paediatric Dentistry*. Chapter 10. 2008, Oxford University Press: Oxford. 219-224.
49. Imfeld, T., *Dental erosion. Definition, classification and links*. Eur J Oral Sci, 1996. **104**(2 (Pt 2)): p. 151-5.
50. Litonjua, L.A., et al., *Tooth wear: attrition, erosion, and abrasion*. Quintessence Int, 2003. **34**(6): p. 435-46.
51. Young, W.G. and F. Khan, *Sites of dental erosion are saliva-dependent*. J Oral Rehabil, 2002. **29**(1): p. 35-43.
52. Grippo, J.O., M. Simring, and S. Schreiner, *Attrition, abrasion, corrosion and abfraction revisited: a new perspective on tooth surface lesions*. J Am Dent Assoc, 2004. **135**(8): p. 1109-18; quiz 1163-5.
53. Staninec, M., et al., *Dentin erosion simulation by cantilever beam fatigue and pH change*. J Dent Res, 2005. **84**(4): p. 371-5.
54. Mishra, P., et al., *Effect of loading and pH on the subsurface demineralization of dentin beams*. Calcif Tissue Int, 2006. **79**(4): p. 273-7.
55. Schlueter, N., et al., *Influence of the digestive enzymes trypsin and pepsin in vitro on the progression of erosion in dentine*. Arch Oral Biol, 2010. **55**(4): p. 294-9.
56. Grippo, J.O. and D.S. Oh, *A classification of the mechanisms producing pathological tissue changes*. J Med Eng Technol, 2013. **37**(4): p. 259-63.
57. Lazarchik, D.A. and S.J. Filler, *Effects of gastroesophageal reflux on the oral cavity*. Am J Med, 1997. **103**(5A): p. 107S-113S.

58. Bishop, K., et al., *Wear now? An update on the etiology of tooth wear*. Quintessence Int, 1997. **28**(5): p. 305-13.
59. Watson, I.B. and E.N. Tulloch, *Clinical assessment of cases of tooth surface loss*. Br Dent J, 1985. **159**(5): p. 144-8.
60. Saxton, C.A. and C.R. Cowell, *Clinical investigation of the effects of dentifrices on dentin wear at the cemento-enamel junction*. J Am Dent Assoc, 1981. **102**(1): p. 38-43.
61. Sangnes, G., *Traumatization of teeth and gingiva related to habitual tooth cleaning procedures*. J Clin Periodontol, 1976. **3**(2): p. 94-103.
62. Çelik, Ç., *Diş aşınmaları*. Hacettepe Dişhek Fak Derg, 2007. **31**: p. 22-30.
63. O'Sullivan, E., A. Milosevic, and D. British Society of Paediatric, *UK National Clinical Guidelines in Paediatric Dentistry: diagnosis, prevention and management of dental erosion*. Int J Paediatr Dent, 2008. **18 Suppl 1**: p. 29-38.
64. Grippo, J.O., *Abfraction: A new classification of hard tissue lesion of the teeth*. J Esthet Dent, 1991. **3**: p. 14-19.
65. Mair, L.H., ed. *Wear in the mouth: the tribological dimension*. Tooth Wear and Sensitivity, ed. E.G. Addy M, Edgar WM, Orchardson R. 2000, Martin Dunitz: London. 181-188.
66. Lee, W.C. and W.S. Eakle, *Stress-induced cervical lesions: review of advances in the past 10 years*. J Prosthet Dent, 1996. **75**(5): p. 487-94.
67. Milosevic, A., *Toothwear: aetiology and presentation*. Dent Update, 1998. **25**(1): p. 6-11.
68. Larsen, M.J., *Chemical events during tooth dissolution*. J Dent Res, 1990. **69 Spec No**: p. 575-80; discussion 634-6.
69. Arnadottir, I.B., et al., *Prevalence of dental erosion in children: a national survey*. Community Dent Oral Epidemiol, 2010. **38**(6): p. 521-6.
70. Jaeggi, T. and A. Lussi, *Prevalence, incidence and distribution of erosion*. Monogr Oral Sci, 2014. **25**: p. 55-73.
71. Wang, P., et al., *The prevalence of dental erosion and associated risk factors in 12-13-year-old school children in Southern China*. BMC Public Health, 2010. **10**: p. 478.
72. Ehlen, L.A., et al., *Acidic beverages increase the risk of in vitro tooth erosion*. Nutr Res, 2008. **28**(5): p. 299-303.

73. Chadwick, B.L., et al., *Non-carious tooth conditions in children in the UK, 2003*. Br Dent J, 2006. **200**(7): p. 379-84.
74. Dugmore, C.R. and W.P. Rock, *The prevalence of tooth erosion in 12-year-old children*. Br Dent J, 2004. **196**(5): p. 279-82; discussion 273.
75. Gandara, B.K., Truelove, E.L., *Diagnosis and Management of Dental Erosion*. J Contemp Dent Pract., 1999. **15**(1): p. 16-23.
76. Harding, M.A., et al., *Dental erosion in 5-year-old Irish school children and associated factors: a pilot study*. Community Dent Health, 2003. **20**(3): p. 165-70.
77. Milosevic, A., P.F. Bardsley, and S. Taylor, *Epidemiological studies of tooth wear and dental erosion in 14-year old children in North West England. Part 2: The association of diet and habits*. Br Dent J, 2004. **197**(8): p. 479-83; discussion 473; quiz 505.
78. Nunn, J.H., *Prevalence of dental erosion and the implications for oral health*. Eur J Oral Sci, 1996. **104**(2 (Pt 2)): p. 156-61.
79. Jaeggi, T. and A. Lussi, *Prevalence, incidence and distribution of erosion*. Monogr Oral Sci, 2006. **20**: p. 44-65.
80. Al-Dlaigan, Y.H., L. Shaw, and A. Smith, *Dental erosion in a group of British 14-year-old school children. Part II: Influence of dietary intake*. Br Dent J, 2001. **190**(5): p. 258-61.
81. Magalhaes, A.C., et al., *Effect of an experimental 4% titanium tetrafluoride varnish on dental erosion by a soft drink*. J Dent, 2007. **35**(11): p. 858-61.
82. Vieira, A., et al., *Inhibition of erosive wear by fluoride varnish*. Caries Res, 2007. **41**(1): p. 61-7.
83. Zhou, S.L., et al., *In vitro study of the effects of fluoride-releasing dental materials on remineralization in an enamel erosion model*. J Dent, 2012. **40**(3): p. 255-63.
84. Messias, D.C., et al., *Effect of dentifrices against hydrochloric acid-induced erosion*. Oral Health Prev Dent, 2011. **9**(3): p. 269-73.
85. Austin, R.S., et al., *A qualitative and quantitative investigation into the effect of fluoride formulations on enamel erosion and erosion-abrasion in vitro*. J Dent, 2011. **39**(10): p. 648-55.
86. Magalhaes, A.C., et al., *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**(8): p. 537-44.

87. Steiner-Oliveira, C., et al., *Effect of a pulsed CO2 laser and fluoride on the prevention of enamel and dentine erosion*. Arch Oral Biol, 2010. **55**(2): p. 127-33.
88. De Carvalho Filho, A.C., et al., *Energy dispersive X-ray spectrometry study of the protective effects of fluoride varnish and gel on enamel erosion*. Microsc Res Tech, 2011. **74**(9): p. 839-44.
89. Jarvinen, V.K., Rytomaa, II, and O.P. Heinonen, *Risk factors in dental erosion*. J Dent Res, 1991. **70**(6): p. 942-7.
90. Zero, D.T., *Etiology of dental erosion--extrinsic factors*. Eur J Oral Sci, 1996. **104**(2 (Pt 2)): p. 162-77.
91. Scheutzel, P., *Etiology of dental erosion--intrinsic factors*. Eur J Oral Sci, 1996. **104**(2 (Pt 2)): p. 178-90.
92. Lussi, A., *Dental erosion from diagnosis to therapy*. Monographs in oral Sci, 1996.
93. Scheutzel, P., *Etiology of dental erosion-intrinsic factors*. Eur J Oral Sci, 1996. **104**: p. 178-190.
94. Bartlett, D., *Intrinsic causes of erosion*. Monogr Oral Sci, 2006. **20**: p. 119-39.
95. Jarvinen, V., Rytomaa, I., Meurman, JH. , *Localisation of dental erosion in a referred population*. Caries Res, 1992. **26**: p. 391-396.
96. Barron, R.P., et al., *Dental erosion in gastroesophageal reflux disease*. J Can Dent Assoc, 2003. **69**(2): p. 84-9.
97. Güngör, S., Köprülü, H., *Gastroözefagial reflü hastalığı ile dental erozyonun ilişkisi*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Dis Hek Fak Derg, 2004. **5**(1): p. 14-19.
98. Linnett, V., et al., *Oral health of children with gastro-esophageal reflux disease: a controlled study*. Aust Dent J, 2002. **47**(2): p. 156-62.
99. Vakil, N., et al., *The Montreal definition and classification of gastroesophageal reflux disease: a global evidence-based consensus*. Am J Gastroenterol, 2006. **101**(8): p. 1900-20; quiz 1943.
100. Vandenplas, Y. and E. Hassall, *Mechanisms of gastroesophageal reflux and gastroesophageal reflux disease*. J Pediatr Gastroenterol Nutr, 2002. **35**(2): p. 119-36.
101. Şener, S., Ünlü, N., Akgünlü, F., *Dişlerdeki aşınmalar; terminoloji ve ayırıcı tanı*. SÜ Dişhek Fak Der., 2008. **17**: p. 230-33.
102. Moss, S.J., *Dental erosion*. Int Dent J, 1998. **48**(6): p. 529-39.

103. Gudmundsson, K., et al., *Tooth erosion, gastroesophageal reflux, and salivary buffer capacity*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 1995. **79**(2): p. 185-9.
104. Cengiz, S., M.I. Cengiz, and Y.S. Sarac, *Dental erosion caused by gastroesophageal reflux disease: a case report*. Cases J, 2009. **2**: p. 8018.
105. Holbrook, W.P. and C. Ganss, *Is diagnosing exposed dentine a suitable tool for grading erosive loss?* Clin Oral Investig, 2008. **12 Suppl 1**: p. S33-9.
106. ASSOCIATION., A.P., ed. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-III-R)*. 3rd ed. 1987: Washington.
107. Klein, D.A. and B.T. Walsh, *Eating disorders: clinical features and pathophysiology*. Physiol Behav, 2004. **81**(2): p. 359-74.
108. McLoughlin, I.J. and F. Hassanyeh, *Pica in a patient with anorexia nervosa*. Br J Psychiatry, 1990. **156**: p. 568-70.
109. Hellstrom, I., *Oral complications in anorexia nervosa*. Scand J Dent Res, 1977. **85**(1): p. 71-86.
110. Hurst, P.S., L.H. Lacey, and A.H. Crisp, *Teeth, vomiting and diet: a study of the dental characteristics of seventeen anorexia nervosa patients*. Postgrad Med J, 1977. **53**(620): p. 298-305.
111. Christen, A.G., *Dentistry and the alcoholic patient*. Dent Clin North Am, 1983. **27**(2): p. 341-61.
112. Robb, N.D. and B.G. Smith, *Prevalence of pathological tooth wear in patients with chronic alcoholism*. Br Dent J, 1990. **169**(11): p. 367-9.
113. Johansson, A.K., et al., *Dental erosion and its growing importance in clinical practice: from past to present*. Int J Dent, 2012. **2012**: p. 632907.
114. Parry-Jones, B., *Mercyism or rumination disorder. A historical investigation and current assessment*. Br J Psychiatry, 1994. **165**(3): p. 303-14.
115. Shaw, L. and A.J. Smith, *Dental erosion--the problem and some practical solutions*. Br Dent J, 1999. **186**(3): p. 115-8.
116. Grando, L.J., et al., *In vitro study of enamel erosion caused by soft drinks and lemon juice in deciduous teeth analysed by stereomicroscopy and scanning electron microscopy*. Caries Res, 1996. **30**(5): p. 373-8.
117. Lussi, A. and T. Jaeggi, *Occupation and sports*. Monogr Oral Sci, 2006. **20**: p. 106-11.
118. Lussi, A. and T. Jaeggi, *Chemical factors*. Monogr Oral Sci, 2006. **20**: p. 77-87.

119. Touyz, L.Z. and M. Silove, *Increased acidity in frozen fruit juices and dental implications*. ASDC J Dent Child, 1993. **60**(3): p. 223-5.
120. Auad, S. and P. Moynihan, *Diet and dental erosion*. Quintessence Int, 2007. **38**(2): p. 130-3.
121. West, N.X., J.A. Hughes, and M. Addy, *Erosion of dentine and enamel in vitro by dietary acids: the effect of temperature, acid character, concentration and exposure time*. J Oral Rehabil, 2000. **27**(10): p. 875-80.
122. Grobler, S.R., P.J. Senekal, and J.A. Laubscher, *In vitro demineralization of enamel by orange juice, apple juice, Pepsi Cola and Diet Pepsi Cola*. Clin Prev Dent, 1990. **12**(5): p. 5-9.
123. Rytomaa, I., et al., *In vitro erosion of bovine enamel caused by acidic drinks and other foodstuffs*. Scand J Dent Res, 1988. **96**(4): p. 324-33.
124. Lussi, A., et al., *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**(2): p. 110-4.
125. Ireland, A.J., N. McGuinness, and M. Sherriff, *An investigation into the ability of soft drinks to adhere to enamel*. Caries Res, 1995. **29**(6): p. 470-6.
126. Edwards, M., et al., *Buffering capacities of soft drinks: the potential influence on dental erosion*. J Oral Rehabil, 1999. **26**(12): p. 923-7.
127. Grobler, S.R., G.N. Jenkins, and D. Kotze, *The effects of the composition and method of drinking of soft drinks on plaque pH*. Br Dent J, 1985. **158**(8): p. 293-6.
128. Birkhed, D., *Sugar content, acidity and effect on plaque pH of fruit juices, fruit drinks, carbonated beverages and sport drinks*. Caries Res, 1984. **18**(2): p. 120-7.
129. Touyz, L.Z., *The acidity (pH) and buffering capacity of Canadian fruit juice and dental implications*. J Can Dent Assoc, 1994. **60**(5): p. 454-8.
130. Brunton, P.A. and A. Hussain, *The erosive effect of herbal tea on dental enamel*. J Dent, 2001. **29**(8): p. 517-20.
131. Hannig, C., et al., *Erosive effects of different acids on bovine enamel: release of calcium and phosphate in vitro*. Arch Oral Biol, 2005. **50**(6): p. 541-52.
132. Johansson, A.K., P. Lingstrom, and D. Birkhed, *Comparison of factors potentially related to the occurrence of dental erosion in high- and low-erosion groups*. Eur J Oral Sci, 2002. **110**(3): p. 204-11.
133. Zero, D.T. and A. Lussi, *Behavioral factors*. Monogr Oral Sci, 2006. **20**: p. 100-5.

134. Linkosalo, E. and H. Markkanen, *Dental erosions in relation to lactovegetarian diet*. Scand J Dent Res, 1985. **93**(5): p. 436-41.
135. Duxbury, A.J., *Ecstasy-dental implications*. British Dental Journal, 1993. **175**(38).
136. Hara, A.T., A. Lussi, and D.T. Zero, *Biological factors*. Monogr Oral Sci, 2006. **20**: p. 88-99.
137. Engelen, L., et al., *The relation between saliva flow after different stimulations and the perception of flavor and texture attributes in custard desserts*. Physiol Behav, 2003. **78**(1): p. 165-9.
138. Rios, D., et al., *Effect of salivary stimulation on erosion of human and bovine enamel subjected or not to subsequent abrasion: an in situ/ex vivo study*. Caries Res, 2006. **40**(3): p. 218-23.
139. Dawes, C. and L.M. MacPherson, *The distribution of saliva and sucrose around the mouth during the use of chewing gum and the implications for the site-specificity of caries and calculus deposition*. J Dent Res, 1993. **72**(5): p. 852-7.
140. Lee, V.M. and R.W. Linden, *An olfactory-submandibular salivary reflex in humans*. Exp Physiol, 1992. **77**(1): p. 221-4.
141. Larsen, M.J. and E.I. Pearce, *Saturation of human saliva with respect to calcium salts*. Arch Oral Biol, 2003. **48**(4): p. 317-22.
142. Dodds, M.W., D.A. Johnson, and C.K. Yeh, *Health benefits of saliva: a review*. J Dent, 2005. **33**(3): p. 223-33.
143. Dawes, C. and K. Kubieniec, *The effects of prolonged gum chewing on salivary flow rate and composition*. Arch Oral Biol, 2004. **49**(8): p. 665-9.
144. Schupbach, P., et al., *Electron-microscopic demonstration of proline-rich proteins, statherin, and histatins in acquired enamel pellicles in vitro*. Eur J Oral Sci, 2001. **109**(1): p. 60-8.
145. Lussi, A. and T. Jaeggi, *Dental erosion in children*. Monogr Oral Sci, 2006. **20**: p. 140-51.
146. Macpherson, L.M. and C. Dawes, *Urea concentration in minor mucous gland secretions and the effect of salivary film velocity on urea metabolism by Streptococcus vestibularis in an artificial plaque*. J Periodontal Res, 1991. **26**(5): p. 395-401.
147. Grippo, J.O. and M. Simring, *Dental 'erosion' revisited*. J Am Dent Assoc, 1995. **126**(5): p. 619-20, 623-4, 627-30.

148. Hannig, C., M. Hannig, and T. Attin, *Enzymes in the acquired enamel pellicle*. Eur J Oral Sci, 2005. **113**(1): p. 2-13.
149. Skjorland, K.K., M. Rykke, and T. Sonju, *Rate of pellicle formation in vivo*. Acta Odontol Scand, 1995. **53**(6): p. 358-62.
150. Hannig, M., *Ultrastructural investigation of pellicle morphogenesis at two different intraoral sites during a 24-h period*. Clin Oral Investig, 1999. **3**(2): p. 88-95.
151. Zahradnik, R.T., D. Propas, and E.C. Moreno, *In vitro enamel demineralization by Streptococcus mutans in the presence of salivary pellicles*. J Dent Res, 1977. **56**(9): p. 1107-10.
152. Zahradnik, R.T., D. Propas, and E.C. Moreno, *Effect of fluoride topical solutions on enamel demineralization by lactate buffers and Streptococcus mutans in vitro*. J Dent Res, 1978. **57**(9-10): p. 940-6.
153. Lendenmann, U., J. Grogan, and F.G. Oppenheim, *Saliva and dental pellicle--a review*. Adv Dent Res, 2000. **14**: p. 22-8.
154. Nieuw Amerongen, A.V., C.H. Oderkerk, and A.A. Driessen, *Role of mucins from human whole saliva in the protection of tooth enamel against demineralization in vitro*. Caries Res, 1987. **21**(4): p. 297-309.
155. Amaechi, B.T., et al., *Thickness of acquired salivary pellicle as a determinant of the sites of dental erosion*. J Dent Res, 1999. **78**(12): p. 1821-8.
156. Hannig, M. and M. Balz, *Influence of in vivo formed salivary pellicle on enamel erosion*. Caries Res, 1999. **33**(5): p. 372-9.
157. Yao, Y., et al., *Compositional analysis of human acquired enamel pellicle by mass spectrometry*. Arch Oral Biol, 2001. **46**(4): p. 293-303.
158. Mellberg, J.R., *Hard-tissue substrates for evaluation of cariogenic and anti-cariogenic activity in situ*. J Dent Res, 1992. **71 Spec No**: p. 913-9.
159. Hunter, M.L., et al., *Erosion of deciduous and permanent dental hard tissue in the oral environment*. J Dent, 2000. **28**(4): p. 257-63.
160. Harley, K., *Tooth wear in the child and the youth*. Br Dent J, 1999. **186**(10): p. 492-6.
161. Bonte, E., et al., *Quantification of free water in human dental enamel*. J Dent Res, 1988. **67**(5): p. 880-2.

162. Linden, L.A., S. Bjorkman, and F. Hattab, *The diffusion in vitro of fluoride and chlorhexidine in the enamel of human deciduous and permanent teeth*. Arch Oral Biol, 1986. **31**(1): p. 33-7.
163. Odabaş, M., Tunçbilek, P., Bodur, H., *Diş hekimliğinde erozyon*. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2012. **29**(3): p. 193-200.
164. Valinoti, A.C., et al., *In vitro alterations in dental enamel exposed to acidic medicines*. Int J Paediatr Dent, 2011. **21**(2): p. 141-50.
165. Woltgens, J.H., et al., *Enamel erosion and saliva*. Clin Prev Dent, 1985. **7**(3): p. 8-10.
166. Gregg, T., et al., *A study in vitro of the abrasive effect of the tongue on enamel and dentine softened by acid erosion*. Caries Res, 2004. **38**(6): p. 557-60.
167. Davis, W.B. and P.J. Winter, *The effect of abrasion on enamel and dentine and exposure to dietary acid*. Br Dent J, 1980. **148**(11-12): p. 253-6.
168. Kelly, M.P. and B.G. Smith, *The effect of remineralizing solutions on tooth wear in vitro*. J Dent, 1988. **16**(3): p. 147-9.
169. Levitch, L.C., et al., *Non-cariou cervical lesions*. J Dent, 1994. **22**(4): p. 195-207.
170. Addy, M. and M.L. Hunter, *Can tooth brushing damage your health? Effects on oral and dental tissues*. Int Dent J, 2003. **53 Suppl 3**: p. 177-86.
171. Lussi, A., et al., *Dental erosion in a population of Swiss adults*. Community Dent Oral Epidemiol, 1991. **19**(5): p. 286-90.
172. Lussi, A. and E. Hellwig, *Erosive potential of oral care products*. Caries Res, 2001. **35 Suppl 1**: p. 52-6.
173. Hellwig, E. and A. Lussi, *Oral hygiene products and acidic medicines*. Monogr Oral Sci, 2006. **20**: p. 112-8.
174. Nunn, J.H., et al., *The dental implications of chronic use of acidic medicines in medically compromised children*. Pharm World Sci, 2001. **23**(3): p. 118-9.
175. Sullivan, R.E. and W.S. Kramer, *Iatrogenic erosion of teeth*. ASDC J Dent Child, 1983. **50**(3): p. 192-6.
176. Gray, A., M.M. Ferguson, and J.G. Wall, *Wine tasting and dental erosion. Case report*. Aust Dent J, 1998. **43**(1): p. 32-4.
177. Shellis, R.P., J.D. Featherstone, and A. Lussi, *Understanding the chemistry of dental erosion*. Monogr Oral Sci, 2014. **25**: p. 163-79.

178. Featherstone, J.D., *The science and practice of caries prevention*. J Am Dent Assoc, 2000. **131**(7): p. 887-99.
179. Featherstone, J.D.B., ed. *Diffusion phenomena and enamel caries development*. Cariology Today, ed. B. Guggenheim. 1984, Karger: Basel. 259-268.
180. Magalhaes, A.C., et al., *Insights into preventive measures for dental erosion*. J Appl Oral Sci, 2009. **17**(2): p. 75-86.
181. Hara, A.T., et al., *Influence of the organic matrix on root dentine erosion by citric acid*. Caries Res, 2005. **39**(2): p. 134-8.
182. Ganss, C., A. Lussi, and J. Klimek, *Comparison of calcium/phosphorus analysis, longitudinal microradiography and profilometry for the quantitative assessment of erosive demineralisation*. Caries Res, 2005. **39**(3): p. 178-84.
183. Elton, V., et al., *Validation of enamel erosion in vitro*. J Dent, 2009. **37**(5): p. 336-41.
184. Parkinson, C.R., A. Shahzad, and G.D. Rees, *Initial stages of enamel erosion: An in situ atomic force microscopy study*. J Struct Biol, 2010. **171**(3): p. 298-302.
185. Wiegand, A., et al., *Impact of fluoride, milk and water rinsing on surface rehardening of acid softened enamel. An in situ study*. Am J Dent, 2008. **21**(2): p. 113-8.
186. Maggio, B., et al., *Evaluation of mouthrinse and dentifrice regimens in an in situ erosion remineralisation model*. J Dent, 2010. **38 Suppl 3**: p. S37-44.
187. Anusavice, K.J., ed. *Phillip's Science of Dental Materials*. 11th ed. 2003, W.B. Saunders: St. Louis. 73-102.
188. Kuter, B., *Isı uygulamasının konvansiyonel cam iyonomer simanların mekanik özellikleri üzerine etkisi*. 2006, Ege Üniversitesi: İzmir.
189. Featherstone, J.D., et al., *Comparison of artificial caries-like lesions by quantitative microradiography and microhardness profiles*. Caries Res, 1983. **17**(5): p. 385-91.
190. Barbour, M.E. and J.S. Rees, *The laboratory assessment of enamel erosion: a review*. J Dent, 2004. **32**(8): p. 591-602.
191. Poskus, L.T., E. Placido, and P.E. Cardoso, *Influence of placement techniques on Vickers and Knoop hardness of class II composite resin restorations*. Dent Mater, 2004. **20**(8): p. 726-32.
192. McCABE, J.F., ed. *Applied Dental Materials*. 7th ed. 1990, Blackwell Scientific Publications: London. 104-105.

193. Pober, R., *Reporting microhardness data in scientific publications*. J Dent Res, 1998. **77**(10): p. 1766.
194. Wassell, R.W., J.F. McCabe, and A.W. Walls, *Subsurface deformation associated with hardness measurements of composites*. Dent Mater, 1992. **8**(4): p. 218-23.
195. Yanikoglu, N., Z.Y. Duymus, and B. Yilmaz, *Effects of different solutions on the surface hardness of composite resin materials*. Dent Mater J, 2009. **28**(3): p. 344-51.
196. O'brien, W.J., ed. *Dental Materials and their Selection*. 2nd ed. 1997, Quintessence Publishing: Chicago, USA. 79.
197. Türkün, L.Ş., Gökay, N., *Poliasit modifiye kompozit rezin materyallerin aşınma ve sertlik özelliklerinin hibrit bir kompozitle karşılaştırılması*. E. Ü. Diş Hek. Fak. Derg, 2002. **23**: p. 137-143.
198. Dietschi, D., N. Marret, and I. Krejci, *Comparative efficiency of plasma and halogen light sources on composite micro-hardness in different curing conditions*. Dent Mater, 2003. **19**(6): p. 493-500.
199. Ersu, B., Hannak, W.B., Freesmeyer, W.B. , *Tam ve bölümlü protezlerde kullanılan akrilik rezin dişlerin sertliklerinin karşılaştırılması*. H. Ü. Diş Hek. Fak. Derg, 2007. **31**(4): p. 58-64.
200. Pharr, B.A., *Understanding nanoindentation unloading curves*. Journal of Materials Research 2002. **17**(10): p. 2665-2666.
201. Oliver, W.C., *An improved technique for determining hardness and elastic-modulus using load and displacement sensing indentation experiments*. Journal of Materials Research **7**: p. 1564-1583.
202. A., F., *Handbook of Nanoindentation and Indenter selection guidelines*. 2011, Sydney, Australia: Fischer-Cripps Laboratories Pty. Limited.
203. Delin Y, H.N., Yikang G, Xing C. , *Elastic modulus of human cementum*. Applied Mathematics and Mechanics, 1999. **20**(10): p. 1134-1141.
204. Oliver W.C, P.G.M., *Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements to methodology*. Journal of Material Research, 2004. **19**(1).
205. S., P., *Determination of the mechanical properties glass-ionomer cements*. 1998, Chulalongkorn University, Thailand.

206. Silva, R.C., et al., *In vitro microhardness of glass ionomer cements*. J Mater Sci Mater Med, 2007. **18**(1): p. 139-42.
207. Van Meerbeek, B., et al., *Assessment by nano-indentation of the hardness and elasticity of the resin-dentin bonding area*. J Dent Res, 1993. **72**(10): p. 1434-42.
208. Angker, L., et al., *Correlating the mechanical properties to the mineral content of carious dentine--a comparative study using an ultra-micro indentation system (UMIS) and SEM-BSE signals*. Arch Oral Biol, 2004. **49**(5): p. 369-78.
209. Kinney, J.H., S.J. Marshall, and G.W. Marshall, *The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature*. Crit Rev Oral Biol Med, 2003. **14**(1): p. 13-29.
210. B., W., *Inference of Mechanical Properties from Instrumented Depth Sensing Indentation at Tiny Loads and Indentation*. Depths Cryst. Res. Technol, 2000. **35**(4): p. 377-399.
211. Huang, T.T., et al., *Nano-indentation characterisation of natural carious white spot lesions*. Caries Res, 2010. **44**(2): p. 101-7.
212. Shibata, Y., et al., *Micromechanical property recovery of human carious dentin achieved with colloidal nano-beta-tricalcium phosphate*. J Dent Res, 2008. **87**(3): p. 233-7.
213. Palti, D.G., et al., *Evaluation of superficial microhardness in dental enamel with different eruptive ages*. Braz Oral Res, 2008. **22**(4): p. 311-5.
214. Ang, S.F., et al., *Determination of the elastic/plastic transition of human enamel by nanoindentation*. Dent Mater, 2009. **25**(11): p. 1403-10.
215. Bréchnignac C, H.P., Lahmani M. , *Nanomaterials and Nanochemistry* 2007, Germany: Springer-Verlag Publishing.
216. A.C., F.-C., *Nanoindentation*. 2004, USA: Springer-Verlag Publishing Co, Inc. .
217. Oyen M.L, H.L.H., Swain M.V., *Handbook of Nanoindentation: With Biological Applications*. 2008, USA: Pan Stanford Publishing.
218. Schlueter, N., et al., *Methods for the measurement and characterization of erosion in enamel and dentine*. Caries Res, 2011. **45 Suppl 1**: p. 13-23.
219. Angker, L., M.V. Swain, and N. Kilpatrick, *Characterising the micro-mechanical behaviour of the carious dentine of primary teeth using nano-indentation*. J Biomech, 2005. **38**(7): p. 1535-42.

220. A.B., B., *Hertzian indentasyonu kullanılarak farklı tipteki güçlendirilmiş tam-seramiklerin hasar modlarının tespit edilmesi*. 2007, Gazi Üniversitesi: Ankara.
221. Cuy, J.L., et al., *Nanoindentation mapping of the mechanical properties of human molar tooth enamel*. Arch Oral Biol, 2002. **47**(4): p. 281-91.
222. Gun, H., *Boundary element method for prediction of hardness of dentin from punch-nano-indentation test*. Comput Methods Programs Biomed, 2007. **86**(3): p. 227-31.
223. Ling, L., et al., *Novel F-releasing composite with improved mechanical properties*. J Dent Res, 2009. **88**(1): p. 83-8.
224. Lippert, F., D.M. Parker, and K.D. Jandt, *In vitro demineralization/remineralization cycles at human tooth enamel surfaces investigated by AFM and nanoindentation*. J Colloid Interface Sci, 2004. **280**(2): p. 442-8.
225. Şahin O, U.O., Kölemen U, Uçar N. , *Dynamic hardness and reduced modulus determination on the face of β -Sn single crystals by a depth sensing indentation technique*. Journal of Physics: Condensed Materials, 2007: p. 953-984.
226. Bar-On B, W.H.D., *Elastic modulus of hard tissues*. Journal of Biomechanics, 2012. **45**: p. 672-678.
227. Kaleem, M., et al., *Viscoelastic stability of resin-composites under static and dynamic loading*. Dent Mater, 2012. **28**(2): p. e15-8.
228. Suwannaroop, P., et al., *In vitro wear resistance, hardness and elastic modulus of artificial denture teeth*. Dent Mater J, 2011. **30**(4): p. 461-8.
229. Zhou, J. and L.L. Hsiung, *Depth-dependent mechanical properties of enamel by nanoindentation*. J Biomed Mater Res A, 2007. **81**(1): p. 66-74.
230. Joniot, S., et al., *Use of two surface analyzers to evaluate the surface roughness of four esthetic restorative materials after polishing*. Oper Dent, 2006. **31**(1): p. 39-46.
231. Jefferies, S.R., *The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry*. Dent Clin North Am, 1998. **42**(4): p. 613-27.
232. İnan, H., Tamam, E., Bağış, B., *Tam protezlerde kullanılan farklı kaide materyallerinin yüzey pürüzlülüğü yönünden in vitro incelenmesi*. Selçuk Üniversitesi Diş Hek Fak Derg., 2008. **17**: p. 171-176.
233. Kakaboura, A., et al., *Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter*. J Mater Sci Mater Med, 2007. **18**(1): p. 155-63.

234. Eisenburger, M., R.P. Shellis, and M. Addy, *Scanning electron microscopy of softened enamel*. Caries Res, 2004. **38**(1): p. 67-74.
235. Ren, Y.F., et al., *Assessing fluoride treatment and resistance of dental enamel to soft drink erosion in vitro: applications of focus variation 3D scanning microscopy and stylus profilometry*. J Dent, 2009. **37**(3): p. 167-76.
236. Jandt, K.D., M. Finke, and P. Cacciafesta, *Aspects of the physical chemistry of polymers, biomaterials and mineralised tissues investigated with atomic force microscopy (AFM)*. Colloids Surf B Biointerfaces, 2000. **19**(4): p. 301-314.
237. Finke, M., K.D. Jandt, and D.M. Parker, *The Early Stages of Native Enamel Dissolution Studied with Atomic Force Microscopy*. J Colloid Interface Sci, 2000. **232**(1): p. 156-164.
238. Lippert, F., D.M. Parker, and K.D. Jandt, *Toothbrush abrasion of surface softened enamel studied with tapping mode AFM and AFM nanoindentation*. Caries Res, 2004. **38**(5): p. 464-72.
239. Poggio, C., et al., *Analysis of dentin/enamel remineralization by a CPP-ACP paste: AFM and SEM study*. Scanning, 2013. **35**(6): p. 366-74.
240. Kubinek, R., et al., *Sealing of open dentinal tubules by laser irradiation: AFM and SEM observations of dentine surfaces*. J Mol Recognit, 2007. **20**(6): p. 476-82.
241. Cheng, Z.J., et al., *The enamel softening and loss during early erosion studied by AFM, SEM and nanoindentation*. Biomed Mater, 2009. **4**(1): p. 015020.
242. Tholt de Vasconcellos, B., et al., *Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer*. Oper Dent, 2006. **31**(4): p. 442-9.
243. Folwaczny, M., et al., *Polishing and coating of dental ceramic materials with 308 nm XeCl excimer laser radiation*. Dent Mater, 1998. **14**(3): p. 186-93.
244. Gadegaard, N., *Atomic force microscopy in biology: technology and techniques*. Biotech Histochem, 2006. **81**(2-3): p. 87-97.
245. Doğan, A.Ö., Dogan, O.M., Hubbezoglu, I., Cakmak, M., Bolayir, G., *Effect of bleaching on roughness of dental composite resins*. The journal of adhesion, 2008. **84**: p. 897-914.

246. Love, G. and V.D. Scott, *Electron probe microanalysis using soft X-rays--a review. Part 1: Instrumentation, spectrum processing and detection sensitivity*. J Microsc, 2001. **201**(Pt 1): p. 1-32.
247. Arnold, W.H., et al., *Effect of fluoride toothpastes on enamel demineralization*. BMC Oral Health, 2006. **6**: p. 8.
248. Fercher, A.F., Drexler, W., Hitzenberger, C.K., Lasser, T., *Optical coherence tomography-principles and applications*. Reports on progress in physics, 2003. **66**(2): p. 239.
249. Otis, L.L., et al., *Optical coherence tomography: a new imaging technology for dentistry*. J Am Dent Assoc, 2000. **131**(4): p. 511-4.
250. Zentner, A. and H. Duschner, *Structural changes of acid etched enamel examined under confocal laser scanning microscope*. J Orofac Orthop, 1996. **57**(4): p. 202-9.
251. Gonzalez-Cabezas, C., et al., *Measurement of enamel remineralization using microradiography and confocal microscopy. A correlational study*. Caries Res, 1998. **32**(5): p. 385-92.
252. Hall, A.F., et al., *Application of transverse microradiography for measurement of mineral loss by acid erosion*. Adv Dent Res, 1997. **11**(4): p. 420-5.
253. Amaechi, B.T., S.M. Higham, and W.M. Edgar, *Use of transverse microradiography to quantify mineral loss by erosion in bovine enamel*. Caries Res, 1998. **32**(5): p. 351-6.
254. Arends, J., J.L. Ruben, and D. Inaba, *Major topics in quantitative microradiography of enamel and dentin: R parameter, mineral distribution visualization, and hyper-remineralization*. Adv Dent Res, 1997. **11**(4): p. 403-14.
255. Hodnett, S., *The Protective Potential of Paste Containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate as measured by confocal microscopy: an in vitro study*. 2007.
256. Attin, T., *Methods for assessment of dental erosion*. Monogr Oral Sci, 2006. **20**: p. 152-72.
257. Kargul, B., Bakkal, M., *Prevalence, Etiology, Risk Factors, Diagnosis, and Preventive Strategies of Dental Erosion: Literature Review (Part I & Part II)*. Acta stomatologica croatica, 2009. **43**(3): p. 165-187.
258. Johansson, A.K., ed. *Dental Erozyon*. Çocuk Diş Hekimliğine Klinik Yaklaşım, ed. S.P. G. Koch. 2012, Medya: İstanbul. 141-151.

259. Linnett, V. and W.K. Seow, *Dental erosion in children: a literature review*. *Pediatr Dent*, 2001. **23**(1): p. 37-43.
260. McCarthy, R., *Dental erosion--current perspectives for general practice*. *J Ir Dent Assoc*, 2012. **58**(5): p. 241-4.
261. Ganss, C., et al., *Effects of two fluoridation measures on erosion progression in human enamel and dentine in situ*. *Caries Res*, 2004. **38**(6): p. 561-6.
262. Mok, T.B., J. McIntyre, and D. Hunt, *Dental erosion: in vitro model of wine assessor's erosion*. *Aust Dent J*, 2001. **46**(4): p. 263-8.
263. Willumsen, T., et al., *Effects from pretreatment of stannous fluoride versus sodium fluoride on enamel exposed to 0.1 M or 0.01 M hydrochloric acid*. *Acta Odontol Scand*, 2004. **62**(5): p. 278-81.
264. Lagerlof, F., et al., *Effects of inorganic orthophosphate and pyrophosphate on dissolution of calcium fluoride in water*. *J Dent Res*, 1988. **67**(2): p. 447-9.
265. Ganss, C., N. Schlueter, and J. Klimek, *Retention of KOH-soluble fluoride on enamel and dentine under erosive conditions--A comparison of in vitro and in situ results*. *Arch Oral Biol*, 2007. **52**(1): p. 9-14.
266. Attin, T., C. Zirkel, and E. Hellwig, *Brushing abrasion of eroded dentin after application of sodium fluoride solutions*. *Caries Res*, 1998. **32**(5): p. 344-50.
267. Hove, L.H., et al., *The protective effect of TiF₄, SnF₂ and NaF against erosion-like lesions in situ*. *Caries Res*, 2008. **42**(1): p. 68-72.
268. Hove, L.H., A. Young, and A.B. Tveit, *An in vitro study on the effect of TiF₄ treatment against erosion by hydrochloric acid on pellicle-covered enamel*. *Caries Res*, 2007. **41**(1): p. 80-4.
269. Rios, D., et al., *In vitro evaluation of enamel erosion after Nd:YAG laser irradiation and fluoride application*. *Photomed Laser Surg*, 2009. **27**(5): p. 743-7.
270. Wiegand, A., et al., *Effect of TiF₄, ZrF₄, HfF₄ and AmF on erosion and erosion/abrasion of enamel and dentin in situ*. *Arch Oral Biol*, 2010. **55**(3): p. 223-8.
271. Mundorff, S.A., M.F. Little, and B.G. Bibby, *Enamel dissolution. II. Action of titanium tetrafluoride*. *J Dent Res*, 1972. **51**(6): p. 1567-71.
272. Yu, H., et al., *Effects of various fluoride solutions on enamel erosion in vitro*. *Caries Res*, 2010. **44**(4): p. 390-401.

273. Ganss, C., J. Klimek, and C. Starck, *Quantitative analysis of the impact of the organic matrix on the fluoride effect on erosion progression in human dentine using longitudinal microradiography*. Arch Oral Biol, 2004. **49**(11): p. 931-5.
274. Poggio, C., et al., *Protective effect on enamel demineralization of a CPP-ACP paste: an AFM in vitro study*. J Dent, 2009. **37**(12): p. 949-54.
275. Ranjitkar, S., et al., *The effect of CPP-ACP on enamel wear under severe erosive conditions*. Arch Oral Biol, 2009. **54**(6): p. 527-32.
276. Villalba-Moreno, J., et al., *Increased fluoride uptake in human dental specimens treated with diode laser*. Lasers Med Sci, 2007. **22**(3): p. 137-42.
277. Vitale, M.C., et al., *Diode laser irradiation and fluoride uptake in human teeth*. Eur Arch Paediatr Dent, 2011. **12**(2): p. 90-2.
278. Ana, P.A., Bachmann, L., Zezell, D.M., *Laser effects on enamel for caries prevention*. Laser Phys, 2006. **16**(5): p. 865-75.
279. Sobral, M.A., et al., *Effect of Nd:YAG laser and acidulated phosphate fluoride on bovine and human enamel submitted to erosion/abrasion or erosion only: an in vitro preliminary study*. Photomed Laser Surg, 2009. **27**(5): p. 709-13.
280. Vlacic, J., et al., *Laser-activated fluoride treatment of enamel against an artificial caries challenge: comparison of five wavelengths*. Aust Dent J, 2007. **52**(2): p. 101-5.
281. Rodrigues, L.K., et al., *Carbon dioxide laser in dental caries prevention*. J Dent, 2004. **32**(7): p. 531-40.
282. Castellan, C.S., et al., *In vitro evaluation of enamel demineralization after Er:YAG and Nd:YAG laser irradiation on primary teeth*. Photomed Laser Surg, 2007. **25**(2): p. 85-90.
283. Naylor, F., et al., *Micromorphological analysis of dentinal structure after irradiation with Nd:YAG laser and immersion in acidic beverages*. Photomed Laser Surg, 2006. **24**(6): p. 745-52.
284. Tsai, C.L., et al., *In vitro acid resistance of CO₂ and Nd-YAG laser-treated human tooth enamel*. Caries Res, 2002. **36**(6): p. 423-9.
285. Magalhaes, A.C., et al., *The effect of an experimental 4% Tif4 varnish compared to NaF varnishes and 4% TiF4 solution on dental erosion in vitro*. Caries Res, 2008. **42**(4): p. 269-74.

286. Reynolds, J.J. and M.C. Meikle, *The functional balance of metalloproteinases and inhibitors in tissue degradation: relevance to oral pathologies*. J R Coll Surg Edinb, 1997. **42**(3): p. 154-60.
287. Buzalaf, M.A., M.T. Kato, and A.R. Hannas, *The role of matrix metalloproteinases in dental erosion*. Adv Dent Res, 2012. **24**(2): p. 72-6.
288. Baker, A.H., D.R. Edwards, and G. Murphy, *Metalloproteinase inhibitors: biological actions and therapeutic opportunities*. J Cell Sci, 2002. **115**(Pt 19): p. 3719-27.
289. Chaussain-Miller, C., et al., *The role of matrix metalloproteinases (MMPs) in human caries*. J Dent Res, 2006. **85**(1): p. 22-32.
290. Gendron, R., et al., *Inhibition of the activities of matrix metalloproteinases 2, 8, and 9 by chlorhexidine*. Clin Diagn Lab Immunol, 1999. **6**(3): p. 437-9.
291. Klont, B. and J.M. ten Cate, *Remineralization of bovine incisor root lesions in vitro: the role of the collagenous matrix*. Caries Res, 1991. **25**(1): p. 39-45.
292. Kleter, G.A., et al., *The influence of the organic matrix on demineralization of bovine root dentin in vitro*. J Dent Res, 1994. **73**(9): p. 1523-9.
293. Buzalaf, M.A., S. Charone, and L. Tjaderhane, *Role of host-derived proteinases in dentine caries and erosion*. Caries Res, 2015. **49 Suppl 1**: p. 30-7.
294. Barbosa, C.S., M.T. Kato, and M.A. Buzalaf, *Effect of supplementation of soft drinks with green tea extract on their erosive potential against dentine*. Aust Dent J, 2011. **56**(3): p. 317-21.
295. Kato, M.T., et al., *Gels containing MMP inhibitors prevent dental erosion in situ*. J Dent Res, 2010. **89**(5): p. 468-72.
296. Austin, R.S., et al., *The effect of increasing sodium fluoride concentrations on erosion and attrition of enamel and dentine in vitro*. J Dent, 2010. **38**(10): p. 782-7.
297. Kato, M.T., et al., *Effect of iron on matrix metalloproteinase inhibition and on the prevention of dentine erosion*. Caries Res, 2010. **44**(3): p. 309-16.
298. Stenhagen, K.R., et al., *The effect of daily fluoride mouth rinsing on enamel erosive/abrasive wear in situ*. Caries Res, 2013. **47**(1): p. 2-8.
299. Khaddam, M., et al., *Grape seed extracts inhibit dentin matrix degradation by MMP-3*. Front Physiol, 2014. **5**: p. 425.

300. Vieira Senger, A.E., et al., *Effect of green tea (Camellia sinensis) consumption on the components of metabolic syndrome in elderly*. J Nutr Health Aging, 2012. **16**(9): p. 738-42.
301. Weisburger, J.H. and F.L. Chung, *Mechanisms of chronic disease causation by nutritional factors and tobacco products and their prevention by tea polyphenols*. Food Chem Toxicol, 2002. **40**(8): p. 1145-54.
302. Lussi, A., Ganss, C., ed. *Erosive tooth wear: from diagnosis to therapy*. 2014, Karger Yayınları.
303. Demeule, M., et al., *Matrix metalloproteinase inhibition by green tea catechins*. Biochim Biophys Acta, 2000. **1478**(1): p. 51-60.
304. Magalhaes, A.C., et al., *Chlorhexidine and green tea extract reduce dentin erosion and abrasion in situ*. J Dent, 2009. **37**(12): p. 994-8.
305. Adefegha, S.A. and G. Oboh, *In vitro inhibition activity of polyphenol-rich extracts from Syzygium aromaticum (L.) Merr. & Perry (Clove) buds against carbohydrate hydrolyzing enzymes linked to type 2 diabetes and Fe(2+)-induced lipid peroxidation in rat pancreas*. Asian Pac J Trop Biomed, 2012. **2**(10): p. 774-81.
306. Pinto, E., et al., *Antifungal activity of the clove essential oil from Syzygium aromaticum on Candida, Aspergillus and dermatophyte species*. J Med Microbiol, 2009. **58**(Pt 11): p. 1454-62.
307. Panahi, Y., et al., *Investigation of the effectiveness of Syzygium aromaticum, Lavandula angustifolia and Geranium robertianum essential oils in the treatment of acute external otitis: a comparative trial with ciprofloxacin*. J Microbiol Immunol Infect, 2014. **47**(3): p. 211-6.
308. Mishra, R.K. and S.K. Singh, *Safety assessment of Syzygium aromaticum flower bud (clove) extract with respect to testicular function in mice*. Food Chem Toxicol, 2008. **46**(10): p. 3333-8.
309. Jirovetz, L., et al., *Chemical composition and antioxidant properties of clove leaf essential oil*. J Agric Food Chem, 2006. **54**(17): p. 6303-7.
310. Machado, M., et al., *Anti-Giardia activity of Syzygium aromaticum essential oil and eugenol: effects on growth, viability, adherence and ultrastructure*. Exp Parasitol, 2011. **127**(4): p. 732-9.

311. Al-Sohaibani, S., et al., *Xerophilic aflatoxigenic black tea fungi and their inhibition by Elettaria cardamomum and Syzygium aromaticum extracts*. Saudi J Biol Sci, 2011. **18**(4): p. 387-94.
312. Prashar, A., I.C. Locke, and C.S. Evans, *Cytotoxicity of clove (Syzygium aromaticum) oil and its major components to human skin cells*. Cell Prolif, 2006. **39**(4): p. 241-8.
313. Dagli, N., et al., *Essential oils, their therapeutic properties, and implication in dentistry: A review*. J Int Soc Prev Community Dent, 2015. **5**(5): p. 335-40.
314. Shukri, R., Mohamed, S., Mustapha, N.M., *Cloves protect the heart, liver and lens of diabetic rats*. Food Chemistry, 2010. **122**: p. 1116-1121.
315. Hyang, N., Moon-Moo, Kim, *Eugenol with antioxidant activity inhibits MMP-9 related to metastasis in human fibrosarcoma cells*. Food and Chemical Toxicology, 2013. **5**: p. 106-112.
316. Jurenka, J., *Therapeutic applications of pomegranate (Punica granatum L.)*. Alternative Medicine Review, 2008. **13**: p. 128-44.
317. Prasad, D. and R. Kunnaiah, *Punica granatum: A review on its potential role in treating periodontal disease*. J Indian Soc Periodontol, 2014. **18**(4): p. 428-32.
318. Zarfeshany, A., S. Asgary, and S.H. Javanmard, *Potent health effects of pomegranate*. Adv Biomed Res, 2014. **3**: p. 100.
319. Afaq, F., Saleem, M., Krueger, C.G., Reed, J.D., Mukhtar, H., *Anthocyanin-and hydrolyzable tannin-rich pomegranate fruit extract modulates MAPK and NF-kappaB pathways and inhibits skin tumorigenesis in CD-1 mice*. Int J Cancer, 2005. **113**: p. 423-33.
320. Stoner, G.D., Seeram, Navindra P., ed. *Berries and Cancer Prevention*. 2011, Springer: New York, USA.
321. Bagchi, D., et al., *Cellular protection with proanthocyanidins derived from grape seeds*. Ann N Y Acad Sci, 2002. **957**: p. 260-70.
322. Xia, E.Q., et al., *Biological activities of polyphenols from grapes*. Int J Mol Sci, 2010. **11**(2): p. 622-46.
323. Negro, C., L. Tommasi, and A. Miceli, *Phenolic compounds and antioxidant activity from red grape marc extracts*. Bioresour Technol, 2003. **87**(1): p. 41-4.

324. Perumalla, A.V.S., Hettgarahchy, N.S., *Green tea and grape seed extracts potential applications in food safety and quality*. Food Research International., 2011. **44**: p. 827-839.
325. Furiga, A., Lonvaud-Funel, A., Cecile, B., *In vitro study of antioxidant capacity and antibacterial activity on oral anaerobes of a grape seed extract*. Food Chemistry., 2009. **113**: p. 1037-1040.
326. Green, B., et al., *Grape seed proanthocyanidins increase collagen biodegradation resistance in the dentin/adhesive interface when included in an adhesive*. J Dent, 2010. **38**(11): p. 908-15.
327. Vayalil, P.K., Mittal, A., Katiyar, S.K., *Proanthocyanidins from grape seeds inhibit expression of matrix metalloproteinases in human prostate carcinoma cells, which is associated with the inhibition of activation of MAPK and NFkB*. Carcinogenesis, 2004. **25**: p. 987-995.
328. Elgayyar, M., et al., *Antimicrobial activity of essential oils from plants against selected pathogenic and saprophytic microorganisms*. J Food Prot, 2001. **64**(7): p. 1019-24.
329. Smullen, J., et al., *The antibacterial activity of plant extracts containing polyphenols against Streptococcus mutans*. Caries Res, 2007. **41**(5): p. 342-9.
330. Weber, H.A., et al., *Comparison of proanthocyanidins in commercial antioxidants: grape seed and pine bark extracts*. J Agric Food Chem, 2007. **55**(1): p. 148-56.
331. Anşın, R. *Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yetişen doğal Rosa L. taksonları*. in Kuşburnu Sempozyumu Bildiriler Kitabı. 5-6 Eylül 1996. Gümüşhane.
332. Yamankaradeniz, R., *Erzurum Yöresinde Doğal Olarak Yetişen Kuşburnunun Bileşimi ve Değerlendirme Olanakları Üzerinde Araştırmalar*, in Ziraat Fakültesi, Gıda Bilimi ve Teknolojisi. 1982, Atatürk Üniversitesi.
333. User, E.T., *Memleketimizde Orta ve Kuzey Anadolu'da yetişen kuşburnunun C vitamini bakımından durumu, bununla ilgili halk gelenekleri hakkında bir araştırma*. Türk Hij. ve Tec. Biyo. Der., 1967. **27**: p. 39-60.
334. Akyüz, N., Coşkun, H., Bakırcı, İ., *Kuşburnunun besin değeri ve kullanım alanları*. 5-6 Eylül 1996: Kuşburnu Sempozyumu Bildiriler Kitabı. p. 271-279.
335. Yıldız, H., Nergiz, C., *Bir Gıda Maddesi Olarak Kuşburnu*. Kuşburnu Sempozyumu, Gümüşhane, 1996: p. 309.

336. Tonucci, L.H., Holden, J.M., Beecher, G., Khachik, F., Davis, C.S., Mulokozi, G., *Carotenoid content of thermally processed tomato-based food products*. J Agric Food Chem, 1995. **43**: p. 579-586.
337. Hwang, E.S. and H.J. Lee, *Inhibitory effects of lycopene on the adhesion, invasion, and migration of SK-Hep1 human hepatoma cells*. Exp Biol Med (Maywood), 2006. **231**(3): p. 322-7.
338. Barbour, M.E., et al., *Enamel dissolution in citric acid as a function of calcium and phosphate concentrations and degree of saturation with respect to hydroxyapatite*. Eur J Oral Sci, 2003. **111**(5): p. 428-33.
339. Larsen, M.J. and B. Nyvad, *Enamel erosion by some soft drinks and orange juices relative to their pH, buffering effect and contents of calcium phosphate*. Caries Res, 1999. **33**(1): p. 81-7.
340. Larsen, M.J. and A. Richards, *Fluoride is unable to reduce dental erosion from soft drinks*. Caries Res, 2002. **36**(1): p. 75-80.
341. Amaechi, B.T., S.M. Higham, and W.M. Edgar, *The influence of xylitol and fluoride on dental erosion in vitro*. Arch Oral Biol, 1998. **43**(2): p. 157-61.
342. Buzalaf, M.A., et al., *Effect of iron on inhibition of acid demineralisation of bovine dental enamel in vitro*. Arch Oral Biol, 2006. **51**(10): p. 844-8.
343. Kato, M.T., S.H. Sales-Peres, and M.A. Buzalaf, *Effect of iron on acid demineralisation of bovine enamel blocks by a soft drink*. Arch Oral Biol, 2007. **52**(11): p. 1109-11.
344. Saklar, S., et al., *Effects of different brewing conditions on catechin content and sensory acceptance in Turkish green tea infusions*. J Food Sci Technol, 2015. **52**(10): p. 6639-46.
345. Eisenburger, M., et al., *Effect of time on the remineralisation of enamel by synthetic saliva after citric acid erosion*. Caries Res, 2001. **35**(3): p. 211-5.
346. Chu, J.P., et al., *Effect of compounds of Galla chinensis on remineralisation of initial enamel carious lesions in vitro*. J Dent, 2007. **35**(5): p. 383-7.
347. Caglar, E., et al., *Dental erosion among children in an Istanbul public school*. J Dent Child (Chic), 2005. **72**(1): p. 5-9.
348. Jaeggi, T., A. Gruninger, and A. Lussi, *Restorative therapy of erosion*. Monogr Oral Sci, 2006. **20**: p. 200-14.

349. Lussi, A., et al., *Erosive tooth wear: diagnosis, risk factors and prevention*. Am J Dent, 2006. **19**(6): p. 319-25.
350. Murakami, C., et al., *Effect of fluoride varnish and gel on dental erosion in primary and permanent teeth*. Arch Oral Biol, 2009. **54**(11): p. 997-1001.
351. Attin, T. and F.J. Wegehaupt, *Impact of erosive conditions on tooth-colored restorative materials*. Dent Mater, 2014. **30**(1): p. 43-9.
352. Aksun, S.A., Özmen, D., Bayındır, O., *Metalloproteinases, Their Inhibitors and Related Physiological and Pathological Conditions*. Turkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences,, 2001. **21**(4): p. 332.
353. Aykut-Yetkiner, A., T. Attin, and A. Wiegand, *Prevention of dentine erosion by brushing with anti-erosive toothpastes*. J Dent, 2014. **42**(7): p. 856-61.
354. Tjaderhane, L., et al., *Matrix metalloproteinases and other matrix proteinases in relation to cariology: the era of 'dentin degradomics'*. Caries Res, 2015. **49**(3): p. 193-208.
355. Zarella, B.L., et al., *The role of matrix metalloproteinases and cysteine-cathepsins on the progression of dentine erosion*. Arch Oral Biol, 2015. **60**(9): p. 1340-5.
356. Mazzoni, A., et al., *Zymographic analysis and characterization of MMP-2 and -9 forms in human sound dentin*. J Dent Res, 2007. **86**(5): p. 436-40.
357. Sulkala, M., et al., *Matrix metalloproteinase-8 (MMP-8) is the major collagenase in human dentin*. Arch Oral Biol, 2007. **52**(2): p. 121-7.
358. Martin-De Las Heras, S., A. Valenzuela, and C.M. Overall, *The matrix metalloproteinase gelatinase A in human dentine*. Arch Oral Biol, 2000. **45**(9): p. 757-65.
359. Mazzoni, A., et al., *Immunohistochemical and biochemical assay of MMP-3 in human dentine*. J Dent, 2011. **39**(3): p. 231-7.
360. Sulkala, M., et al., *The localization of matrix metalloproteinase-20 (MMP-20, enamelysin) in mature human teeth*. J Dent Res, 2002. **81**(9): p. 603-7.
361. Wu, C.D., *Grape products and oral health*. J Nutr, 2009. **139**(9): p. 1818S-23S.
362. Kidd, P.M., *Bioavailability and activity of phytosome complexes from botanical polyphenols: the silymarin, curcumin, green tea, and grape seed extracts*. Altern Med Rev, 2009. **14**(3): p. 226-46.

363. Benavente-Garcia, O., et al., *Radioprotective effects in vivo of phenolics extracted from Olea europaea L. leaves against X-ray-induced chromosomal damage: comparative study versus several flavonoids and sulfur-containing compounds*. J Med Food, 2002. **5**(3): p. 125-35.
364. Shelef, L.A., *Antimicrobial effects of spices*. Journal of Food Safety, 1983. **6**: p. 29-44.
365. Slinkard, K., Singleton, V.L., *Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods*. American Journal of Enology and Viticulture, 1977. **28**: p. 49-55.
366. Schwarz, K., Bertelsen, G., Nissen, L.R., Gardner, P.T., Heinonen, M.I., *Investigation of plant extracts for the protection of processed foods against lipid oxidation. Comparison of antioxidant assays based on radical scavenging, lipid oxidation and analysis of the principal antioxidant compounds*. European Food Research Technology, 2001. **212**: p. 319-328.
367. Allahghadri, T., et al., *Antimicrobial property, antioxidant capacity, and cytotoxicity of essential oil from cumin produced in Iran*. J Food Sci, 2010. **75**(2): p. H54-61.
368. Gruenwald, J., J. Freder, and N. Armbruester, *Cinnamon and health*. Crit Rev Food Sci Nutr, 2010. **50**(9): p. 822-34.
369. Cos, P., et al., *Cytotoxicity and lipid peroxidation-inhibiting activity of flavonoids*. Planta Med, 2001. **67**(6): p. 515-9.
370. Bettaieb, I., et al., *Essential oils, phenolics, and antioxidant activities of different parts of cumin (Cuminum cyminum L.)*. J Agric Food Chem, 2010. **58**(19): p. 10410-8.
371. Tang, C.F., et al., *The role of grape seed extract in the remineralization of demineralized dentine: micromorphological and physical analyses*. Arch Oral Biol, 2013. **58**(12): p. 1769-76.
372. Poggio, C., et al., *Impact of two toothpastes on repairing enamel erosion produced by a soft drink: an AFM in vitro study*. J Dent, 2010. **38**(11): p. 868-74.
373. Tosun, I., Karadeniz, B., *Çay ve çay fenoliklerinin antioksidan aktivitesi*. Journal of Faculty of Agriculture, OMU, 2005. **20**(1): p. 78-83.
374. Leung, L.K., et al., *Theaflavins in black tea and catechins in green tea are equally effective antioxidants*. J Nutr, 2001. **131**(9): p. 2248-51.
375. Pan, M.H., Lai, C. S., Wang, H., Lo, C. Y., Ho, C. T., Li, S., *Black tea in chemoprevention of cancer and other human diseases*. Food Science and Human Wellness, 2013. **2**(1): p. 12-21.

376. Han, B., et al., *Proanthocyanidin: a natural crosslinking reagent for stabilizing collagen matrices*. J Biomed Mater Res A, 2003. **65**(1): p. 118-24.
377. Bedran-Russo, A.K., et al., *Application of crosslinkers to dentin collagen enhances the ultimate tensile strength*. J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2007. **80**(1): p. 268-72.
378. Monagas, M., et al., *Monomeric, oligomeric, and polymeric flavan-3-ol composition of wines and grapes from Vitis vinifera L. Cv. Graciano, Tempranillo, and Cabernet Sauvignon*. J Agric Food Chem, 2003. **51**(22): p. 6475-81.
379. Fine, A.M., *Oligomeric proanthocyanidin complexes: history, structure, and phytopharmaceutical applications*. Altern Med Rev, 2000. **5**(2): p. 144-51.
380. West, N.X., M. Davies, and B.T. Amaechi, *In vitro and in situ erosion models for evaluating tooth substance loss*. Caries Res, 2011. **45 Suppl 1**: p. 43-52.
381. Zero, D.T., *In situ caries models*. Adv Dent Res, 1995. **9**(3): p. 214-30; discussion 231-4.
382. Reitznerova, E., et al., *Determination of some trace elements in human tooth enamel*. Fresenius J Anal Chem, 2000. **367**(8): p. 748-54.
383. Wiegand, A. and T. Attin, *Design of erosion/abrasion studies--insights and rational concepts*. Caries Res, 2011. **45 Suppl 1**: p. 53-9.
384. Attin, T., et al., *The potential of deciduous and permanent bovine enamel as substitute for deciduous and permanent human enamel: Erosion-abrasion experiments*. J Dent, 2007. **35**(10): p. 773-7.
385. DeWald, J.P., *The use of extracted teeth for in vitro bonding studies: a review of infection control considerations*. Dent Mater, 1997. **13**(2): p. 74-81.
386. Shellis, R.P., Ganns, C., Ren, Y., Zero, D.T., Lussi, A., *Methodology and models in erosion research: Discussion and conclusion*. Caries Res, 2011. **45**(1): p. 69-77.
387. *Technical Specification.(2003). Dental materials-Testing of adhesion to tooth structure. ISO/TS 11405 (E) 2nd ed. 2003: Switzerland.*
388. Correa-Afonso, A.M., et al., *In vitro assessment of laser efficiency for caries prevention in pits and fissures*. Microsc Res Tech, 2012. **75**(2): p. 245-52.
389. Ganns, C., Klimek, J., Schwarz, N., *A comparative profilometric in vitro study of the susceptibility of polished and natural human enamel and dentin surfaces to erosive demineralisation*. Archives of Oral Biology, 2000. **45**: p. 897-902.

390. Cai, F., et al., *Remineralization of enamel subsurface lesions in situ by sugar-free lozenges containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate*. Aust Dent J, 2003. **48**(4): p. 240-3.
391. Shen, P., et al., *Effect of added calcium phosphate on enamel remineralization by fluoride in a randomized controlled in situ trial*. J Dent, 2011. **39**(7): p. 518-25.
392. Young, A. and L.M. Tenuta, *Initial erosion models*. Caries Res, 2011. **45 Suppl 1**: p. 33-42.
393. Attin, T., et al., *Effect of mineral supplements to citric acid on enamel erosion*. Arch Oral Biol, 2003. **48**(11): p. 753-9.
394. Wiegand, A., et al., *Effect of sodium, amine and stannous fluoride at the same concentration and different pH on in vitro erosion*. J Dent, 2009. **37**(8): p. 591-5.
395. Wetton, S., et al., *The effect of saliva derived from different individuals on the erosion of enamel and dentine. A study in vitro*. Caries Res, 2007. **41**(5): p. 423-6.
396. Wiegand, A., et al., *Effect of titanium tetrafluoride and amine fluoride treatment combined with carbon dioxide laser irradiation on enamel and dentin erosion*. Photomed Laser Surg, 2010. **28**(2): p. 219-26.
397. Phelan, J. and J. Rees, *The erosive potential of some herbal teas*. J Dent, 2003. **31**(4): p. 241-6.
398. West, N.X., et al., *A method to measure clinical erosion: the effect of orange juice consumption on erosion of enamel*. J Dent, 1998. **26**(4): p. 329-35.
399. Sung, Y.H., et al., *How to design in situ studies: an evaluation of experimental protocols*. Restor Dent Endod, 2014. **39**(3): p. 164-71.
400. Scaramucci, T., et al., *In situ evaluation of the erosive potential of orange juice modified by food additives*. Caries Res, 2012. **46**(1): p. 55-61.
401. Prestes, L., et al., *In situ effect of chewing gum containing CPP-ACP on the mineral precipitation of eroded bovine enamel-a surface hardness analysis*. J Dent, 2013. **41**(8): p. 747-51.
402. Ceci, M., et al., *Protective effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on enamel erosion: Atomic force microscopy studies*. Scanning, 2015. **37**(5): p. 327-34.
403. Silveira, C., et al., *Anacardic acid from brazilian cashew nut trees reduces dentine erosion*. Caries Res, 2014. **48**(6): p. 549-56.

404. Sar Sancakli, H., et al., *The influence of varnish and high fluoride on erosion and abrasion in a laboratory investigation*. Aust Dent J, 2015. **60**(1): p. 38-42.
405. Parker, S., *Verifiable CPD paper: introduction, history of lasers and laser light production*. Br Dent J, 2007. **202**(1): p. 21-31.
406. Oyen, M.L., *Nanoindentation hardness of mineralized tissues*. J Biomech, 2006. **39**(14): p. 2699-702.
407. A.C., F.-C., *Nanoindentation*. 2004, USA: Springer-Verlag Publishing Co, Inc.
408. Oyen M.L, H.L.H., Swain M.V., *Handbook of Nanoindentation: With Biological Applications*. 2008, USA: Pan Stanford Publishing.
409. Subramani K, A.W., *Emerging Nanotechnologies in Dentistry: Materials, Processes, Applications*. 2012, UK: Elsevier Publication.
410. Zhou J, H.L.L., *Biomolecular origin of rate-dependent deformation of prismatic enamel*. Applied Physics Letters., 2006.
411. A., F., *Handbook of Nanoindentation and Indenter selection guidelines*. 2011, Sydney, Australia: Fischer-Cripps Laboratories Pty. Limited,.
412. Hanson Fong, M.S., Shane N. White, Malcolm L. Snead *Nano-mechanical properties profiles across dentin–enamel junction of human incisor teeth*. Materials Science and Engineering C, 2000: p. 119-128.
413. Zapletalova, Z., et al., *Examination of dentin surface using AFM (our experience)*. Acta Medica (Hradec Kralove), 2004. **47**(4): p. 343-6.
414. Clasen, A.B. and B. Ogaard, *Experimental intra-oral caries models in fluoride research*. Acta Odontol Scand, 1999. **57**(6): p. 334-41.
415. Arnold, W.H., et al., *Volumetric assessment and quantitative element analysis of the effect of fluoridated milk on enamel demineralization*. Arch Oral Biol, 2003. **48**(6): p. 467-73.
416. Carvalho, F.G., et al., *Protective effect of calcium nanophosphate and CPP-ACP agents on enamel erosion*. Braz Oral Res, 2013. **27**(6): p. 463-70.
417. Hayashi, M., et al., *Effects of heating on the mechanical and chemical properties of human dentin*. Dent Mater, 2012. **28**(4): p. 385-91.
418. Urabe, I., et al., *Physical properties of the dentin-enamel junction region*. Am J Dent, 2000. **13**(3): p. 129-35.

419. Willems, G., et al., *Hardness and Young's modulus determined by nanoindentation technique of filler particles of dental restorative materials compared with human enamel*. J Biomed Mater Res, 1993. **27**(6): p. 747-55.
420. Martin, N., et al., *Mechanical characterization of sclerotic occlusal dentin by nanoindentation and nanoscratch*. Am J Dent, 2010. **23**(2): p. 108-12.
421. Giráldez de Luis I, G.M.A., Gómez-del Río T, Ceballos L., Rodríguez J., *Comparison of the mechanical properties of dentin and enamel determined by different nanoindentation techniques: conventional method and continuous stiffness measurement*. Bol. Soc. Esp. Ceram., 2010. **49**(3): p. 177-182.
422. Habelitz, S., et al., *Nanoindentation and storage of teeth*. J Biomech, 2002. **35**(7): p. 995-8.
423. Inoue, T., et al., *Comparison of nanohardness between coronal and radicular intertubular dentin*. Dent Mater J, 2009. **28**(3): p. 295-300.
424. L., A., *Micro-mechanical characterization of the properties of sound and carious primary dentine*. 2003, University of Sydney: Australia.
425. Mahoney, E., et al., *The hardness and modulus of elasticity of primary molar teeth: an ultra-micro-indentation study*. J Dent, 2000. **28**(8): p. 589-94.
426. Marshall, G.W., et al., *Nanomechanical properties of hydrated carious human dentin*. J Dent Res, 2001. **80**(8): p. 1768-71.
427. Toparli, M. and N.S. Koksall, *Hardness and yield strength of dentin from simulated nano-indentation tests*. Comput Methods Programs Biomed, 2005. **77**(3): p. 253-7.
428. Fong H, S.M., White N.S, Snead M.L., *Nano-mechanical properties profiles across dentin–enamel junction of human incisor teeth*. Materials Science and Engineering., 2000. **7**: p. 119-128.
429. S., P., *Characterization of the mechanical properties of enamel, dentine and cementum by an ultra micro-indentation system*. 1996, University of Sydney, Australia.
430. Hosoya, Y. and G.W. Marshall, *The nano-hardness and elastic modulus of sound deciduous canine dentin and young premolar dentin--preliminary study*. J Mater Sci Mater Med, 2005. **16**(1): p. 1-8.
431. Angker, L., et al., *Influence of hydration and mechanical characterization of carious primary dentine using an ultra-micro indentation system (UMIS)*. Eur J Oral Sci, 2004. **112**(3): p. 231-6.

432. Arola, D. and W. Zheng, *Hydration and dynamic fatigue of dentin*. J Biomed Mater Res A, 2006. **77**(1): p. 148-59.
433. Banerjee, S., C.K. Panda, and S. Das, *Clove (Syzygium aromaticum L.), a potential chemopreventive agent for lung cancer*. Carcinogenesis, 2006. **27**(8): p. 1645-54.
434. Mendi, A., et al., *Effects of Syzygium aromaticum, Cinnamomum zeylanicum, and Salvia triloba extracts on proliferation and differentiation of dental pulp stem cells*. J Appl Oral Sci, 2017. **25**(5): p. 515-522.
435. A.C., F.-C., *Nanoindentation, mechanical engineering series*. 2002, Berlin: Springer-Verlag. 1-6.
436. Hannas, A.R., et al., *Preventive effect of toothpastes with MMP inhibitors on human dentine erosion and abrasion in vitro*. J Appl Oral Sci, 2016. **24**(1): p. 61-6.
437. Sartor, L., et al., *Inhibition of matrix-proteases by polyphenols: chemical insights for anti-inflammatory and anti-invasion drug design*. Biochem Pharmacol, 2002. **64**(2): p. 229-37.
438. Nordbo, H., et al., *The influence of a matrix metalloproteinase on the remineralization of artificially demineralized dentin*. Oral Health Prev Dent, 2003. **1**(4): p. 267-72.
439. van Strijp, A.J., et al., *Host-derived proteinases and degradation of dentine collagen in situ*. Caries Res, 2003. **37**(1): p. 58-65.
440. Christoffersen, J., et al., *Kinetics of dissolution and growth of calcium fluoride and effects of phosphate*. Acta Odontol Scand, 1988. **46**(6): p. 325-36.
441. ten Cate, J.M., *Review on fluoride, with special emphasis on calcium fluoride mechanisms in caries prevention*. Eur J Oral Sci, 1997. **105**(5 Pt 2): p. 461-5.
442. Magalhaes, A.C., et al., *Influence of fluoride dentifrice on brushing abrasion of eroded human enamel: an in situ/ex vivo study*. Caries Res, 2007. **41**(1): p. 77-9.
443. Li, H., et al., *The influence of fluoride varnish on the attrition of dentine*. Caries Res, 2007. **41**(3): p. 219-22.
444. Magalhaes, A.C., et al., *Effect of different concentrations of fluoride in dentifrices on dentin erosion subjected or not to abrasion in situ/ex vivo*. Caries Res, 2008. **42**(2): p. 112-6.
445. De Moraes, M.D., et al., *Effect of green tea as a protective measure against dental erosion in coronary dentine*. Braz Oral Res, 2016. **30**.

446. Gelhard, T.B., et al., *Remineralization of softened human enamel in mucin- or CMC-containing artificial salivas*. J Oral Pathol, 1983. **12**(5): p. 336-41.
447. Attin, T., et al., *Use of variable remineralization periods to improve the abrasion resistance of previously eroded enamel*. Caries Res, 2000. **34**(1): p. 48-52.
448. Bentivegna, S.S. and K.M. Whitney, *Subchronic 3-month oral toxicity study of grape seed and grape skin extracts*. Food Chem Toxicol, 2002. **40**(12): p. 1731-43.
449. Xie, Q., A.K. Bedran-Russo, and C.D. Wu, *In vitro remineralization effects of grape seed extract on artificial root caries*. J Dent, 2008. **36**(11): p. 900-6.
450. Hagerman, A.E., Butler, L.G., *The Specificity Of Proantocyanidin-Protein Interaction*. J. Biol. Chem., 1981. **256**: p. 4494-4497.
451. Botta, S.B., et al., *Effect of dental tissue conditioners and matrix metalloproteinase inhibitors on type I collagen microstructure analyzed by Fourier transform infrared spectroscopy*. J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2012. **100**(4): p. 1009-16.
452. Mirkarimi, M., et al., *Remineralization of artificial caries in primary teeth by grape seed extract: an in vitro study*. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects, 2013. **7**(4): p. 206-10.
453. Epasinghe, D.J., C. Yiu, and M.F. Burrow, *Synergistic effect of proanthocyanidin and CPP-ACFP on remineralization of artificial root caries*. Aust Dent J, 2015. **60**(4): p. 463-70.
454. Pavan, S., et al., *Biomimetic approach for root caries prevention using a proanthocyanidin-rich agent*. Caries Res, 2011. **45**(5): p. 443-7.
455. Benjamin, S., et al., *Grape seed extract as a potential remineralizing agent: a comparative in vitro study*. J Contemp Dent Pract, 2012. **13**(4): p. 425-30.
456. Gökay, O., Müjdecı, A., Ulusoy, M.Ç., Kesgin, S., Uğuz, O., *Mine Yüzey Sertliği Üzerine Bitki Çaylarının Etkisinin Değerlendirilmesi*. A. Ü. Diş Hek. Fak. Derg., 2006. **33**: p. 143-149.
457. Turgut MD, T.M., Çetin N, Pınar A, Ölmez S, Alpar R., *The Erosive Effects of Some Carbonated Beverages Consumed in Turkey*. Hacettepe Dişhekimliği Dergisi, 2004. **28**: p. 8-14.
458. Cairns, A.M., et al., *The pH and titratable acidity of a range of diluting drinks and their potential effect on dental erosion*. J Dent, 2002. **30**(7-8): p. 313-7.

459. Syed, D.N., F. Afaq, and H. Mukhtar, *Pomegranate derived products for cancer chemoprevention*. *Semin Cancer Biol*, 2007. **17**(5): p. 377-85.
460. Dikmen, M., N. Ozturk, and Y. Ozturk, *The antioxidant potency of Punica granatum L. Fruit peel reduces cell proliferation and induces apoptosis on breast cancer*. *J Med Food*, 2011. **14**(12): p. 1638-46.
461. Owens, B.M., *The potential effects of pH and buffering capacity on dental erosion*. *Gen Dent*, 2007. **55**(6): p. 527-31.
462. Ganss, C., et al., *Efficacy of a tin/fluoride rinse: a randomized in situ trial on erosion*. *J Dent Res*, 2010. **89**(11): p. 1214-8.



8. ÖZGEÇMİŞ

1. Adı Soyadı : Ayça SARIALIOĞLU GÜNGÖR

İletişim Bilgileri

Telefon : 0 539 201 48 01

Mail : aycagungor83@hotmail.com

2. Doğum Tarihi : 02.01.1983

3. Unvanı : Uzmanlık Öğrencisi

4. Öğrenim Durumu: Yüksek Lisans

Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Lisans			
Y. Lisans	Diş Hekimliği	Gazi Üniversitesi	2000-2005
Uzmanlık	Restoratif Diş Tedavisi	Bezmialem Vakıf Üniversitesi	2014-2018

5. Akademik Unvanlar:

6. Yönetilen Yüksek Lisans ve Doktora Tezleri

6.1. Yüksek Lisans Tezleri

6.2. Doktora Tezleri

7. Yayınlar

7.1. Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan makaleler (SCI & SSCI & Arts and Humanities)

7.1.1. Şermet Elbay Ü, Elbay M, **Yıldırım S**, Kaya E, Kaya C, Uğurluel C, Baydemir C. Evaluation of the injection pain with the use of DentalVibe injection system during supraperiosteal anaesthesia in children: a randomised clinical trial. Int J Paediatr Dent. 2015 Sep 15. doi: 10.1111/ipd.12204

7.2. Uluslararası diğer hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

7.3. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler

7.3.1. Herguner Siso S, Kâhya DS, **Sarialiöglu Gungor A**. The Effect of Irradiation Distance on the Vickers Hardness of the Bulk-Fill Resin Composites. 103rd. FDI Annual World Dental Congress. 22-25 September 2015 Bangkok.

7.3.2. Sarialiöglu Gungor A, Donmez N, Kâhya DS, Herguner Siso S. Influence of Surface Sealant on the Color Stability of a Composite Resin Immersed in Different Mouth Rinses. 103rd. FDI Annual World Dental Congress. 22-25 September 2015 Bangkok.

7.3.3. Sarialiöglu Gungor A, Donmez N, Karabulut B, Herguner Siso S. Comparison of Microtensile Bond Strength of Four Different Multimode Adhesives to the Caries-Affected Dentin After Er: YAG Laser Treatment. IADR General Session 22-25 June 2016 Seoul, Republic of Korea

7.4. Yazılan uluslararası kitaplar veya kitaplarda bölümler

7.5. Ulusal hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

7.6. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler

7.7. Diğer yayınlar

8. Projeler

9. İdari Görevler

10. Bilimsel ve Mesleki Kuruluşlara Üyelikler

Türk Diş Hekimleri Birliği

Restoratif Dişhekimliği Derneği

Estetik Dişhekimliği Akademisi Derneği

