

**T.C.**

**İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ**

**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİYOD LAZER VE FLORUN MİNE  
EROZYONUNU ÖNLEYİCİ ETKİSİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Dilek GÜNEŞ**

**İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ ve SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ PEDODONTİ ANABİLİM DALI  
ORTAK DOKTORA PROGRAMI**

**DANIŞMAN**

**Yrd.Doç.Dr. Çiğdem GÜLER**

**MALATYA-2014**

**T.C.**  
**İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİYOD LAZER VE FLORUN MİNE  
EROZYONUNU ÖNLEYİCİ ETKİSİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dilek GÜNEŞ**



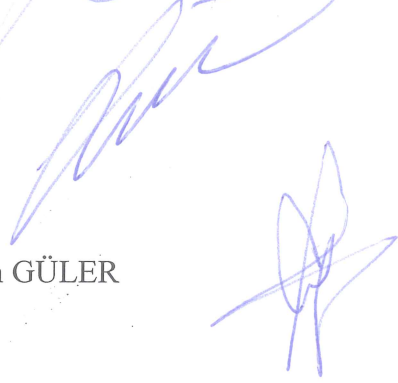


**Danışman Öğretim Üyesi: Yrd.Doç.Dr. Çiğdem GÜLER**

**Bu Araştırma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından  
2013/87 Proje Numarası ile Desteklenmiştir.**

**MALATYA-2014**

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu çalışma jürimiz tarafından Pedodonti Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

		İmza
Jüri Başkanı	Prof. Dr. Yağmur ŞENER Necmettin Erbakan Üniversitesi	
Üye	Prof. Dr. Sibel YILDIRIM Selçuk Üniversitesi	
Ortak Tez Danışmanı	Doç. Dr. Gül TOSUN Selçuk Üniversitesi	
Danışman	Yrd. Doç. Dr. Çiğdem GÜLER Ordu Üniversitesi	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Esra KIZILCI İnönü Üniversitesi	

ONAY :

Bu tez, İnönü Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu ...../...../ 20.... tarih ve 20.....sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Yaşar BAYINDIR  
Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı ve Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'nın ortak doktora programındaki eğitimim süresince ilgi ve desteğini esirgemeyen, tezimin her aşamasında yol gösteren ve ihtiyacım olan her zamanda bilgi ve düşüncelerine başvurduğum danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Çiğdem GÜLER'e,

Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'nda aldığımız doktora derslerinde ve tez sürecimde bilgi ve deneyimlerini bizimle paylaşan yardımcı danışman hocam Sayın Doç. Dr. Gül TOSUN'a,

Çalışmamın deney düzeneğinin hazırlanmasında çok büyük katkıları olan Sayın Prof. Dr. Sibel YILDIRIM ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat Selim BOTSALI'ya

Tez çalışmamın istatistik analizlerinin yapılmasında emeği geçen Sayın Prof. Dr. Saim YOLOĞLU'na,

Erozyon siklusu için gerekli solüsyonların hazırlanmasında katkıları olan Sayın Doç. Dr. Burhan ATEŞ'e

SEM ve EDX analizlerinin yapılmasında emeği geçen İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi Laboratuvar Sorumlusu Sayın Murat ÖZABACI'ya, mikro-CT analizlerini yapan Mikro-CT Laboratuvar Sorumlusu Sayın Canan YALÇIN'a ve görüntülerin yorumlanmasında yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali KELEŞ'e

Tez yazım aşamasında ihtiyacım olan yardımı esirgemeyen ve tez izleme komitemde bulunan Sayın Yrd. Doç. Dr. Esra AYHAN KIZILCI'ya,

Tez çalışmama olan katkısından dolayı Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne,

Tezimin tüm aşamalarında yanımda olan ve beni hep destekleyen yardımını hiç esirgemeyen eşim Engin GÜNEŞ'e,

Hayatım boyunca bana destek olup bugünlere gelmemi sağlayan anne ve babama

Sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum...

## ÖZET

Bu in vitro çalışmanın amacı; sıgır dişi üzerinde diyod lazer ve florun mine erozyonunu önleyici etkisini değerlendirmektir.

Bu amaçla her biri 10 mine örneğinden oluşan 4 deney grubu [kontrol (K), flor (F), diyod (D) ve F+D] oluşturulmuştur. Bütün örnekler 10 günlük erozyon siklusuna tabi tutulmuştur. Başlangıç, tedavi sonrası, 1, 3, 5 ve 10 günlük erozyon siklusu sonrası mine yüzeyindeki F, kalsiyum (Ca), fosfor (P) miktarları ve Ca/P oranları enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDX) ile hesaplanmıştır. Yüzeyde meydana gelen morfolojik değişiklikler taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile incelenmiştir. İlaveten, hacimsel değişiklikler mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-CT) ile görüntülenmiştir. Tüm veriler istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

F+D grubunda mine yüzeyine alınan F miktarı diğer gruplardan daha yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Diyod lazer uygulamasından sonra mine yüzeyindeki F değeri ve Ca/P oranında düşüş tespit edilmiş, fakat bu düşme oranı istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Erozyon siklusuna maruz bırakılan grupların F değeri ve Ca/P oranına bakıldığında en yüksek değerin F+D grubuna ait iken, en düşük değerin kontrol grubuna ait olduğu tespit edilmiştir. Diyod lazer tek başına uygulandığında mine yüzeyinde krater ve çukurcuklar şeklinde oyuklar izlenmiş fakat florla birlikte uygulandığında herhangi bir termal hasar gözlenmemiştir. SEM ve mikro-CT görüntüleri incelendiğinde erozyona karşı en dirençli grubun F+D grubu olduğu, en hassas grubun ise kontrol grubu olduğu bulunmuştur.

Sonuç olarak, diyod lazer ve F'nin birlikte kullanımı mine yüzeyine F alımını artırarak mine erozyonunu önlemiştir. Bu nedenle mine erozyonunun önlenmesi için diyod lazer ve florun birlikte kullanımı alternatif bir tedavi yöntemi olabilir.

Anahtar Kelimeler: Diş erozyonu, diyod lazer, flor, EDX, SEM, mikro-CT

## ABSTRACT

### EVALUATION OF THE PREVENTIVE EFFECT OF DIODE LASER AND FLUORIDE ON ENAMEL EROSION

The aim of this in vitro study is to evaluate the effect of preventive of enamel erosion by diode laser and fluoride on bovine teeth.

Totally 4 experimental groups [control (K), fluoride (F), diode laser (D) and F +D] were formed whereby each group was consisted of 10 enamel specimens. All samples were subjected to 10 day erosion cycle. Beginning, after the treatment, after the 1, 3, 5 and 10 days erosion cycle, amounts of F, Ca, P and ratios of Ca/P in enamel surfaces were calculated by EDX. Morphological changes were investigated by SEM. Additionally, volumetric changes were displayed by micro-CT. All datas were evaluated statistically using SPSS 17 software program.

Amount of F uptake on the enamel surface in the F+D group were higher than other groups ( $p < 0.05$ ). After application of diode laser, decrease was detected in the of F values and Ca/P ratios on the enamel surface, but this decrease rate was not statistically significant ( $p > 0.05$ ). Considering the F values and Ca/P ratios of the groups was exposed to erosion cycle, while the highest value in the F+D group, the lowest values were found to be the K group. Following only application of the diode laser, craters and pits shaped grooves was monitored on the enamel surface, but the application of diode lasers with F were applied any thermal damage wasn't observed. Analyzing the SEM and micro-CT images were founded that F+D group was the most resistant group to erosion and control group was the most vulnerable group to erosion.

As a result, the combined use of the diode laser with F prevented the enamel erosion by enhances the fluoride uptake enamel surface. Thus the combined use of the diode laser with F may be an alternative treatment method for prevent enamel erosion.

Keywords: Dental erosion, diode laser, fluoride, EDX, SEM, micro-CT

## İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI .....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xii
TABLOLAR DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Diş Erozyonu .....	3
2.1.1. Diş Erozyonunun Tanımı.....	3
2.1.2. Diş Erozyonu Epidemiyolojisi.....	4
2.1.3. Diş Erozyon İndeksleri.....	5
2.1.4. Diş Erozyonunun Oluşma Mekanizması.....	7
2.1.4.1. Mine Erozyonu.....	7
2.1.4.2. Dentin Erozyonu .....	9
2.1.4.3. Süt Dişi Erozyonu .....	10
2.1.5. Diş Erozyonunun Etiyolojisi.....	11
2.1.6. Diş Erozyonunun Teşhisi.....	16
2.1.7. Diş Erozyonunda Tedavi Yaklaşımları .....	18
2.2. Lazer.....	20
2.2.1. Lazerin Tanımı.....	20
2.2.2. Lazerin Tarihsel Gelişimi .....	20
2.2.3. Lazerin Dokudaki Etkileri .....	21
2.2.4. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler .....	22
2.2.4.1. Argon Lazer .....	22
2.2.4.2. CO <sub>2</sub> Lazer .....	23
2.2.4.3. Diyod Lazer .....	23
2.2.4.4. Nd:YAG Lazerler.....	24
2.2.4.5. Er:YAG Lazer .....	25

2.2.4.6. Er,Cr:YSGG Lazerler .....	25
2.2.5. Diş Hekimliğinde Lazerin Kullanım Alanları .....	26
2.2.5.1. Çürük ve Diş Vitalitesinin Teşhisinde Lazer Kullanımı .....	26
2.2.5.2. Koruyucu Diş Hekimliğinde Lazer Kullanımı.....	27
2.2.5.3. Mine ve Dentinin Pürüzlendirilmesinde Lazer Kullanımı.....	28
2.2.5.4. Çürüğün Uzaklaştırılması ve Kavite Preparasyonunda Lazer Kullanımı.....	28
2.2.5.5. Kavite ve Kök Kanal Sisteminin Sterilizasyonunda Lazer Kullanımı .....	29
2.2.5.6. Dentin Hassasiyetinin Giderilmesinde Lazer Kullanımı .....	30
2.2.5.7. Pulpa Kuafajı ve Amputasyon Tedavisinde Lazer Kullanımı .....	31
2.3. Flor .....	31
2.3.1. Florun Tarihçesi .....	31
2.3.2. Florun Yapısı ve Özellikleri .....	32
2.3.3. Florun Etki Mekanizması .....	32
2.3.4. Florun Diş Hekimliğinde Uygulama Yöntemleri .....	33
2.3.4.1. Sistemik Flor Uygulamaları.....	34
2.3.4.2. Topikal Flor Uygulamaları .....	35
2.4. Eroziv Yüzey Analiz Yöntemleri.....	37
2.4.1. SEM.....	38
2.4.2. EDX (EDS).....	39
2.4.3. Micro-CT .....	39
2.4.4. AFM .....	40
3.GEREÇ VE YÖNTEM .....	42
3.1. Gereçler .....	42
3.1.1. Dişlerin Hazırlanmasında Kullanılan Gereçler:.....	42
3.1.2. Yüzey Alanını Belirlemede Kullanılan Gereçler: .....	42
3.1.3. F Uygulamasında Kullanılan Gereçler: .....	43
3.1.4. Diyod Lazer İle Diş Yüzeyinin Hazırlanmasında Kullanılan Gereçler:.....	43
3.1.5. Dişlerin Bekletileceği Solüsyonların Hazırlanmasında Kullanılan Gereçler: ..	44
3.1.6. SEM ve EDX .....	45
3.1.7. Mikro-CT.....	45
3.2. Yöntem .....	46
3.2.1 Dişlerin Toplanması .....	46



3.2.2 Örneklerin Hazırlanması .....	46
3.2.3. Diş Yüzey Tedavilerinin Uygulanması .....	49
3.2.3.1. Flor Uygulaması.....	49
3.2.3.2. Diyod Lazer Uygulaması.....	49
3.2.4. Erozyon Siklusu .....	50
3.2.5. SEM Cihazıyla Mineral Analizi ve Yüzey Görüntülerinin Alınması .....	50
3.2.6. Mikro-CT ile Üç Boyutlu Görüntü Elde Edilmesi.....	51
3.2.7. İstatistiksel Analiz .....	52
4. BULGULAR .....	53
4.1. Tedavi Grupları ve Ölçüm Periyotlarına Göre SEM-EDX Bulgularının Değerlendirilmesi .....	53
4.1.1. Ortalama Atomik %F Değerleri.....	53
4.1.2. Ortalama Atomik %Ca Değerleri.....	56
4.1.3. Ortalama Atomik %P Değerleri.....	60
4.1.4. Ortalama Atomik %Ca/P Oranları .....	64
4.2. Tedavi Grupları ve Ölçüm Periyotlarına Göre Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Bulgularının Değerlendirilmesi.....	68
4.2.1. Tedavi Sonrası SEM Bulguları .....	68
4.2.2. 1 Günlük Erozyon Siklusu Sonrası SEM Bulguları.....	69
4.2.3. 3 Günlük Erozyon Siklusu Sonrası SEM Bulguları.....	70
4.2.4. 5 Günlük Erozyon Siklusu Sonrası SEM Bulguları .....	71
4.2.5. 10 Günlük Erozyon Siklusu Sonrası SEM Bulguları .....	72
4.3. Mikro-CT Bulgularının Değerlendirilmesi.....	74
5. TARTIŞMA.....	76
5.1. Gereç ve Yöntemin Tartışılması .....	76
5.2. SEM-EDX Bulgularının Tartışılması.....	81
5.3. SEM Bulgularının Tartışılması.....	84
5.4. Mikro-CT Bulgularının Tartışılması .....	86
6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	88
7. KAYNAKLAR.....	90
8. EKLER .....	111
9. ÖZGEÇMİŞ.....	112

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

EDX	Energy Dispersive X-ray Spectroscopy ( Enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi)
AFM	Atomic Force Microscopy (Atomik kuvvet mikroskobu)
Al	Alüminyum
AmF	Amin Fluorid
APF	Asidulated Phosphate Fluoride (Asitlendirilmiş fosfat fluorid)
BEWE	Basic Erosive Wear Examination (temel eroziv aşınma indeksi)
Ca <sup>2+</sup>	Kalsiyum
CaF <sub>2</sub>	Kalsiyum fluorid
CCP-ACP	Kazein fosfopeptid- amorf kalsiyum fosfat
CLSM	Confocal laser scanning microscop (konfokal lazer taramalı mikroskop)
CO	Karbonat
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
DELFL	Dye-enhanced laser fluorescence
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EDTA	Etilen diamin tetra asetik asit
Er:YSGG	Erbium : yttrium scandium gallum garnet
Er:YAG	Erbium : yttrium aluminium garnet
F	Fluorid
FAP	Fluoroapatit
FDA	Food and Drug Administration
FHAP	Fluoridli hidroksiapatit
Ga-Al-As	Galyum-Aliminyum-Arsenid
GÖR	Gastroözafajial reflü
HAP	Hidroksiapatit
H <sup>+</sup>	Hidrojen iyonu
He-Ne	Helyum Neon
Hz	Hertz
HF	Hidrojen Fluorid
Hz	Hertz

ICP-AES	İnduklenmiş eşleşmiş plazma ile birleştirilmiş atomik emisyon spektrometre
J	Joule
K	Potasyum
kHz	KiloHertz
LDF	Laser doppler flowmeter
Mg	Magnezyum
Mikro-CT	Micro Computed Tomography (Mikro bilgisayarlı tomografi)
MMP	Matriksmetalloproteinaz
Mn	Mangan
mW	Miliwatt
Na	Sodyum
NaF	Sodyum Fluorid
Nd:YAG	Neodmiyum –doped yttrium aluminium garnet
nm	Nanometre
P	Fosfor
PAD	Photoactivated bacterial disinfection
Pb	Kurşun
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Fosfat
PRP	Proline rich protein
QLF	Quantitative light-induced fluorescence
SEM	Scannig Electron Microscope (Taramalı elektron mikroskopu)
SnF <sub>2</sub>	Kalay fluorid
SP	Short pulse
TiF <sub>4</sub>	Titanyum tetra fluorid
TMR	Transverse microradiography
TWI	Smith and Knight Tooth Wear Index
VSP	Very short pulse
W	Watt

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 2.1</b>	Asitli içecekler (pH<4,5) nedeniyle diş yüzeyinde oluşan mineral kaybı .....	8
<b>Şekil 2.2</b>	Dentinde eroziv demineralizasyonun ilerleme süreci (enine ve boyuna kesit görüntüleri). a) sağlam dentin, b) başlangıç demineralizasyonu ve c) açığa çıkmış organik matriks.....	10
<b>Şekil 3.1</b>	Polisaj makinası .....	42
<b>Şekil 3.2</b>	APF jel ve pamuk uçlu aplikatör .....	43
<b>Şekil 3.3</b>	Diyod lazer ve koruyucu gözlük .....	44
<b>Şekil 3.4</b>	Örneklerin bekletildiği plastik numune kabı .....	44
<b>Şekil 3.5</b>	Mineral analizinin yapıldığı EDX ve yüzey görüntülerinin alındığı SEM'in görüntüsü .....	45
<b>Şekil 3.6</b>	Mikro-CT cihazının görüntüsü .....	46
<b>Şekil 3.7</b>	Örneklerin hazırlanması .....	47
<b>Şekil 3.8</b>	Matriks bandından hazırlanmış şablonla 2x3 mm <sup>2</sup> 'lik alanın kontrol edilmesi .....	47
<b>Şekil 3.9</b>	a) Bir diştten 4 adet diş örneği elde edilmesi ve b) 2x3 mm <sup>2</sup> 'lik pencerelerin oluşturulması. K: Kontrol Grubu, F: Flor Grubu, D: Diyod Grubu ve F+D: Flor+ Diyod Grubu. ....	48
<b>Şekil 3.10</b>	Deney gruplarının oluşturulması .....	48
<b>Şekil 3.11</b>	Örneklere diyod lazerin uygulanması .....	49
<b>Şekil 3.12</b>	Erozyon siklusunun gerçekleştirildiği numune kapları .....	50
<b>Şekil 3.13</b>	a) 2x3 mm <sup>2</sup> 'lik 4 ayrı pencerenin oluşturulması ve b) örneğin ikiye ayrılması. K: Kontrol, F: Flor, D: Diyod ve F+D: Flor+ Diyod Grubu .....	51
<b>Şekil 4.1</b>	Ölçüm periyotlarına göre tedavi gruplarının ortalama atomik %F değerlerinin dağılımı. B: Başlangıç, TS: Tedavi Sonrası, K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod ve F+D: Flor+Diyod Grubu .....	55

<b>Şekil 4.2</b>	Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %F değerlerinin dağılımı. K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod ve F+D: Flor+Diyod Grubu .....56	56
<b>Şekil 4.3</b>	Ölçüm periyotlarına göre tedavi gruplarının ortalama atomik %Ca değerlerinin dağılımı. B: Başlangıç, TS: Tedavi Sonrası, K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod ve F+D: Flor+Diyod Grubu .....59	59
<b>Şekil 4.4</b>	Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %Ca değerlerinin dağılımı. K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod ve F+D: Flor+Diyod Grubu .....60	60
<b>Şekil 4.5</b>	Ölçüm periyotlarına göre tedavi gruplarının ortalama atomik %P değerlerinin dağılımı. B: Başlangıç, TS: Tedavi Sonrası, K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod, ve F+D: Flor+Diyod Grubu .....63	63
<b>Şekil 4.6</b>	Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %P değerlerinin dağılımı. K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod ve F+D: Flor+Diyod Grubu .....64	64
<b>Şekil 4.7</b>	Ölçüm periyotlarına göre tedavi gruplarının ortalama atomik %Ca/P oranlarının dağılımı. B: Başlangıç, TS: Tedavi Sonrası K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod ve F+D: Flor+Diyod Grubu .....67	67
<b>Şekil 4.8</b>	Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %Ca/P oranlarının dağılımı. K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod ve F+D: Flor+Diyod Grubu .....68	68
<b>Şekil 4.9</b>	Tedavi sonrası SEM görüntüleri (x1.00 k). a) K:Kontrol, b) F:Flor, c) D:Diyod ve d) F+D: Flor+Diyod Grubu .....69	69
<b>Şekil 4.10</b>	1 günlük erozyon siklusu sonrası SEM görüntüleri (x1.00 k). a) K:Kontrol, b) F: Flor, c) D:Diyod ve d) F+D: Flor+Diyod Grubu .....70	70
<b>Şekil 4.11</b>	3 günlük erozyon siklusu sonrası SEM görüntüleri (x1.00 k). a) K:Kontrol, b) F:Flor, c) D:Diyod ve	

	d) F+D: Flor+Diyod Grubu.....	71
<b>Şekil 4.12</b>	5 günlük erozyon siklusu sonrası SEM görüntüleri (x1.00 k). a) K:Kontrol, b) F:Flor, c) D:Diyod ve d) F+D: Flor+Diyod Grubu. ....	72
<b>Şekil 4.13</b>	10 günlük erozyon siklusu sonrası SEM görüntüleri (x1.00 k). a) K:Kontrol, b) F:Flor, c) D:Diyod ve d) F+D: Flor+Diyod Grubu .....	73
<b>Şekil 4.14</b>	Ölçüm periyotlarına göre mikro-CT görüntüleri. a) Başlangıç, b) Tedavi sonrası, c) 1 günlük erozyon siklusu sonrası, d) 3 günlük erozyon siklusu sonrası, e) 5 günlük erozyon siklusu sonrası ve f) 10 günlük erozyon siklusu sonrası .....	74

**TABLolar DİZİNİ**

<b>Tablo 2.1</b>	Dentine ulaşan erozyon sıklığının ülkelere ve yaşlara göre dağılımı...4
<b>Tablo 2.2</b>	Smith & Knight Diş Aşınma İndeksi.....6
<b>Tablo 2.3</b>	BEWE Skorlaması .....7
<b>Tablo 4.1</b>	Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %F değerlerinin karşılaştırılması.....53
<b>Tablo 4.2</b>	Tedavi grupları arasında ortalama atomik %F değerlerinin karşılaştırılması.....54
<b>Tablo 4.3</b>	Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %Ca değerlerinin karşılaştırılması.....57
<b>Tablo 4.4</b>	Tedavi grupları arasında ortalama atomik %Ca değerlerinin karşılaştırılması.....58
<b>Tablo 4.5</b>	Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %P değerlerinin karşılaştırılması.....61
<b>Tablo 4.6</b>	Tedavi grupları arasında ortalama atomik %P değerlerinin karşılaştırılması.....62
<b>Tablo 4.7</b>	Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %Ca/P oranlarının karşılaştırılması .....65
<b>Tablo 4.8</b>	Tedavi grupları arasında ortalama atomik %Ca/P oranlarının karşılaştırılması .....66

## 1. GİRİŞ

Diş erozyonu; bakteri içermeksizin diş sert dokularının kronik, lokalize ve geri dönüşümsüz kaybıdır. Son yıllarda insanların yeme/içme alışkanlıklarının ve yaşam koşullarının değişmesi gibi nedenlerden dolayı diş erozyonunun oluşum sıklığı giderek artmaktadır [1, 2].

Süt dentisyondaki erozyon oluşumu daimi dişlerdeki erozyon riskini artırmaktadır [3]. Eroziv lezyonların erken dönemde tespit edilip gerekli önlemlerin alınması daimi dişlerin zarar görmesini engelleyecektir. Çocuklarda diş erozyonu; diş hassasiyeti, yeme güçlüğü, okluzyon bozukluğu, kötü estetik, pulpanın açığa çıkması ve apse gibi birçok problemi beraberinde getirir [4, 5]. Fakat eroziv lezyonu erken teşhis edebilen bir aygıt henüz bulunmamaktadır. Pürüzsüz, camsı-ipeksi ve bazen mat bir görünüm ve dişeti kenarı boyunca sağlam mine görüntüsü ilerlemiş erozyonun teşhis edilmesinde kullanılabilir [6].

Erozyonun etiyolojisi multifaktöriyeldir. Yiyecek ve içeceklerde bulunan asitler, bazı ilaçlarda bulunan asitler, mide asitinin dişlere temas etmesine neden olan mide rahatsızlıkları ve psikosomatik orjinli yeme bozuklukları (blumia, anorexia nevroza) ve bazı mesleklerde kullanılan asitler dişlerde erozyona neden olmaktadır. Erozyonun şiddeti asitin dişlere temas süresine ve sıklığına bağlı olarak değişmektedir [7, 8].

Diş erozyonunu önlemede asit maruziyetini azaltmak, tükürük akışını artırmak, demineralizasyonu azaltıp remineralizasyonu artıran preparatlar kullanmak [9] ve minenin asit direncini artırmak etkili olabilmektedir [10].

F dişlerde koruyucu uygulamaların en önemli etken maddesi olan halojen grubundan bir elementtir. Demineralizasyonu inhibe edip remineralizasyonu aktive etme özelliği birçok çalışmada gösterilmiştir. Bunun yanı sıra; dişlerin erozyona direncini artırdığı düşünülmektedir [11, 12].

Bugüne kadar erozyonu önlemek amacıyla çeşitli lazerler kullanılmıştır [10, 13, 14]. Lazerin yüzeyde erime ve rekristalizasyon gibi morfolojik değişiklikler meydana getirerek dişleri asit ataklarına karşı dirençli hale getirdiği bildirilmiştir [15, 16]. F'nin diyod lazer ile birlikte uygulandığında etkinliğinin daha da arttığı bazı çalışmalarda ispatlanmıştır [14, 17].



Bu in vitro çalışmanın amacı; diyod lazer ve F'nin mine erozyonunu önlemedeki etkisini değerlendirmektir. Test edilen hipotez; diyod lazerin F ile birlikte kullanıldığı grupta mine erozyonunu önleme etkisinin diğer gruplardan [hiçbir işlem yapılmayan (negatif kontrol), F (pozitif kontrol) ve diyod lazer] daha fazla olduğudur.

## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Diş Erozyonu**

Diş erozyonu hekimler ve araştırmacılar tarafından yıllardır az ilgi duyulan bir konu olmuştur [18, 19]. Gelişmiş ũlkelerde diş erozyonuna neden olabilecek risk faktörlerinin insan hayatında giderek daha fazla yer alması ve diş sağlığının en büyük sorunu olan çürüklerin zamanla önüne geçilmesi diş erozyonunun görülme sıklığını artırmıştır. Bu nedenle son yıllarda diş erozyonuyla ilgili çalışmalarda artış gözlenmektedir [2, 20].

#### **2.1.1. Diş Erozyonunun Tanımı**

Diş erozyonu; diş sert dokularının kronik, lokalize, ağrısız, ilerleyici ve geri dönüşümsüz kaybıdır. Diş sert dokuları asit tarafından kimyasal olarak rezorbe olmaktadır [19, 21]. Erozyonun oluşunu mikrobiyolojik açıdan steril bir süreçtir. Erozyon karyojenik mikroorganizmaların oluşturduğu diş çürüğünden farklıdır. Tekrarlayan asit atakları demineralizasyona neden olmakta ve yeniden mineral depolanmasına izin vermemektedir. Bu da dişte sert doku kaybına yol açmaktadır [22].

Diş aşınmalarının etiyojisi, ağız ortamı içerisinde dişlerin üzerindeki etkenlerin ve değişik mekanizmaların eşzamanlı etkileşimlerinin bir sonucudur [23]. Birçok yazar erozyon ve diş aşınması terimlerini birbirinin yerine kullanabilmektedir. Fakat bu terimlerin oluşma mekanizmaları birbirinden farklıdır [24]. Diş aşınmaları; erozyon, atrizyon ve abrazyon olarak üç farklı şekilde ele alınsa da birlikte sinerjik olarak etki gösterebilirler [25].

Atrizyon; dişler arasındaki temas bağlı diş aşınmasıdır. Bazı durumlarda kesici dişlerin düzleşmiş kesici kenarları atrizyon için önemli bir işaret olabilir [26]. Normal çene hareketleri sonucu yavaş ve düzenli olarak meydana gelen atrizyona fizyolojik atrizyon denir. Daha çok kapanış bozukluklarında görülen anormal diş pozisyonları nedeniyle oluşan aşınmaya ise patolojik atrizyon denir [27].

Abrazyon ise; diş fırçası, diş macunu veya diğer aşındırıcılar gibi yabancı objelere bağlı aşınmadır [23]. Çok yavaş gelişen fiziksel bir aşınmadır ve yaşla birlikte daha belirgin hale gelmektedir [28].

### 2.1.2. Diş Erozyonu Epidemiyolojisi

Süt ve daimi dişlerde yapılan erozyon prevalansı ile ilgili çalışmalarda, farklı sonuçlar bildirilmiştir. Bu çalışmaların kıyaslanması, tanı için farklı yöntemlerin kullanılması, farklı derecelendirme sistemleri ve örnekleme sayısının az oluşundan dolayı oldukça zordur [29, 30]. Bununla birlikte yapılan çalışmalar incelendiğinde yaşlara ve ülkelere göre erozyonun dağılım ve sıklığı ile ilgili genel bir fikir verebilecek yeterli sayıda çalışma bulunmaktadır (Tablo 2.1) [23].

**Tablo 2.1:** Dentine ulaşan erozyon sıklığının ülkelere ve yaşlara göre dağılımı.

Ülke	Yaş(Yıl)	Sayı	Yaygınlık (%)	Araştırmacılar (Yıl)
<b>Çocuklar</b>				
Birleşik Krallık	4-5	178	30	Millward ve ark(1994)
Birleşik Krallık	5	>1000	24	Downer (1995)
Birleşik Krallık	1,5-4,5	1658	8	Moynihan ve Holt(1996)
Suudi Arabistan	5-6	354	34	Al-Majed ve ark(2002)
İrlanda	5	202	21	Harding ve ark (2003)
Hindistan	5-6	100	30	Deshpande ve ark(2005)
Çin	3-5	1949	1	Luo ve ark(2005)
Almanya	2-7	463	13	Wiegand ve ark(2006)
<b>Genç Erişkinler</b>				
Birleşik Krallık	14	1035	30	Milosevik ve ark(1994)
Birleşik Krallık	15	>1000	2	Downer (1995)
Suudi Arabistan	20	95	16	Johansson ve ark(1996)
Küba	12	1010	17	Kunzel ve ark (2000)
Suudi Arabistan	12-14	862	26	Al-Majed ve ark(2002)
İzlanda	15	278	6	Arnadottir ve ark(2003)
Birleşik Krallık	14	1308	13	Dugmore ve ark(2003)
Birleşik Krallık	14	2351	53	Bardsley ve ark(2004)
Türkiye	11	153	28	Çağlar ve ark(2005)
Danimarka	15-17	558	1.6	Larsen ve ark (2005)
Sudan	12-14	157	22	El- Karim ve ark (2007)

Diş erozyonundan etkilenen dişlerin çenelerdeki dağılımı düzenli değildir. Bu etkilenmiş olan dişlerin konumu etiyolojiye bağlı olarak değişmekle birlikte kesin konumunu tahmin etmek imkansızdır. Fakat erozyonun çocuklar ve ergenlerde genellikle üst ön dişler ve birinci büyük azı dişlerinde diğer dişlere göre daha fazla görüldüğü rapor edilmiştir [31].

### 2.1.3. Diş Erozyon İndeksleri

Diş aşınmasını ölçebilmek için kliniksel ve bilimsel verilere ihtiyaç vardır. Bu amaçla erozyonun ilerleyişini ve şiddetini tanımlamada nitel ve nicel yöntemler kullanılır. Nicel yöntemler, diş yüzeyindeki girinti derinliği, kronun yüksekliği gibi objenin fiziksel ölçümlerine bağlıdır. Nitel yöntemler ise klinik tanımlara, daha çok subjektif olan ve değişkenlik gösterebilen yöntemlerdir [32].

Diş aşınma indekslerine erozyon indeksleri de denilmektedir. Erozyon indekslerinin amacı prevalans ve insidans çalışmalarında diş erozyonu veya diş aşınmasının şiddetini sınıflandırmak ve kaydetmektir. İdeal bir indeks; kullanılması basit, skorlama kriterleri anlaşılır ve tekrarlanabilir olmalıdır [33]. Bugüne kadar diş aşınmasını skorlamak amacıyla birçok indeks kullanılmıştır. Bunlardan bazıları [33, 34] :

- Eccle's İndeksi (1979)
- Smith & Knight Diş Aşınma İndeksi (TWI) (1984)
- Skorlama Sistemi Modifiye Edilmiş Linkosalo ve Markanken İndeksi (1985)
- Aine İndeksi (1993)
- Lussi İndeksi (1996)
- Larsen ve Westergaard İndeksi (2000)
- O'Sullivan indeksi (2000)
- Temel Eroziv Aşınma İndeksi (Basic Erosive Wear Examination) (BEWE) (2008)

Bunların içinde en sık kullanılan indeks Smith ve Knight'ın oluşturduğu (TWI) diş aşınma indeksidir [35]. Bu indeks; etiyolojiye bakılmaksızın dişteki doku

kaybı miktarının ölçülmesi ve değerlendirilmesi amacıyla kullanılan standart epidemiyolojik bir indekstir (Tablo 2.2) [34].

Eroziv diş aşınma indekslerinden bazıları ağızdaki bazı dişlerin kayıtlarını temel alırken [36, 37], diğerleri ağızdaki tüm dişleri derecelendirmeyi önermektedir. Sadece süt dişleri [38] veya sadece sürekli dişler için [39] kullanılan indeksler az sayıda olmasına rağmen hem süt hem sürekli dişler için kullanılan indeksler oldukça fazladır [36, 37].

**Tablo 2.2:** Smith & Knight Diş Aşınma İndeksi

Skor	Yüzey	Kriter
0	B/L/O/I/C	Yüzeyde değişiklik ve kontur kaybı yok
1	B/L/O/I/C	Minimal kontur ve mine yüzey karakteristiğinin kaybı
2	B/L/O	Dentinin 1/3'ünden az bir kısmının açığa çıktığı mine kaybı
	I	Dentin açığa çıkmış mine kaybı
	C	1 mm'den az derinlikte defekt
3	B/L/O	Dentin yüzeyinin 1/3'ünden fazlasının açığa çıktığı mine kaybı
	I	Pulpa açığa çıkmamış dentin kaybı
	C	1,2 mm derinlikte defekt
4	B/LO	Minenin tamamen kaybı, pulpa kaybı, sekonder dentin açığa çıkmış
	I	Pulpa ekspozu ve sekonder dentin açığa çıkmış
	C	2mm'den derin defekt, pulpa ekspozu ve sekonder dentin açığa çıkmış
B: Bukkal      L: Lingual      O: Okluzal      I: İnsizal      C: Servikal		

Eroziv diş aşınmasında çok sayıda farklı indeksin kullanılması bu konuyla ilgili mevcut bilginin yeterli olmadığını göstermektedir. Diş erozyonu indeksleri konusunu tartışmak için düzenlenen bir çalışmaya göre; mevcut indekslerin birçok kusuru olduğu ve standardize edilmiş uluslararası kabul görmüş bir indekse ihtiyaç

olduğu tespit edilmiştir. Bu çalıştayın sonucunda, mevcut sorunları gidermek amacıyla yeni bir skorlama sistemi olan Basic Erosive Wear Examination (BEWE) önerilmiştir. BEWE, Basic Periodontal Examination modelini temel alarak oluşturulmuş, basit ve tekrarlanabilir bir skorlama sistemidir (Tablo 2.3) [40].

**Tablo 2.3:** BEWE Skorlaması

Skor	Kriter
0	Erozyon yok
1	Yüzeyel yapıda başlangıç aşamasında kayıp var
2 <sup>a</sup>	Belirgin defekt, yüzeyin %50'sinden az sert doku kaybı
3 <sup>a</sup>	Yüzeyin %50'sinden fazla sert doku kaybı
<sup>a</sup> Sıklıkla dentini içermektedir.	

#### 2.1.4. Diş Erozyonunun Oluşma Mekanizması

Diş erozyonunun oluşma mekanizması; etiyojisine bakılmaksızın, ortamda bulunan asit nedeniyle diş sert dokuların yüzeyel demineralizasyonu ile başlayan bir süreçtir. Bu asit kaynağı etiyolojiye bağlı olarak değişmektedir. Diş erozyonunun oluşma hızı; pH değeri, kalsiyum miktarı, fosfor miktarı, şelasyon özellikleri ve eroziv atakların sıklığına bağlı olarak değişmektedir [41].

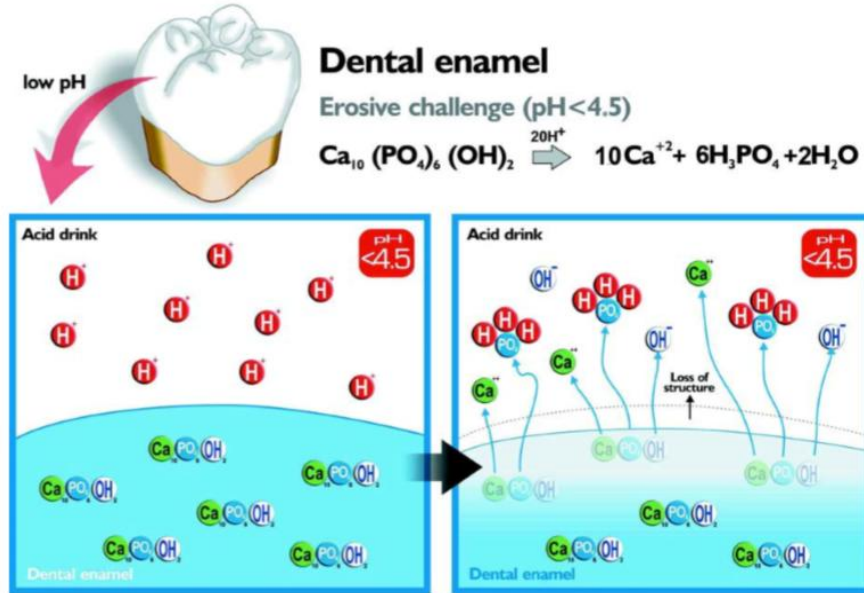
##### 2.1.4.1. Mine Erozyonu

Mine hacimsel olarak; hidroksiapatit (%92-94), su (%2-3), karbonat (%2), eser elementler (sodyum, magnezyum, potasyum, klorür, çinko, yaklaşık %1), yağlar (<%1) ve floridden (%0,01–0,05) oluşur [42]. Büyük oranda formülü  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$  olan hidroksi apatit (HA) kristallerinden oluşan yüksek mineralize bir dokudur. Bu kristaller anahtar deliği şeklinde desteler halinde uzanarak mine prizmalarını oluşturmaktadır [43].

Sodyum (Na), potasyum (K), fosfat (PO<sub>4</sub>), karbonat (CO), ve magnezyum (Mg) gibi bazı elementler HA kristallerinin yapısındaki bazı Ca iyonlarının yerine geçebilmekte ve asitlere karşı dayanıksız bir yapı oluşmaktadır. Bu durum Ca eksikliği olarak bilinmektedir [44]. Bunun aksine ortamda F bulunuyorsa çözünebilir HA kristalleri daha az çözünebilir floroapatite [Ca<sub>10</sub>F<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>] dönüşebilir ve böylece daha dirençli bir yapı ortaya çıkar [45].

Asidik solüsyon mine ile temas kurduğunda, ilk geçişi pelikül üzerinden yapmak zorunda kalır ve yalnızca bu şekilde mine ile etkileşime girebilir. Pelikül bakteri içermeyen, sert ve yumuşak dokuları kaplayan, organik bir tabakadır [46]. Pelikülün demineralizasyonu önlemede ve remineralizasyonu desteklemede önemli bir rolü olduğu bildirilmiştir [47].

4,5 pH değerinden daha düşük asidik içecekler, mine yüzeyindeki apatit kristallerinin kolaylıkla çözünmesine neden olur (Şekil 2.1) [43]. Dişlerin kimyasal aşınması asitlerden ya da kalsiyuma bağlanabilen anyonlardan elde edilen hidrojen iyonu (H<sup>+</sup>) ile oluşmaktadır. H<sup>+</sup> iyonu dişin yapısında bulunan CO veya PO<sub>4</sub> iyonu ile birleşerek çözünmesine neden olur [48].



**Şekil 2.1:** Asitli içecekler (pH<4,5) nedeniyle diş yüzeyinde oluşan mineral kaybı [43].

İlk olarak prizma çepri ardından prizma gövdesi çözünerek, yüzey görüntüsü bal peteği görünümü alır [49]. Daha sonra, iyonize olmamış asit interprizmatik alanda yüzey altına doğru ilerleyerek bu bölgede daha fazla mineral çözünmesine yol

açar [50, 51]. Çözünen bu iyonlar diş yüzeyinin hemen altında ve mine yüzeyine bitişik sıvı yüzey tabakasında pH yükselmesine neden olur [51].

Uzun süre asidik pH değerine sahip kimyasallara maruz kalma ya sert dokuyu tamamen çözer ya da yüzeyin birkaç milimetre altında ince bir yumuşama yaratır. Bu süreç yumuşama olarak bilinmektedir. Bu yumuşamış tabaka mekanik aşınmalara ve eroziv etkenlere karşı savunmasızdır [43].

#### **2.1.4.2. Dentin Erozyonu**

Dentin %47 inorganik (apatit), %33 organik (kollajen) bileşenlerden ve %20 oranında sudan oluşmaktadır. Organik bölümü %90 oranında tip 1 kollajen içerir. Diğer komponentleri; nonkollajen fosfoprotein ve glikoprotein, lipid ve proteoglikandır. Sertliği mineye göre daha azdır. Dentinde pulpadan mine dentin birleşimine kadar uzanan dentin tübüleri yer almaktadır. Bu tübüller peritübüler dentin ile çevrilidir ve bu peritübüler dentin mineral yoğunluğunun en fazla olduğu kısımdır. Kalsiyum ve fosfat elementlerinin yanında diğer elementler de mevcuttur [52].

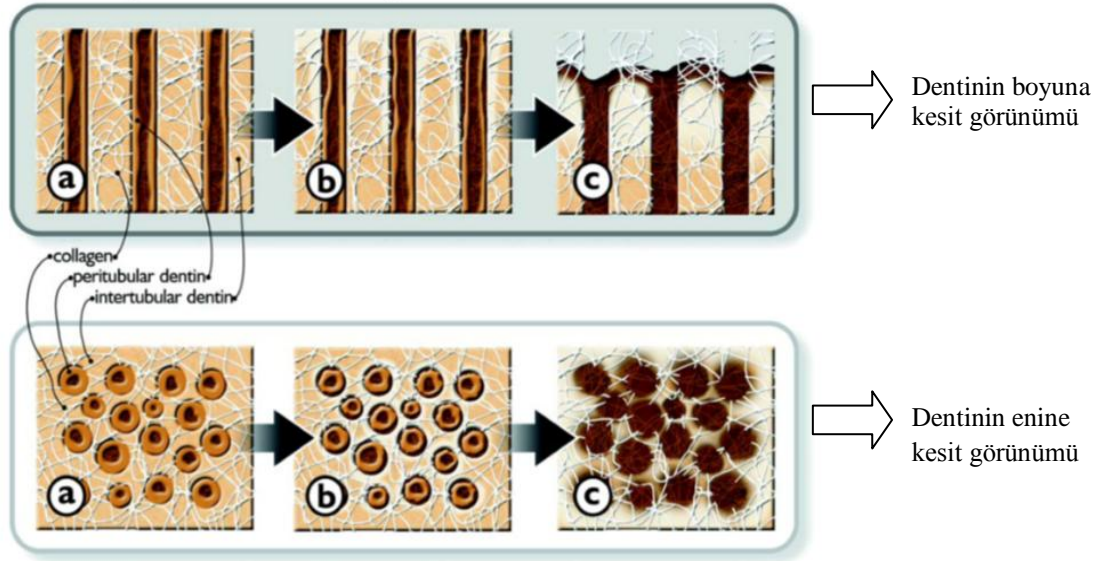
Minenin yapısında yaklaşık %3 civarında CO bulunurken dentinin yapısında yaklaşık %5-6 civarında CO bulunmaktadır. Bu nedenle dentin mineye göre daha çok çözünmektedir. Ayrıca dentindeki kristallerin minedeki kristallere göre boyutları daha küçüktür [45].

Dentin erozyonu mine erozyonu ile prensip olarak aynı fakat daha karmaşıktır. Dentin erozyonu ilk olarak intertübüler ve peritübüler dentin arasındaki ara yüzden başlamaktadır. Asit maruziyeti devam ettikçe tübül ağzları huni şeklini alır ve sonunda peritübüler dentin tamamen çözünür. Böylece asite maruz kalan dış tabakadaki organik matriks tamamen demineralize olur (Şekil 2.2) [43, 53]. Bu tabaka mekanik ve proteolitik etkenlere karşı savunmasızdır. Diş fırçalama veya dilin sürtünmesi bile dişi aşındırabilir. Dolayısıyla asit atağı mine ve dentini daha hassas yapar ve atrizyon veya abrazyon gibi diş aşınmalarını daha şiddetli hale getirir [48].

Ganss ve arkadaşları erozyon süreci üzerinde organik matriksin etkisini inceledikleri çalışmalarında ortamdaki parçalanabilir kolajen miktarının artmasının



dentin demineralizasyon oranını azalttığını, böylece demineralize olmuş matriksin demineralize bölgede iyon difüzyonuna engel olduğunu bulmuşlardır [54, 55].



**Şekil 2.2:** Dentinde eroziv demineralizasyonun ilerleme süreci (enine ve boyuna kesit görünümleri). a) sağlam dentin, b) başlangıç demineralizasyonu ve c) açığa çıkmış organik matriks [43].

Meurman ve arkadaşları yaptıkları çalışmanın sonucunda erozyon sürecinin hızlı bir şekilde gelişmesi durumunda diş hassasiyeti oluştuğunu, sürecin yavaş gelişmesi durumunda çok şiddetli eroziv lezyonlarda bile hassasiyet görülmediğini bildirmişlerdir [49].

### 2.1.4.3. Süt Dişi Erozyonu

Süt dişi ve sürekli diş mineleri arasında yapısal ve kimyasal farklılıklar mevcuttur. Yapılan çalışmalara göre, süt dişi minesinin organik madde oranı daimi dişlere göre daha yüksek bulunurken [56], F konsantrasyonu daha düşük bulunmuştur [57]. Ayrıca, süt dişi mine ve dentini daimi dişlerinkinden daha incedir. Bu nedenle erozyon daimi dişlere göre 1,5 kat daha hızlı ilerler ve gelişmiş bir lezyonun oluşması için daha kısa bir asit maruziyeti yeterlidir [58].

Ancak süt dişiyle yapılan çalışmalar çelişkili sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Bazı araştırmacılar süt dişinde erozyona artan bir yatkınlık bulurken [58, 59], bazıları süt

ve daimi diş sert dokuları arasında hiçbir fark bulamadıklarını belirtmişlerdir [60, 61].

Naujoks ve arkadaşları süt diş minesinin Ca/P oranının daimi diş minesinden daha yüksek olduğunu gözlemlmelerine karşın, süt dişlerindeki mineralizasyon derecesinin daimi dişlere oranla daha düşük olduğunu bildirmişlerdir [62].

### **2.1.5. Diş Erozyonunun Etiyolojisi**

Diş erozyonunun etiyolojisi multifaktöriyeldir ve tamamen anlaşılamamıştır [48]. Genel olarak, diş erozyonu için etiyolojik faktörler, dışsal ve içsel kaynaklı olarak ayrılmaktadır. Nedeni bilinmeyen erozyon idiyopatik erozyon olarak adlandırılır, fakat klinik uygulamaları sınırlıdır [63].

Erozyonun asıl nedeni olan asitin kaynağı etiyolojiye bağlı olarak değişmektedir. Bu kaynakları üç başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar; içsel faktörler, dışsal faktörler ve predispozan faktörlerdir [64].

#### **2.1.5.1. İçsel Faktörler**

İçsel faktörlere bağlı olarak oluşan erozyonun nedeni gastrik asittir [65]. Kusma, geğirme, gastroözofageal reflü (GÖR), ruminasyon, anoreksiya nevroza ve blumia gibi yeme bozuklukları ve bazı mide bağırsak sistemi rahatsızlıkları sonucu erozyon oluşmaktadır [23, 66]. Kusma ve geğirme hidroklorik asitin mideden ağız boşluğuna gelerek dişleri etkilemesine yol açar. En çok etkilenen yüzeyler özellikle üst keser dişlerin palatinal yüzeyleridir [8].

#### **GÖR**

GÖR, gastrik içeriğin gastroözofageal sfinkter yetersizliği sonucu istemsiz olarak ağız boşluğuna gelmesidir [67]. Ancak çocuklarda ve erişkinlerde gün boyunca özofageal sfinkterin normal fonksiyon görmesi durumunda da fizyolojik olarak meydana gelebilir. Hamilelik ve şişmanlık sonucu karın içi basınç artması nedeniyle GÖR oluşabilmektedir. Bebeklerde de bu durum normal kabul edilebilir. Mekanizması tam olarak anlaşılmassa da genetik, çevresel, anatomik, hormonal ve

nörojenik olaylarla ilgili olduğu bildirilmektedir [68]. Ruminasyon adı verilen ve bilinçli olarak yapılan reflü ise yeme bozukluğu veya davranış bozukluğuna bağlı olarak oluşabilmektedir [23].

Geğirme bebeklerde ve çocuklarda GÖR hastalığının en önemli belirtisidir. Hastalığın diğer bulguları olmaksızın sadece geğirme bulgusunda bebekte rahatsızlık görülmektedir. Süt çocuklarının hemen hemen hepsinde kendiliğinden düzeldiğinden tedaviye gerek görülmemektedir [69]. Fakat şiddetli GÖR hastalığı olan süt çocuklarının küçük bir bölümünde anoreksi (iştahsızlık), disfaji (zor yutma), odinofaji (ağrılı yutma), beslenme sırasında çocuğun yay pozisyonunu alması, irritabilite (tahriş), hematemez (kusma ile beraber kan gelmesi), anemi, hipoproteinemi (protein miktarının düşmesi), melena (dışkıdan kan çıkması) ve gelişme geriliği olabilmektedir [68, 69].

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 [70, 71]. Bu lezyonların şiddeti GÖR hastalığının meydana çıkma zamanına ve geğirme sıklığına bağlı olarak değişebilir. Ayrıca GÖR hastaları düşük tükürük tamponlama kapasitesine sahip olduklarından bu hastalarda daha şiddetli eroziv lezyonlar meydana geldiği belirtilmektedir [72].

Dişlerde aşınmanın yanında harabiyet, hassasiyet, kötü estetik görünüm ve diş ağrıları görülebilir. Mine tabakasının çözünürlüğü için kritik pH değeri 5,5'dir. GÖR durumunda ağızda bulunan gastrik sıvının pH değeri 1-1,5 arasında değişmektedir. Dişlerin mine tabakası sürekli gastrik sıvıdan kaynaklanan asitli ortamda kaldığında yüzeylerinde demineralizasyon gerçekleşmektedir [73].

Wang ve arkadaşlarının [74] 88 yetişkin hastada GÖR ile diş erozyonu arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında, GÖR bulunanlarda diş erozyonu görülme sıklığı diğer sağlıklı bireylere oranla daha fazla olduğunu bildirilmiştir. Buna karşın; O'sullivan ve arkadaşları 2-16 yaşları arasındaki 53 çocukta GÖR ile erozyon arasındaki ilişkiyi araştırmışlar ve GÖR'ün neden olduğu erozyonun çocuklarda erişkinler kadar büyük bir problem oluşturmadığını bildirmişlerdir [66].

### ***Yeme Bozuklukları***

Yeme bozuklukları zayıflama amacıyla yapılan diyetin kontrolden çıkmasından daha ciddi bir problemdir. Kişinin fiziksel ya da psikososyal durumdan dolayı ısrarla yemek yemeyi reddetmesi olarak tanımlanır. Yeme bozuklukları; anoreksiya nervoza ve bulimia olarak iki gruba ayrılmaktadır [27].

Anoreksiya nervozada kişi sürekli çok şişman olduğunu düşünür ve yemek yemeyi sınırlar. Bu yüzden şiddetli kilo kaybı görülür. Anoreksiya nervozalı hastaların kilo kayıpları nedeniyle teşhisi kolaydır. Bulimialı hastalarda ise aşırı derecede yemek yedikten sonra istemli olarak kusma görülür. Hastaların bu anormal yeme alışkanlıklarını saklamak istemeleri ve spesifik bir semptomunun olmaması bu hastalığın teşhisini zorlaştırmaktadır. Zamanla dişlerde oluşan erozyon nedeniyle genellikle ilk olarak diş hekimleri tarafından teşhis edilmektedir [8].

#### **2.1.5.2. Dışsal Faktörler**

Diş erozyonunun oluşmasında etkili olan dışsal faktörleri 4 grup altında incelenebilir. Bunlar; çevresel (mesleki) faktörler, diyet, ilaçlar ve hayat tarzıdır [75].

##### ***Çevresel (Mesleki) Faktörler***

Çalışma ortamında organik asite maruz kalan bireylerde diş erozyonu oluşma sıklığı ve şiddeti fazladır. Bu bireylerde en belirgin bulgu keser dişlerde şiddetli erozyona rastlanılmasıdır. Örneğin; dinamit fabrikasında çalışan işçiler sülfirik ve nitrik asite, pil üreten fabrikalarda çalışan işçiler ise hidroklorik asite maruz kalmalarından dolayı bu işçilerde şiddetli derecede erozyona rastlanılmaktadır [76].

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 [77]. Yüzücüler için erozyon riski havuzda kalma süresi ve eğitim miktarıyla doğru orantılıdır. Yapılan bir araştırmaya göre profesyonel yüzücülerde diş erozyonu %26 bulunurken, sadece hobi amaçlı yüzen profesyonel olmayan yüzücülerde %10 bulunmuştur [78].

Daha az karşılaşılmakla birlikte ağızlarında pipetle asit taşıyan laboratuvar çalışanları ve profesyonel şarap tadicıları da erozyon riski taşımaktadır. Mulic ve arkadaşları [79] Norveç'te yaptıkları çalışmada şarap tadicılarıyla diğer bireyleri eroziv diş aşınması açısından karşılaştırmışlar ve iki grup arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğunu ve şarap tadicılarının diş yüzeylerinde çok şiddetli eroziv diş aşınmalarının bulunduğunu saptamışlardır.

### ***Diyet***

Dış kaynaklı etkenlerden olan asitli yiyecek ve içeceklerin tüketilmesi diş erozyonunun en önemli sebeplerinden biridir. Erozyona neden olabilecek başlıca yiyecek çeşitleri şunlardır; taze asidik meyveler (üzüm, elma, narenciye, v.b.), ketçap, sirke ve sirkeli yiyecekler (turşu, salata, bazı cipsler, konserveler) ve meyve bazı şekerlerdir. İçeceklere örnek olarak şekerli ve şekersiz meşrubatlar, karbonatlı ve karbonatsız içecekler, meyve suları, enerji ve spor içecekleri, şarap, bazı bitkisel çaylar verilebilir [80].

Birçok yiyecek ve içeceğin eroziv özellikleri çeşitli in vivo ve in vitro çalışmalarda incelenmiştir [81, 82]. Bu çalışmalara göre, yiyecek ve içeceklerin erozyon oluşturma kapasitesi tek bir nedene bağlı değildir. Yiyeceğin pH'ına, içerdiği asidin çeşidine ve kalsiyum, F gibi mineralleri içerip içermemesine, tamponlama kapasitesine, kalsiyum şelasyon özelliklerine, diş yüzeyine yapışma özelliğine ve yenme sıklığına bağlı olarak değişmektedir.

Yiyecek ve içeceklerin içerisinde bulunun temel diyet asitleri, sitrik, malik, tartarik, laktik ve fosforik asittir [75]. 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 lahana yemeği içerisinde de bulunmaktadır. Fosforik asit, özellikle kolalı içeceklerin içeriğinde bulunmaktadır [83].

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 [84]. Mirkarimi ve arkadaşları yeşil çayın dentin erozyonunun tedavisi üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında yeşil çayın erozyona maruz kalmış dentinin mikro sertliğini artırdığı sonucunu çıkarmışlardır [85].

Şarap tartarik asit ve malik asit gibi meyve asitleri içerir. 3 ile 4 arasında değişen düşük pH değerine ve düşük Ca ve P konsantrasyonuna sahip olması erozyon oluşturma potansiyelini artırmaktadır [79].

### ***İlaçlar***

Birçok ilaç ve ağız hijyen ürünü düşük pH'ya sahip olduğundan erozyona neden olabilmektedir. Bu ilaç ve ağız hijyen ürünlerinin sık kullanılması ve dişlerle temas süresi erozyon riskini daha da artırmaktadır. Bunlara örnek olarak; sıvı hidroklorik asit, C vitamini, aspirin, kalsiyum bağlayıcı ajanlar, demir ilaçları, asidik oral hijyen ürünleri verilebilir [86].

Sıvı hidroklorik asit, 'achlorhydria' olarak adlandırılan mide duvarının hidroklorik asit yapma yeteneği olmayan hastaların tedavisinde kullanılır. Bu tedaviyi gören hastalarda şiddetli derecede erozyon gözlenmektedir [75].

Günümüzde yaygın olarak kullanılan C vitamini (L-askorbik asit) tabletlerinin tükürük pH'ını 2'nin altına düşürdüğü bildirilmiştir [87]. Uzun süre ağızda kaldıklarında diş erozyonuna neden olduğu bildirilmiştir [75].

Juvenil romatoid artriti olan çocuklar aspirin tabletlerini uzun süre, günde 3-4 kez çiğneyerek kullanmaktadırlar. Sullivan ve arkadaşları juvenil romatoid artritli 42 çocuk üzerinde yaptıkları çalışmada, aspirini çiğneme tableti olarak alanların okluzal yüzeylerinde erozyon gözlendiğini, direkt yutan çocuklarda ise erozyon görülmediğini bildirmişlerdir [88].

Astımlı hastaların kullandığı ilaçların erozyona etkisinin araştırıldığı bir çalışmanın sonucunda,  $\beta_2$  adrenarjik reseptör agonisti olan Salbutamol (Ventolin) veya terbutalinin (Bricanyl) uzun süre kullanılmasının tükürük akış hızını

düşürdüğünü, bronkodilatör olarak kullanılan aminofilin ve teofilinin alt özofageal sfinkterdeki düz kaslarda gevşemeye neden olarak GÖR'ün oluşmasına zemin hazırladığını bildirmişlerdir. Ayrıca kullanılan ilaçların asidik olmasının ve yan etkisi olarak ortaya çıkan ağız kuruluğunun astımlı bireyleri düşük pH'lı içeceklere yöneltmesi de erozyon riskini artırmaktadır [64].

Bazı diş macunları ve F içeren gargaralar diş yüzeyinde F bileşiklerinin stabilitelerini güçlendirmek amacıyla düşük pH'ya sahiptirler ve uzun süre kullanılırsa erozyon oluşturma özelliği gösterirler. Ayrıca ağız hijyen ürünlerinin aşırı kullanımı pelikülü ortadan kaldırarak asitlere karşı dişleri savunmasız bırakırlar [86].

### ***Yaşam Tarzı***

Yaşam tarzı genellikle beslenme biçimini, ilaç kullanımını, fiziksel aktiviteleri, alışkanlıkları ve stres etkenlerini içine alan sosyal bir çemberdir. Yaşam tarzının genel sağlık durumu ve ağız sağlığı üzerindeki etkisi büyüktür [23]. Günümüzdeki yaşam tarzının getirdiği önemli değişiklikler ise; asitli içecek içme alışkanlığının artması, süt ve süt ürünlerinin tüketiminin azalması, fiziksel aktivitenin azalmasına bağlı oluşan obezite, diyabet ve osteoporozdur [89].

Egzersiz sonrası tükürük salgısı azaldığından dolayı spor içecekleri tüketen gençler, gece kola içerek uyanık kalmaya çalışan bilgisayar kullanıcıları diş erozyonu açısından risk altındadır. Vejeteryan beslenme tarzına sahip olan kişiler çok fazla meyve, meyve suyu ve sebze tüketmekte ve diş temizliğini çok iyi yapma eğiliminde olduklarından diş erozyonu görülme olasılığı fazladır [23]. Ayrıca içeceklerin tükürük akış hızının arttığı öğünlerde değil de öğün aralarında tüketilmesi, ağızda bekletilmeleri, pipet kullanılmadan içilmeleri ve tüketilmelerinden hemen sonra dişlerin fırçalanması erozyon oluşumunu kolaylaştıran faktörlerdir [90].

### **2.1.6. Diş Erozyonunun Teşhisi**

Diş erozyonunun spesifik bir semptomu olmadığından teşhis etmek zordur, fakat diş hekiminin erozyonu erken dönemde teşhis etmesi ve patogenezi anlaması oldukça önemlidir. Klinik muayene iyi bir ışık altında, temiz ve kuru diş yüzeyleri

üzerinde yapılmalıdır. Erozyon derecesine göre hafif hassasiyetten şiddetli ağrılara kadar değişen semptomlar verebilir. Bu nedenle, doğru teşhis koyabilmek için dişler kurutulurken dikkatli olunmalıdır. Diş erozyonu muayene edilirken birkaç dişi aynı anda görmeyi sağlayacak büyük bir ayna kullanmak kolaylık sağlayacaktır [91].

Diş erozyonunun başlangıç aşamasında genellikle hiç bir belirti olmadığı için erozyon gözden kaçırılabilir. Erozyonun oluşmasını ve ilerlemesini belirlemek için rutin olarak kullanılan hiç bir aygıt yoktur. Bu nedenle erozyonun klinik görünümü hekim için büyük bir öneme sahiptir. İlerleyen aşamalarda erozyonun klinik belirtileri kendini gösterir [19].

Ayırıcı tanı olarak diş çürükleri ve endodontik problemler dikkate alınmalıdır. Eroziv lezyonların yüzeyi farklı görünüme sahip olabilir. Pürüzsüz, parlak veya mat, düzensiz, yuvarlak veya düz bir yüzey mine erozyonunun tipik görüntüsüdür. Özellikle üst anterior bölgenin palatinal yüzeyinde dişeti boyunca bozulmamış mine görüntüsü izlenebilir [18]. Ayrıca kron kenarlarında mine sırtı devam edebilir. Mine kaybı dentinin açığa çıkmasına ve böylece diş hassasiyetine yol açabilir [92].

Hem süt hem de sürekli dişlerde diş erozyonu için en sık rastlanan klinik görünüm azı dişler üzerindeki çukurcuklardır. En çok birinci büyük azıların tepelerinde rastlanır. Diş yüzeyinden yüksek kalmış restorasyonlar da erozyonun kliniksel özelliklerindedir [7].

Dişlerin estetik ve fonksiyonunda değişikliğe neden olan erozyon, dişin genellikle fasiyal, okluzal ve lingual yüzeylerinde görülmektedir [93]. İç kaynaklı etkenler dişlerin palatinal/lingual yüzeylerini; dış kaynaklı olanlar ise labial/bukkal yüzeylerini etkiler [73].

Çok şiddetli olgularda genellikle üst orta süt kesici dişlerin palatinal yüzeylerinde pulpa görüntüsüyle karşılaşılabilir. Bu görünüm tersiyer dentin oluşumu veya doğrudan pulpanın açığa çıkması olabilir. Diş erozyonunun ilerleme süreci çok sayıda diş kaybına bağlı olarak kapanış bozukluğu ile sonuçlanabilir [23].



### 2.1.7. Diş Erozyonunda Tedavi Yaklaşımları

Diş erozyonu multifaktöriyel bir durumdur. Diş erozyonunun tedavisine lezyonun etiyojisine ve ilerleme derecesine göre değerlendirme yapıldıktan sonra karar verilmelidir [94].

#### 2.1.7.1. Koruyucu 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 veya 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 [23].

Erozyonu önlemede ilk adım, belirlenen risk faktörlerinin ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesidir. Erozyon içsel faktörlerden kaynaklanıyorsa 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 [95].

Günlük tüketilen yiyecek ve içecekler erozyon açısından risk taşıyorsa asidik besinlerin tüketimini kısıtlayan diyet önerileri verilmelidir. Asidik içeceklerin alımı tamamen engellenemiyorsa tüketimi sadece ana yemeklerle sınırlandırılmalı, diğer içeceklere göre daha hızlı yutulmalıdır veya bunları içerken ağzın arkasına doğru yerleştirilen bir pipet kullanılmalıdır. Ara öğünlerde nötral ve alkali özellikte yiyecekler tercih edilmelidir. Yemekten sonra 1 saat bekledikten sonra dişler fırçalanmalıdır [96].

Erozyondan korunmanın bir diğer yolu dişleri asit ataklarına karşı güçlendirmektir. Yapılan birçok çalışmada F preparatlarının dişleri güçlendirdiği kanıtlanmıştır [97-99]. Bunu diş yüzeyinde oluşturduğu kalsiyum florid (CaF<sub>2</sub>) sayesinde gerçekleştirdiği düşünülmektedir [100].

Caldeira ve arkadaşları F<sup>3</sup>'nin ortodontik braketlerin çevresinde oluşan diş erozyonunu önlemedeki etkisini araştırmışlar, sık aralıklarla düşük konsantrasyonlu F uygulamasının yüksek konsantrasyonlu tek uygulamaya göre erozyona karşı daha koruyucu olduğu sonucunu tespit etmişlerdir [98].

Abdullah ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada erozyona karşı uygulanan kazein fosfopeptid amorf kalsiyum fosfat (CPP-ACP) ve farklı konsantrasyonlardaki sodyum florid (NaF) tedavilerinin sertlik artışındaki etkisini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda demineralize olmuş yüzeylerde en yüksek sertlik artışı 4500 mg/L F konsantrasyonuna sahip NaF tedavisinde bulunduğunu belirtmişlerdir. Buna karşın; CPP-ACP ve 1400 mg/L F konsantrasyonuna sahip NaF tedavilerinde sertlik artışı gözlenemediğini bildirmişlerdir [101].

Son yıllarda lazer uygulamalarının erozyona karşı koruyucu etkileri konusuna gittikçe artan bir ilgi söz konusudur. Lazerin mine yüzeyine alınan F miktarını artırması ve yüzeyde yaptığı bazı değişiklikler sayesinde dişleri asit ataklarına karşı güçlendirdiği savunulmaktadır [17, 102].

De-Melo ve arkadaşlarının diyod lazerin dentin üzerindeki erozyona etkisini araştırdıkları çalışmalarında 15 J/cm<sup>2</sup>, 30 J/cm<sup>2</sup>, 60 J/cm<sup>2</sup> değerlerinde ışınlama yapmışlardır. Daha sonra bütün gruplara pH siklusu (1.0 M hidroklorik asit) uygulamışlar ve en düşük aşınmanın 60 J/cm<sup>2</sup> değerindeki diyod lazer grubunda gözlendiğini bildirilmişlerdir [10].

### **2.1.7.2. Restoratif Tedaviler**

Eroziv lezyonun derecesine bağlı olarak restoratif tedaviler düşünülebilir. Ancak restoratif tedavinin erozyona neden olan etkenin tedavisi olmadığını göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Etken ortadan kalkmadığı sürece yapılan tedavilerin klinik ömürleri sınırlı olduğu bilinmeli ve sık aralıklarla kontrol edilmelidir [23].

Erozyonun neden olduğu dişlerdeki madde kaybı nedeniyle fonksiyonel, biyolojik ve estetik bir takım sorunları beraberinde getirmektedir. İyi bir klinik değerlendirmenin ardından bu sorunları ortadan kaldıracak çözümler üretilebilir. Orta

dereceli diş kayıplarında adeziv teknikler ve rezin kompozitler önerilebilir. Şiddetli diş kayıplarına bağlı okluzal dikey boyut kaybının olduğu durumlarda protetik tedaviler, direk ve indirek restorasyonlar anatomi ve fonksiyonun tekrar sağlanmasında yardımcı olabilecek tedavilerdir [103].

## **2.2. Lazer**

Bilim ve teknoloji alanındaki gelişmeler, hemen her alanda büyük ilerlemeler kaydetmekte olup, çeşitli alanlarda yeni ufuklar açmaktadır. Bu bağlamda lazerin kullanımı ve uygulamaları da yaygınlaşmıştır. Geliştirilen teknikleri sayesinde lazer oldukça geniş bir kullanım alanına sahip olmuştur [104].

### **2.2.1. Lazerin Tanımı**

İngilizce ‘Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation’ kelimelerinin baş harflerinden oluşan lazer, radyasyonun uyarılmış salınımı ile ışığın güçlendirilmesi anlamına gelmektedir.

### **2.2.2. Lazerin Tarihsel Gelişimi**

Lazerin temeli 1900’lü yıllarda Einstein’in geliştirdiği ‘Kuantum Teorisi’ne dayanmaktadır. 1951 yılında, uyarılmış salınım teorisine dayanan ilk cihaz olan ‘MASER’ı (Microwave Amplification of Stimulated Emission of Radiation) keşfeden Amerikalı fizikçi Charles Hard Townes, 1958 yılında ‘maser prensibi’nin; içinde ışığın da bulunduğu herhangi bir dalga boyundaki bütün elektromanyetik dalgalara uygulanabileceğini belirtmiştir. 1960 yılında Theodore Maiman tarafından yakut (ruby) lazeri uygulamalı olarak geliştirilmiştir. [104].

Kısa zamanda lazerin farklı amaçlar için kullanılma yolları bulunmuştur. 1964 yılında diş hekimliği alanında ilk lazer denemeleri diş sert dokularında gerçekleştirilmiştir. Nd:YAG lazerler 1985 yılında diş çürüklerinin temizlenmesinde kullanılmıştır. Daha sonra Nd:YAG lazerin yumuşak doku cerrahisinde kullanımı da başlamıştır [105]. 1989 yılında Amerika Birleşik Devletleri (ABD)’de Food and

Drug Administration (FDA)'nın onaylamasıyla lazerin rutin olarak diş hekimliğinde kullanımını başlamıştır [106].

### 2.2.3. Lazerin Dokudaki Etkileri

Lazer dokuların çeşidine ve yoğunluğuna göre değişik etkiler göstermektedir. Bunlar; absorpsiyon, yansıma, transit geçme ve saçılmadır [107].

Lazer ışınının dokularda absorpsiyonu, dokunun pigmente olup olmamasına, içerdiği su miktarı gibi karakteristik özelliğine, ışının dalga boyuna ve yayılma moduna bağlı olarak değişkenlik gösterir. Dokulara oksijen taşıyan bir molekül olan hemoglobin, kırmızı dalga boyunda yansır, mavi ve yeşil dalga boyunda iyi absorbe olur. Melanin pigmenti kısa dalga boylarında çok absorbe olur [104].

Yumuşak dokuların majör bileşenlerinden olan su, 2 $\mu$  veya daha üzerinde dalga boyundaki lazer ışınını kuvvetlice absorbe eder. Böylece yumuşak dokudaki ışın penetrasyonu azalır [104, 108].

Yüksek absorpsiyon ve düşük penetrasyon özelliği sayesinde Erbiyum ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) lazer gibi lazerlerin doku hasarı yaratmaksızın yumuşak doku kesisinde kullanılabilmesini sağlar. Argon, Diyod, Nd:YAG lazer gibi lazerler ise, su tarafından daha az absorbe edildiği için direkt çevre dokulara ilerler [109]. Bu tip lazerlerin melanin ve hemoglobin gibi pigmente maddeler tarafından absorpsiyon özelliklerinin kuvvetli olduğu ve CO<sub>2</sub> lazere göre küçük kan damarlarını koagüle etmekte daha başarılı oldukları rapor edilmiştir [105, 108].

Yumuşak dokuda yapılan operasyon bölgesinde lazer ışınının saçılması ışının çevre dokulara geçmesine ve böylece istenmeyen yan etkilere sebep olmaktadır. Saçılma miktarı dokunun heterojenitesine bağlıdır [110].

Işının yansıması enerjinin hedeflenmeyen dokulara gidebilmesi nedeniyle tehlikelidir. En çok tehlike gözlerde meydana gelebildiğinden mutlaka lazer kullanımını sırasında koruyucu gözlük takılmalıdır [106, 111].

Hidroksiapatit, diş sert dokularının ana komponentidir ve dalga boyuna bağlı olarak değişik oranda absorbe olur [104]. Lazerin sert dokulardaki yansıma özelliği sayesinde dişlerde çürük tespitinde kullanılan lazerler üretilmiştir.

Bununla birlikte, lazerlerin diş sert dokular üzerinde bazı olumsuz etkileri de vardır. İşlem sırasında oluşan termal etkiler sonucunda tedavi uygulanan bölgeye komşu pulpa, periodontal ligament ve kemikte geri dönüşümsüz değişiklikler ortaya çıkabilir. Dentin dokusunda aşırı ısıya bağlı olarak şiddetli karbonizasyon meydana gelebilir. Bu nedenle; lazer tedavisinin kısa süreli ama yüksek enerjili periyotlar şeklinde uygulanması gerektiği bildirilmiştir [104, 105].

#### **2.2.4. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler**

Diş hekimliğinde kullanılan lazerler şu başlıklarda incelenebilir:

- 1- Argon Lazer
- 2- CO<sub>2</sub> Lazer
- 3- Diyod Lazer
- 4- Neodymiyum: Yittriyum Alümiyum Garnet (Nd:YAG) Lazerler
- 5- Erbium-doped:Yttriyum, Alümiyum ve Garnet (Er:YAG) Lazer
- 6- Erbiyum Kromiyum: Yittriyum-Skandiyum-Galyum-Garnet (Er,Cr:YSGG) Lazerler

##### **2.2.4.1. Argon Lazer**

Argon lazerlerinin 488 nm (mavi) ve 514 nm (mavi-yeşil) olarak iki dalga boyu vardır. Argon lazerin 488 nm dalga boylu olanı yaygın olarak ışıkla sertleşen kompozit resin restorasyonun polimerizasyonunda reaksiyonu başlatıcı materyal olan kamforokinonun akitvasyonuna uygun bir dalga boyudur. Ayrıca diş beyazlatmada kullanılan jellerin polimerizasyonunda ve çürük koruma çalışmalarında da kullanılmaktadır [104].

514 nm'lik dalga boyuna sahip argon lazerler ise kırmızı pigment içeren dokular tarafından emilimi yüksek olduğu için dişeti tedavilerinde ve hemanjiom gibi vasküler lezyonların tedavisinde kullanılmaktadır [112].

Mine ve dentinde çok az soğurulması sebebiyle diş eti operasyonları sırasında sert dokularda herhangi bir zarar meydana gelmez. Mükemmel hemostaz sağlar. Bu dalga boyunun sert dokular tarafından emilimi az olduğu için bu tedavilerdeki güvenilirliğinin yüksek olduğu bildirilmektedir. Her iki dalga boyunda çürük teşhisi yapılabilir [106, 113].

Düşük etkili argon lazer süt ve daimi dişlerin tedavisinde kullanılan minenin çözünürlüğünü ve çözünürlük oranını azaltan bir tedavi yöntemidir. Tek başına veya F ile kombine edilerek uygulanabileceği bildirilmiştir [114].

#### **2.2.4.2. CO<sub>2</sub> Lazer**

CO<sub>2</sub> lazerlerin dalga boyu 10600 nm'dir. Bu dalga boyunun suya afinitesi yüksek olması sayesinde yumuşak dokuda kesi sağlamaktadır. Bu nedenle diş hekimliğinde daha çok yumuşak doku cerrahisinde kullanılmakta ve operasyon alanında koagülasyonu ve sterilizasyonu sağlaması geleneksel yöntemlere göre avantaj oluşturmaktadır [115].

Dokudaki penetrasyon derinlikleri çok azdır, bu da özellikle mukozal lezyonların tedavisi için önemlidir. Sıkı fibröz dokuları buharlaştırmada kullanılır. Doku ile çok hızlı etkileşime girdiğinden altındaki dokuda hasar oluşturmadan ve hızlı bir şekilde doku uzaklaştırılır [108].

Ayrıca; Tepper ve arkadaşları; CO<sub>2</sub> lazerin mine yüzeyine alınan F miktarını artırdığını ve çürüğü önlemede etkili bir tedavi aracı olabileceğini belirtmişlerdir [116].

#### **2.2.4.3. Diyod Lazer**

Diyod lazerler aktif hallerinde katı halde bulunan, yarı iletken alüminyum ve arsenit kombinasyonu ile üzerlerine düşen elektrik enerjisini ışık enerjisine çeviren lazerler olarak bilinmektedir. Dalga boyu 800-980 nm arasındadır. Yüksek oranda hemoglobin ve diğer pigmentler tarafından absorbe edilir [106].

Diyod lazerlerin yumuşak dokuda uygulamalarından; dişeti şekillendirilmesi, küretaj, dişeti oluşu birikintilerinin yok edilmesi, oral ülserlerin tedavisi, frenektomi ve gingivektomi işlemlerinde başarılı bir şekilde kullanıldığı bildirilmiştir [112]. Diyod lazerler diş sert dokularındaki çürük olan bölgelerde floresan özellik göstererek turuncu veya kırmızı bir renk alırlar ve klinikte çürük tespitini kolaylaştırırlar [117].

Gonzalez-Rodriguez ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada diş minesinin F alımı üzerinde CO<sub>2</sub> lazer ve diyod lazerin etkisini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda F'nin mine tarafından emilim katsayısının en yüksek diyod lazerle kombine edildiğinde ortaya çıktığını ve minenin yapısına katılan F miktarını daha fazla artırdığını belirtmişlerdir [14].

#### **2.2.4.4. Nd:YAG Lazerler**

Aktif ortamı yitriyum-alüminyum-garnet katı kristali olan Nd:YAG lazerlerin dalga boyu 1064 nm'dir. Bu dalga boyu elektromanyetik spektrumun kızıl ötesi ve iyonize olmayan bölümündedir. İyonize olmaması nedeniyle dokularda karsinojenik ve mutojenik bir etki göstermez [108].

Nd:YAG lazerler sıkça endodontik enfeksiyona sebep olan bakteriler tarafından absorbe olmakta ancak diğer dokular tarafından absorbe olmamaktadır. Nd:YAG lazerlerin çok ince fiber uçlar kullanılarak diş kök kanallarındaki artıklar buharlaştırılarak kök kanallarını steril hale getirebildiği bildirilmiştir [118]. Bu nedenle endodontik tedavilerde sıkça tercih edilmektedir. Nd:YAG lazerlerin koyu pigmente dokular tarafından emilimi yüksektir. Bu nedenle Nd:YAG lazerlerin periodontolojide patojen olarak bilinen bir çok pigmente bakterinin DNA sistemlerine zarar vererek ölümlerine yol açtığı saptanmıştır [119].

İlk olarak Nd:YAG sadece eksizyonunda kullanılmış olmasına rağmen direkt kontaklı iletim sistemi olan fiber optik kabloların geliştirilmesiyle steril etme ve örtme işlemlerinde de kullanılabilir hale gelmiştir [104, 105].

#### 2.2.4.5. Er:YAG Lazer

FDA, 1997 yılında sert doku tedavilerinde, 1999 yılında yumuşak doku cerrahisinde ve 2004 yılında kemik cerrahisinde kullanımını kabul etmiştir [104]. Aktif ortamı yttriyum-aliminyum-garnet katı kristali olan, 2940 nm dalga boyundaki Erbiyum ailesi lazerlerindedir [120].

Suda en iyi absorbe olan lazerdir. Er:YAG lazerlerin sert dokudaki su taneciklerinin, lazerin yaydığı enerjiyi absorbe etmesi sonucu mikro patlamalar meydana getirerek, dokular arasındaki bağların çözünmesi ve dokuların ortamdaki buharlaşarak uzaklaştırılması prensibiyle çalıştığı bildirilmektedir [121].

Er:YAG lazerlerin smear tabakası oluşturmadan çürük dokusunu etkili bir şekilde ortadan kaldırmakta, diş mine ve dentin dokusunda mikroretantif alanlar oluşturmaktadır [122]. Ayrıca Er:YAG lazerle diş dokularında pürüzlendirme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Çalışırken ses, titreşim ve ağrı gibi döner aletlerin oluşturduğu hasta konforunu olumsuz etkileyecek faktörleri ortadan kaldırdığı ve anestezi gerektirmeyecek şekilde dental işlemlerin gerçekleştirilebileceği bildirilmiştir [123].

#### 2.2.4.6. Er,Cr:YSGG Lazerler

Er,Cr:YSGG lazerlerin aktif ortamı erbiyum ve krom ile kaplanmış yttriyum-skandiyum-galyum-garnet katı kristalidir. Dalga boyu 2780 nm, 0,1–8,0 Watt (W) güç aralığı ile tam ve hızlı doku ablasyonu sağlayan, 10–50 Hz aralığında seçilebilir puls tekrarlama frekansı olan bu lazerler sadece sert dokuda kullanılan bir lazer tipidir. Erbiyum ailesinden olan bu lazerlerin su tarafından emilimi çok yüksektir [124].

Er,Cr:YSGG lazerlerin çalışma sistemi ‘hidrokinetik lazer sistemi’ şeklinde adlandırılmakta ve bu sistemde, su taneciklerini atomize hale getirerek doku yüzeyinde lazer enerjisi ile su zerreciklerini birleştirerek istenen yıkım etkisi daha net bir şekilde sağlandığı bildirilmektedir [125]. Bu hidrokinetik enerji sistemi doku yüzeyindeki kalsifiye sert dokularda ayırma, kesme, yumuşatma ve doku uzaklaştırılmasını sağlamaktadır [126].



Hem sert hem de yumuşak dokuda kullanılabilmesi nedeniyle ekonomik olarak avantajlı olan Er,Cr:YSGG lazerlerin kavite preparasyonları ve çürüğün uzaklaştırılmasında çok etkili olduğu bildirilmiştir [127].

### **2.2.5. Diş Hekimliğinde Lazerin Kullanım Alanları**

Diş hekimliğinde lazerlerin birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Lazerin en sık kullanıldığı alanları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Çürük ve diş vitalitesinin teşhisi
- Koruyucu diş hekimliği
- Mine ve dentin pürüzlendirmesi
- Çürüğün uzaklaştırılması ve kavite preparasyonu
- Kavite ve kök kanal sisteminin sterilizasyonu
- Dentin hassasiyetinin giderilmesi
- Pulpa kuafajı ve amputasyon tedavisi

#### **2.2.5.1. Çürük ve Diş Vitalitesinin Teşhisinde Lazer Kullanımı**

Çürük teşhisi bugüne kadar görsel (renk), dokunsal (sertlik) ve radyolojik yöntemler aracılığı ile yapılmıştır. Son yıllarda çürük teşhisinde kullanımı gittikçe yaygınlaşan lazer floresans yöntemi diş dokusunun ışık uygulama sonrası sağlıklı ve çürük mine arasındaki floresans farkının ölçümü esasına dayanır [128]. Yüzeysel lezyonun yapısı sağlam mineye göre daha az mineralize, daha çok porludur ve protein ve bakteriyel ürünleri absorbe eder, dolayısıyla farklı optiksel özelliklere sahiptir. Yüzeysel lezyonların bu özelliği, çürük teşhisinde lazer enerjisi kullanılmasının ana mekanizmasıdır. Bu sistemde en bilinen marka DIAGNOdent'tir (KaVo, Germany). DIAGNOdent okluzal çürüklerin saptanması ve nicel olarak ölçülmesi amacıyla geliştirilmiştir. DIAGNOdent sistemde okluzal yüzeyin temiz olması gereklidir. Diş dokusu yüzeyindeki tartar ve renkleşmeler hatalı değer oluşmasına neden olabilir [129].

Laser Doppler Flowmetry (LDF), hareket halindeki bir nesneden yansıyan radyasyonun frekansında meydana gelen Doppler kaymasının ölçülmesiyle

oluşturulmuş bir tekniktir. Pulpa, dişeti ve kemikteki kan akımı ölçümü için kullanılabilir. Tüm diş tedavilerinin, çürüğün, lokal anesteziğin, travmanın ve osteotomilerin pulpa kan akımı üzerinde yaptığı değişiklikler incelenebilir [107].

#### **2.2.5.2. Koruyucu Diş Hekimliğinde Lazer Kullanımı**

Koruyucu diş hekimliği diş dokularına herhangi bir etkenin zarar vermesini önlemek veya mevcut lezyonu durdurmak amacıyla uygulanan tüm koruyucu işlemlere denir. Öncelikli olarak yapılması gereken sorunlu dişleri onarmaktan çok, ağız sağlığını tehlikelere karşı korumak olmalıdır.

Lazerin keşfinden sonra, lazer üzerinde birçok çalışmalar yapılmıştır. Yapılan in vivo ve in vitro çalışmalarda mineye lazer uygulandığında dişlerin asitlere karşı direncinin arttığı gösterilmiştir. Diş yüzeyinde; karbonat/fosfor oranında düşüş ve kalsiyum fosfat oranında değişim, tetrakalsiyum difosfat fazı oluşumu, F alımında artış, mine üzerinde ince bir tabaka eriyerek inorganik maddenin burada çökmesi ve eriyip tekrar katılaşmasıyla sağlam bir yapı oluştuğu öne sürülmektedir. Böylece dişler çürümeye daha dayanıklı hale gelmektedir. Er,Cr:YSGG, Er:YAG, He-Ne, Nd:YAG, Argon ve diyod lazerler bu amaçla kullanılmıştır [13, 102, 116].

Santaella ve arkadaşları diyod lazerin süt dişi sağlam mine yüzeyindeki çürük önleyici etkisini inceledikleri çalışmalarında çürük oluşumuna karşı direnci %25 oranında artırdığını rapor etmişlerdir [130]. Aynı şekilde de-Melo ve arkadaşları da diyod lazer kullanılarak dentin üzerinde yaptıkları çalışmanın sonucunda diyod lazerin dentinin asit direncinin artırılabilirliğini bildirmişlerdir [10].

Fried ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada lazer uygulamalarının çürük oluşumunu engellemesi konusunda lazerin oluşturduğu iki etki mekanizmasının rol oynadığı rapor edilmiştir. Bunlardan birincisi diş sert dokularında yeterli ve etkin bir şekilde kullanılacak özel lazer dalga boyları ve güç ayarlarının kullanımınıdır. İkincisi ise lazer ışınının uygulandığında ortaya çıkan ısı sayesinde diş sert dokularının asite karşı dirençlerini arttırmasıdır [131].

### 2.2.5.3. Mine ve Dentinin Pürüzlendirilmesinde Lazer Kullanımı

Pürüzlendirme işlemi için asitin kullanılmasında bazı sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Pürüzlendirme işlemi için sıkça kullanılan jel şeklindeki asitlerin diş yüzeyinden kayabileceği, uygulanacak bölgeden daha geniş bölgeyi demineralize edebileceği ve tatlarının hastayı rahatsız edebileceği belirtilmiştir [132].

Lazerle pürüzlendirme işlemi hastada bu gibi rahatsızlıklara neden olmadığı gibi aeratör başlığı şeklinde olması her alana kolayca ulaşılabilmeyi sağlar. Kavite preparasyonu sonunda cihazın parametreleri değiştirilerek pürüzlendirme işlemine geçilebilir. İşlem asitle pürüzlendirme işlemine göre daha kısa sürede bitebilmektedir [133].

Pürüzlendirme işleminde Excimer, CO<sub>2</sub>, Nd:YAG, Er,Cr:YSGG, Er:YAG gibi lazerler kullanılabilir. Yapılan bazı araştırmalarda CO<sub>2</sub> lazerin mine ve dentin yüzeylerini modifiye etmesi sayesinde bağlanma gücünü artırdığı gözlenmiştir [134, 135]. Er:YAG lazer uygulanan süt dişi mine yüzeyinde yapılan bir çalışmaya göre; fissür örtücülerin yüksek düzeyde mekanik adaptasyonunu sağlayan mikroröta bir yüzey meydana geldiği belirtilmiştir [136, 137].

### 2.2.5.4. Çürüğün Uzaklaştırılması ve Kavite Preparasyonunda Lazer Kullanımı

Çürüğün su ve organik içeriğinin sağlam mine ve dentinden fazla olması nedeniyle lazerle çürük uzaklaştırma işlemi geleneksel yöntemlere göre daha hızlı, kolay ve ağrısızdır [138, 139]. Lazerler kavite hazırlama sırasında sağlam dokuya zarar vermeden sadece çürüğü uzaklaştırdıkları için, geleneksel yöntemlere oranla daha koruyucu bir kavite preparasyonu hazırlamak mümkündür [140].

Döner aletlerin kullanımıyla dentin yüzeyinde oluşan smear tabakasının lazer kullanımı sonrası oluşmadığı ve lazerlerin bakterisid etki yaparak uygulanan yüzeyin steril edilebilmesini sağladığı belirtilmiştir [141].

Dokunun içerdiği su miktarıyla orantılı olarak lazerin kesme etkinliği artmaktadır. Bu nedenle dokunun su içeriğine göre cihazın parametreleri değiştirilerek işleme devam edilebilir [142]. Erbium lazerler, diğer lazer türlerine

göre su tarafından daha fazla soğurulurlar. Bu özelliği sayesinde su molekülü içinde ısınma meydana geldiği, su kaynama noktasına ulaşır genişlediği, mikro patlamalarla çevre doku küçük parçalara ayrıldığı ve kaviteden dışarı atıldığı bildirilmiştir [127, 142].

FDA 1997 yılında yapılan geniş bir araştırma sonucunda, pulpa canlılığında azalma meydana gelmediği, uygulama alanı dışında yüzey morfolojisinde değişiklik oluşmadığı, lazerin çürüğü tamamen ve etkin olarak uzaklaştırabildiği, kavite hazırlanmasında etkin olarak kullanılabilirdiği için Er:YAG lazerlerin çürük uzaklaştırma ve kavite hazırlanması için kullanılabilirliğine onay vermiştir [143].

#### **2.2.5.5. Kavite ve Kök Kanal Sisteminin Sterilizasyonunda Lazer Kullanımı**

Döner aletlerin kullanılması kavite ve kök kanal duvarlarında diş talaşları ve mikroorganizma içeren smear tabakasının oluşmasına yol açmaktadır. İdeal yapılan kavite hazırlama işlemi ve kök kanal tedavisine rağmen smear tabakası tamamen temizlenemeyebilir. Bu tabakada bulunan mikroorganizmalar canlı kalabilir ve toksinleri aracılığı ile pulpal enfeksiyona neden olabilirler. Lazerlerin antibakteriel etkisi ve karyojenik mikroorganizmaları yok etme özelliği sayesinde kavite ve kök kanal duvarlarının sterilizasyonu sağlanabilmektedir [144, 145].

Yapılan çalışmalar erbiyum lazerin oluşturduğu bakterisid etkinin geleneksel kavite dezenfektanlarına oranla daha derin olduğunu ispatlamışlardır [141, 146]. Franzen ve arkadaşları Er,Cr:YSGG lazerin dentin kanallarında bulunan mikroorganizmaların bile lazer ışığının fotosensitizasyon etkisi ile öldürülebileceğini göstermişlerdir. Bu özellik kavite hazırlama aşamasında mikroorganizma sayısının azaltılması açısından oldukça önemlidir [147].

Soares ve arkadaşları yaptığı bir çalışmada süt dişlerde kök kanal temizleme işleminde Er,Cr:YSGG lazerin etkisini araştırmışlar, lazerle elde edilen kanal temizleme etkinliğinin el aletlerinden oldukça üstün, döner aletlerle kaydedilen sonuçlara ise benzer olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, temizleme ve kanal şekillendirme işlemlerine gereken zaman açısından lazer kullanımının, geleneksel yöntemlere göre daha az zaman aldığını da vurgulamışlardır [148].

Reddy ve Babu, süt azı dişlerinin furkasyon bölgesindeki aksesuar kanalların sayısının daimi dişlere oranla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir [149]. Er,Cr:YSGG lazerlerin geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında yan ve aksesuar kanallarda daha iyi tıkama sağladığı ve Enterokokkus fekalis gibi direçli bakterilere karşı bile yeterli dezenfeksiyon sağladığı belirtilmiştir [150].

#### **2.2.5.6. Dentin Hassasiyetinin Giderilmesinde Lazer Kullanımı**

Dentin hassasiyeti, dentinin açığa çıkmasıyla birlikte mekanik, termal, ozmotik veya kimyasal uyarılara verilen cevap olarak ortaya çıkar. Kısa süreli keskin ve diğer herhangi bir diş defekti veya patalojisi ile ilişkilendirilemeyen bir ağrı ile karakterizedir. Hastaların %3-57 arasında değişen oranda dentin hassasiyetine sahip olduğu ve dentin hassasiyetinin tedavisi için farklı tedavi yöntemleri uygulandığı bildirilmiştir [151]. Diş hassasiyeti tedavisinde kullanılan lazerler iki ana grupta toplanabilir:

1. Düşük enerji çıkışlı Helyum-Neon (He-Ne) ve Galyum-Aliminyum-Arsenid (Ga-Al-As) lazerler
2. Orta enerji çıkışlı Nd:YAG, CO<sub>2</sub>, Er:YAG ve Er, Cr:YSGG lazerler.

Lazerle tedavide aşırı duyarlılıkta azalmaya neden olan mekanizmanın büyük bölümü tam olarak bilinmemektedir, ancak her lazer için mekanizmanın farklı olduğu düşünülmektedir [152]. Yapılan çalışmalara göre, CO<sub>2</sub> lazer dentin tübül ağzıklarını daraltarak, Nd:YAG lazer ise dentini eriterek geçirgenliğinin azalmasını sağlamaktadır [152]. Er:YAG lazerin, dentin sıvısının yüzey tabakalarını buharlaştırarak sıvı hareketlerini azalttığı tahmin edilmektedir. Ayrıca düşük güçteki (Ga-Al-As ve He-Ne) lazerlerin servikal dentin hassasiyetinde azalma sağladığı bildirilmiştir [153].

Lazer kullanımının dentin hassasiyetinin giderilmesindeki tedavi etkinliği, kullanılan dalga boyuna ve güç ayarlarına bağlı olarak %5-100 arasında değiştiği bildirilmiştir. Örneğin; Ga-Al-As lazerin dentin hassasiyetinin giderilmesinde 0,5-3 dakika süreyle 30 mW uygulamasının %85-100 oranında başarılı olduğu [154], Nd:YAG lazerin ise 0,5-2,5 saniye boyunca 10 W uygulamasının tedavi başarısının %90 olduğu bildirilmiştir [155].

### 2.2.5.7. Pulpa Kuafajı ve Amputasyon Tedavisinde Lazer Kullanımı

Pulpa kuafajı, herhangi bir nedenle açılmış pulpa dokusunda odontoblast hücrelerini uyararak tersiyer dentin oluşumunu sağlamak amacıyla biyouyumlu bir materyal ile kapatılmasıdır. Lazer, küçük kan damarlarını koagüle edip tıkararak hemostaz oluşturması ve steril bir yara yüzeyi elde edilmesini sağlayarak pulpa kuafajında başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır [156].

Amputasyon, kök kanallarındaki canlı dokuyu korumak amacıyla pulpa odasındaki enfekte dokunun temizlenerek dişin restore edilmesidir. Böylece dişin düşme yaşı gelinceye kadar ağızda tutulması sağlanır. Şimdiye kadar birçok amputasyon materyali kullanılmıştır. Fakat bu materyallerin bazı olumsuz özelliklerinden dolayı yeni amputasyon materyali ve metodu arayışına girilmiştir [157, 158]. Lazer diş hekimliğinde birçok alanda kullanıldığı gibi amputasyon tedavisinde de kullanılmış ve başarılı sonuçlar vermiştir. Amputasyonda kullanılan lazerler; CO<sub>2</sub>, argon, Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG ve diyod lazerdir. Fakat yapılan çalışmalarda CO<sub>2</sub> lazerlerin pulpa dokusu çevresine orta derecede ısıl zarar verdiği için olumsuz bir niteliğe sahip olduğu bildirilmiştir [115].

## 2.3. Flor

F dişlerde koruyucu uygulamaların en önemli etken maddesi olan halojen grubundan bir elementtir. F'nin yapısı, etkileri, etki mekanizmaları, F alım kaynakları, birçok araştırmanın konusu olmuştur [9, 12, 100, 159]

### 2.3.1. Florun Tarihçesi

F'nin diş hekimliğinde kullanılmaya başlaması 19. yüzyıla dayanmaktadır. 1847'de Edhard F'nin diş minesini güçlendirerek çürüklere karşı dirençli hale getirdiğini öne sürmüştür. 1896'da Dr. A. Denninger günlük olarak F tableti kullanmak gerektiğini belirtmiştir [159].

1901 yılında diş hekimi McKay yaptığı gözlemler sonucunda dişler üzerinde oluşan lekelerden içme sularındaki F iyonunun sorumlu olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Ayrıca düzenli olarak içme suyuyla birlikte F alan kişide çürük insidansının düşük olduğunu da bildirmiştir [159]. 1940'ların sonlarında içme sularının florlanması ile F profilaksisine başlanmıştır. Tüm dünyada giderek yaygınlaşan bu uygulama çürük oluşumunda azalmayla sonuçlanmıştır [160].

### 2.3.2. Florun Yapısı ve Özellikleri

F, halojen grubundan olup negatif yüklü bir elementtir. Atom numarası 9 ve simgesi 'F'dir. Açık yeşilimsi sarı renkte bir gazdır ve kimyasal yönden aktif bir ametaldir. Doğada bileşikler halinde bulunur. İyonik çapının küçük olması ve tüm elementlerin en elektronegatif olması sebebiyle kimyasal reaksiyonlara kolayca girebilir. Bilinen F içeren minerallerden en çok görülenleri  $\text{CaF}_2$  (%49 F) ve floroapatit  $[\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6]$ , %6,3 F]. Genellikle F'nin yaptığı bileşikler suda kolay çözünür fakat Al, Mg, Ca, Mn ve Pb ile yaptığı bileşikler suda çok az çözünür ya da hiç çözünmez [159].

F atmosferde, toprakta, kayalık bölgelerde, kaynak sularında ve deniz suyunda bulunabilmektedir. Deniz suyundaki F konsantrasyonu 1,2-1,4 ppm, topraktaki F konsantrasyonu 100-300 ppm arasındadır. Buna bağlı olarak bu sularda yetişen balıklar ve bitkiler de F içerebilmektedir. F, bitkilerde organik ve inorganik bileşikler şeklindedir ve en fazla çay yapraklarındadır. Diğer F kaynakları ise, F'li diş macunları, ağız gargaraları, F tabletleri ve bu sularla hazırlanmış yiyecek, içecek, meyve suları ve bebek mamaları olarak sıralanabilir [161].

### 2.3.3. Florun Etki Mekanizması

F'nin dişleri korumadaki etki mekanizması son yıllarda paradigmatik bir değişime uğramıştır. Daha önceki hipoteze göre, dişin oluşumu ve mineralizasyonu sırasında F'nin minenin apatit kristalleri içine girmesiyle minenin çözünmesine karşı uzun süreli veya kalıcı direnç oluşturmasıydı. Şimdiki görüşe göre, dişin çürükle veya asitlerle mücadelesi sırasında minenin çözünmesini yavaşlatması ve durdurması için F'nin plak sıvısında bulunması gerekliliğidir. Topikal F uygulaması sonucunda diş yüzeyi üzerinde biriken kalsiyum F kristalleri asit atağı sırasında pH'nın düşmesi

sonucu çözünerek asit atağını kontrol eder. Bu tür uygulamalar gerektiğinde harekete geçmeye hazır, yavaş salımlı bir F sistemi oluşturur [160].

F'nin etki mekanizması tam olarak anlaşılmasına rağmen, genel olarak üç temel mekanizma kabul edilmektedir; diş yapısının demineralizasyona karşı direncini arttırması, remineralizasyonun desteklemesi ve diş plağının karyojenik potansiyelini azaltmasıdır [162].

Magalhaes ve arkadaşları yaptıkları çalışmaya göre; diş sert dokuları üzerinde koruyucu bir tabaka oluşumunu sağlayan topikal F uygulamasının en çok mine üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca; diş yüzeyine amin florid (AmF) ve NaF gibi geleneksel F uygulanması durumunda  $CaF_2$  olduğu ve titanyum tetra florid veya kalay içeren florid ürünleri uygulanması durumunda metalden zengin yüzey çökeltisi olduğu belirtilmiştir [12].

Topikal florlama sonrası diş yüzeyinde oluşan  $CaF_2$  bileşiğinin koruyucu etkisinin geçirgenliği ve difüzyon yollarını azaltmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Demineralizasyonu önlemek amacıyla NaF, kalay florid ( $SnF_2$ ), AmF, titanyum florid ( $TiF_4$ ) ve asidüle fosfat florid (APF) gibi birçok F'li preparatlar kullanılmıştır. Fakat asit içeren F jeli (APF) kritik pH'nın altında olması nedeniyle normalden daha yüksek submikron  $CaF_2$  ve daha az çözülebilir kalsiyum formu oluşturduğu ve minenin geçirgenliğini daha uzun süreli azalttığı bildirilmiştir [100].

F'nin dentindeki etki mekanizması içerdiği organik matrikse bağlıdır. Organik matriks; abrazyon etkenler, enzimatik ve kimyasal bozulmalardan etkilendiğinden F'nin koruyucu gücü mine ile kıyaslandığında dentinde daha düşüktür. Yüksek konsantrasyonlu F ajanlarının uygulanması ve/veya sık uygulanması dişleri eroziv asitlere karşı güçlendirdiği kanıtlanmıştır [12].

#### **2.3.4. Florun Diş Hekimliğinde Uygulama Yöntemleri**

F'nin etki mekanizmasının tüm ayrıntıları bilimsel olarak açıklanamamış olsa da, dişler üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı koruyucu uygulamalar için en etkili yol olarak kabul edilmektedir. Diş hekimliğinde F'nin bu etkilerinden faydalanmak



amacıyla sistemik ve topikal uygulamalar olarak iki şekilde F uygulaması yapılmaktadır [160].

#### **2.3.4.1. Sistemik Flor Uygulamaları**

Sistemik F uygulamaları; F ilave edilmiş içme suyu, F tabletleri ve F'li süt ve tuz gibi gıdaların sindirim yoluyla vücuda alınmasıyla etki gösterir [162].

##### ***İçme Sularının Florlanması:***

İçme sularının florlanması dişlerin demineralizasyona karşı korumanın en kolay ve ucuz yöntemidir. Çürük oluşumunu büyük oranda azalttığı bildirilmiştir ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından önemli bir çürük önleme metodu olarak kabul edilmiştir. Fakat kullanımı teknik şartlardan dolayı bazı ülkelerle sınırlıdır. Küçük su tesislerine sahip kırsal alanlarda uygulamanın kontrolü daha az olacağından florozis açısından tehlikeli olabilir. Diş gelişimi sırasında ve hayatın ileriki aşamalarında su ile uzun süreli F alımının çocuklarda ve yetişkin bireylerde çürük azaltıcı etkiye sahip olduğu birçok çalışmada belirtilmiştir [160, 163, 164].

İçme sularının florlanmasının avantajlarının yanında dezavantajlara da sahiptir. İçme sularındaki F demir borularda korozyona yol açtığından su dağıtım şebekesinin plastik borulardan oluşması gerekmektedir. Ayrı bir su şebekesi kurmaksızın şehir suyuna F katılması durumunda ise çok az bir kısmı içme amacıyla kullanılacağından bu su için harcanan F'nin büyük bir kısmının ziyan olmasına neden olmaktadır ve bu da maliyeti artırmaktadır [159].

##### ***Beslenmede Flor Takviyesi:***

F desteğinin beslenme yoluyla alınması, florlanmış içme suyuna ulaşamayan kişiler için alternatif bir kaynak oluşturur. F takviyesi dişleri çürüklere karşı korumada florlanmış su kadar etkili olabildiği bildirilmiştir [165].

F takviyesi ticari olarak, vitaminli veya vitaminsiz, sıvı veya tablet formunda bulunabilir. Vitamin içeren ürünler çürüğün engellenmesi açısından bir üstünlük sağlamaz. Fakat uyumu artırdığından daha fazla fayda sağlandığı bildirilmiştir [166].

F tabletleri çiğnenerek alındığında F tabletlerinin hem sistemik hem de topikal etkisinden faydalanılmış olur. Sıvı F preparasyonların bu etkisinden faydalanmak için direk dişler üzerine damlatılması gerekir. F takviyesi yapılırken doz aşımına dikkat etmek gerekir. Kişinin yaşına, içtiği suyun F oranına göre doz ayarlaması yapılmalıdır [162].

Yapılan klinik çalışmalarda F tableti kullanımıyla çürüklerde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma saptanmış olsa da iyi bir hasta uyumu gerektirmesi ve florozis riski bu yöntemin kullanılmasını sınırlandırmıştır. Florozis dişin oluşumu süresince uzun süre F alımına bağlı minenin yapısal bozukluğudur [160].

Beslenme yoluyla alınan F takviyesinin bir diğer şekli süte ve tuza F katılmasıdır. F'li süt tüketen çocukların F'siz süt tüketenlere göre DMFT indeksinde azalma gözlemlendiği bildirilmiştir [167]. Fakat sütteki Ca ile reaksiyona girmesi bu yöntemin olumsuz bir özelliğidir. Tuza eklenen F çeşitleri genelde NaF ya da potasyum florid şeklindedir. DSÖ geliştirmekte olan ülkeler için sofraya F eklenmesinin ekonomik ve koruyucu bir yöntem olduğunu belirtmiştir [168].

#### **2.3.4.2. Topikal Flor Uygulamaları**

Topikal F uygulamaları koruyucu uygulamaların temel taşlarından biridir. Genellikle topikal F uygulamasının iyi bir etki sağlaması için önemli bir kural geçerlidir. Bu kural, F'yi çözünmeyi kontrol altına alabilecek ve minerallerin tekrar çökeceği plak ve mine ara yüzeyinde gerektiğinde harekete geçmeye hazır bulunacak şekilde uygulamaktır. Bu, yavaş salınım yapabilecek düşük konsantrasyonlu F preparatlarının sık aralıklarla, yüksek F konsantrasyonuna sahip preparatların daha seyrek aralıklarla uygulanmasıyla mine yüzeyinde F çökeltilerinin oluşturulması ile sağlanabilir [160].

Topikal F ajanları bireysel bakım ya da profesyonel uygulama (diş hekimi) için kullanılmaktadır. Bireysel bakım amacıyla, diş macunu, kürdan, diş ipi, jel, yapay tükürük, pastil, sakız ve gargaralar gibi F'li ajanlar kullanılabilir. Profesyonel uygulamalar için jel, profilaksi patı, cila, cam iyonomer siman ve diğer yavaş salınım sistemleri bulunmaktadır [162].

F uygulandığında ve özellikle F iyonlarının ağız ortamında hazır bulunduğu durumlarda çürük insidansı azalır [163]. Vieira ve arkadaşları, ağız ortamında bulunan F iyonlarının remineralizasyonu arttırdığını ve remineralize olan yüzeylerin demineralizasyona karşı orijinal mine yüzeyinden daha dirençli hale geldiğini bildirmişlerdir [164]. F varlığında Plak pH'sı 4,5'a düşünceye kadar diş yapısındaki çözünme minimum olmasına rağmen bu kritik pH'nın altındaki değerlerde ağız ortamında yeterli F konsantrasyonu bulursa bile remineralize edici etkisi minimum olur [169].

***Flor İçeren Solüsyon ve Jeller:***

Solüsyon ve jel halinde bulunan ajanlar başlıca şunlardır: NaF, APF, SnF<sub>2</sub> ve AmF'dir. Topikal ajan olarak ilk kullanılan nötral %2 NaF, 3, 7, 10 ve 14 yaşlarında birer haftalık aralarla 4 defa olmak üzere uygulanması uygun görülmüş, fakat bu prosedürün zaman alıcı ve rutin kontrol randevuları ile çakışmaması nedeniyle yılda 1-4 kez uygulanmaya başlanmıştır [169].

APF, %1,23 NaF ve ortofosforik asit içerir, pH'ı 3'tür. Jel halinde bulunan APF, solüsyon halindeki göre uygulanması daha pratik ve daha az zaman alıcıdır. APF genellikle 6-12 aylık aralıklar ile uygulanır. Solüsyonun asidik olmasının nedeni minenin yapısına geçen F miktarını artıracakı düşüncesidir. Minenin F alımı 2 yolla olur: birincisi, APF'nin asidik olması nedeniyle minenin yapısından çözünen minerallerin F ile reaksiyona girerek tekrar mine yüzeyine çökmesi, ikincisi ise F difüzyon yolu ile interprizmatik alanlara penetre olmasıdır [170].

F uygulamasından sonra diş yüzeyinde CaF<sub>2</sub> bileşikleri oluşur. Bu oluşan CaF<sub>2</sub> bileşiklerinin minenin geçirgenliğinde azaltıcı rolü vardır. APF'nin normalden daha yüksek CaF<sub>2</sub> ve daha az çözülebilir kalsiyum formu oluşturduğu ve böylece, minenin geçirgenliğini daha uzun süreli azalttığı bildirilmiştir [100].

SnF<sub>2</sub> solüsyon ve jelleri, %8-10 F içerir. SnF<sub>2</sub>'nin plak oluşumunu azalttığı ve plak pH'sını kontrol altına aldığı bildirilmiştir. Fakat SnF<sub>2</sub> uygulamalarında dişlerde meydana gelen kahverengi renklenmeler ve ajanın hoş olmayan tadı nedeniyle pek tercih edilmemektedir. Ayrıca SnF<sub>2</sub>'in sıvı halde stabil kalamamasından dolayı her uygulama öncesi taze hazırlanması gerekmektedir [171].

AmF, uzun zincirli alifatik aminlerin oluşturduğu fizikokimyasal koruma ile F'nin koruyuculuğu birleşerek güçlü bir antibakteriyel etkiye sahip olduğundan plak oluşumunu azalttığı rapor edilmiştir [172].

#### ***Flor İçeren Vernikler:***

F vernikleri genellikle yüksek konsantrasyonda F içermektedir. Uygulandığı mine yüzeyine uzun süreli yapışarak F ile mine yüzeyi arasındaki temas süresini uzatırlar. Böylece mine yüzeyi ve yüzey altındaki F oranını büyük oranda artırır ve uygulamanın hemen sonrasında oluşan F kaybını engelleyerek yavaş ve uzun sürede F salan rezervuarlar olarak görev yaparlar [160].

Murakami ve arkadaşları F jel ve verniğinin minedeki erozyona etkisini araştırmışlar ve her ikisinin de eroziv mine kaybını engellediğini bildirmişlerdir [173].

#### ***Florlu Ağız Hijyen Ürünleri:***

F'li ağız hijyen ürünleri diş macunları, gargaralar ve diş ipleridir. Diş macunları dişlere F uygulamanın en kolay yollarından biridir. Düzenli olarak diş fırçalamanın diş çürüklerini büyük oranda azalttığı bildirilmektedir [162].

F'li ve F'siz diş macunlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, F'li diş macununun kullanıldığı deney gruplarında daha az aşınmanın meydana geldiği rapor edilmiştir [11].

1960 ve 1980 yıllarında gargara kullanımı daha popüler olmasına rağmen daha sonraki yıllarda azalmıştır. Fakat çürük riskinin yüksek olduğu bireylerde kullanımı hala önerilmektedir [160].

Aproksimal yüzeyler ulaşılması zor alanlar olduğundan çürüğe meyilli bölgelerdir. APF ile doyurulmuş diş iplerinin geleneksel diş iplerine göre çürüğü önlemede daha etkili oldukları bildirilmiştir [174].

#### **2.4. Eroziv Yüzey Analiz Yöntemleri**

Eroziv etkenlere maruz kalan diş yüzeylerinde bir takım değişiklikler meydana gelebilir. Yüzey sertlik kaybı ve yüzey değişikliklerinin değerlendirilebilmesi için birçok erozyon ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlar;

katı örneklerin element analizi, iyot geçirgenlik testi, raman spektrofotometresi, konfokal lazer taramalı mikroskobu (CLSM), yüzey mikrosertliği, profilometre, kimyasal analizler, mikroradyografi, taramalı elektron mikroskopu (SEM), enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDX veya EDS), mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-CT) ve pürüzlülüğü ölçmek için atomik kuvvet mikroskopudur (AFM) [175-178].

#### **2.4.1. 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. Ayrıca yüksek vakum altında çalıştığından su içeren örneklerin görüntülenmesine izin vermez [176].

SEM'de görüntü elde etmek için elektron lensleri tarafından odaklanan elektron ışın demetinin incelenecek yüzeyi sürekli olarak taraması sağlanır. Tarama sırasında, yüzeye çarpan elektronlar ikincil elektronların fırlamasına yol açar. Bu ikincil elektronlar, elektronların çarpmasıyla kısa süreli ani ışık parlamaları oluşturan kristale gönderilir. Kristalde ortaya çıkan parlamalar bir lamba aracılığıyla elektrik sinyaline dönüştürülür ve başka bir lambanın ekranında yüzeyin yapısını gösteren bir görüntü elde edilir [179].

Stereomikroskop ile karşılaştırıldığında, aralarındaki en büyük fark; stereomikroskop görüntüyü büyötmek için ışığı kullanırken, SEM'in elektron ışınını kullanmasıdır. Her ikisinde de çözünme gücü dalga boyuna bağlıdır. SEM örnekleri vakum içinde gözlenirken, stereomikroskopun sıvı ve katı örnekleri atmosfer ortamında rahatlıkla gözlenmektedir [175].

### 2.4.2. EDX (EDS)

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 [178].

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[180].

Mine erozyonunda yüzeydeki minerallerin değişiminin incelendiği birçok araştırmada EDX kullanılmıştır [181-184]. Arnold ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada dört farklı diş macununun remineralizasyon üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada nicel EDX element analizi sayesinde farklı F içeriklerine sahip diş macunlarının remineralizasyon sürecinde meydana getirdiği farklılıkları inceleyebildiklerini bildirmişlerdir [182].

Nassur ve arkadaşları yeni geliştirilen titanyum tetra floridin demineralizasyonu inhibe etme potansiyelini [183], Hegde ve arkadaşları ise kazein fosfopeptid amorfo kalsiyum fosfatın remineralizasyon potansiyelini değerlendirmek amacıyla EDX sistemini kullanmışlardır [134].

### 2.4.3. Micro-CT

Mikro-CT, yeni ve gelişmekte olan üç boyutlu görüntüleme sistemidir. En önemli avantajı; doğal yapıya zarar vermeden aynı lezyon üzerindeki demineralizasyon ve remineralizasyon sürecindeki mineral değişikliklerini ölçmesi ve görselleştirmesidir. Aynı zamanda yüksek hassasiyetle tekrarlanabilir sonuçlar

vermesi ve üç boyutlu görüntülerinin elde edilebilmesi avantajları arasındadır. Neves ve arkadaşları mikro-CT'nin doğru kalibrasyon, standart tarama imkanı, yenilenebilir ölçüm yapabilmesi sayesinde ayrıntılı hacimsel hesaplama izin verdiğini rapor etmiştir [185].

Tanaka ve arkadaşları yaptıkları çalışmada hidrojen peroksit maruz kalan minenin özelliklerini ve mineralizasyon süreçlerini incelemek için mikro-CT görüntüleme sistemini kullanmışlardır. Mikro-CT'nin örnek üzerinde herhangi bir tahribat oluşturmadan mineral yoğunluğunu hesaplayabildiğini ve görüntüleyebildiğini belirtmişlerdir [186].

Balakrishnan ve arkadaşları üç diş macununun remineralizasyon potansiyellerini karşılaştırdıkları çalışmalarında mikro-CT'nin nitel ve nicel veri sağlamanın dışında dişlerin morfolojik özelliklerini üç boyutlu olarak görüntüleyebildiğini bildirmişlerdir [187].

Nakata ve arkadaşları mineral yoğunluğu profiline yeni bir yaklaşım getirmek ve mine yüzey altı lezyonlarında remineralizasyon değişikliklerini incelemek için mikro-CT sistemini kullanmışlardır. Demineralize edilmiş 8 sığır mine dentin bloğunu 4 hafta remineralize etmişler ve her haftanın sonunda mikro-CT taraması yapmışlardır. Bu sayede her hafta oluşan mineral yoğunluğu rahatlıkla gözlemlenmiştir [188].

#### **2.4.4. AFM**

1980 yılında geliştirilen AFM, taramalı mikroskoplar ailesinin bir üyesidir. Bu cihaz biyolojik ve biyomalzeme araştırmalarında kullanılmaktadır [178].

AFM esnek bir yaya bağlı keskin bir uç sayesinde örnek yüzeyi üzerinde ileri geri hareket ettirilmektedir. Aynı zamanda nano-Newton yüklemesi yapılarak örneklerin yüzey konturları izlenmekte ve yüzey topografik haritası çıkarılmaktadır [189].

SEM ile kıyaslandığında birçok olumlu özelliğe sahiptir. SEM için hazırlanan örnekler kadar örneklerin kuru olmasına ve iletken bir malzeme ile kaplanmasına gerek yoktur. Aynı zamanda son derece yüksek çözünürlüğe sahip üç boyutlu

görüntüler elde edilebilir. İnce bir prob kullanılarak yüzey pürüzlülüğü gibi nicel ve yüzey görüntüsü gibi nitel veriler elde etmek mümkündür. Tarama esnasında örneğin yüzeyine zarar vermeksizin inceleme yapılabilir [176].

AFM kullanılarak mine erozyonunu inceleyen birçok çalışma vardır [190-192]. Finke ve arkadaşları içeceklerin mine yüzeyine etkisini araştırdıkları çalışmalarında AFM kullanmışlardır. Bu çalışmada örneği mikroskoptan çıkarmadan bir dizi görüntü elde etmişler ve her bir görüntü arasında mine yüzeyine bir damla içecek damlatarak aynı bölgeyi tekrar tarama imkanı bulmuşlardır [190, 191].

Barbour ve arkadaşları sitrik asitin mine üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, AFM'nin başlangıç aşamasındaki erozyonu ölçmede son derece hassas olduğunu ve doğru sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir [191].



### 3.GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1. Gereçler

##### 3.1.1. Dişlerin Hazırlanmasında Kullanılan Gereçler:

- Kavo Extra Torque 605 aeratör (KaVo Dental GmbH, Bismarckring, Almanya)
- Mikro motor (L-MOTOR 181DBN Intramatik, Avusturya)
- Elmas fissür frezler (Dia-Burs, MANI Inc, Tochigi, Japonya)
- Elmas Separe
- Polisaj Makinası ( Struers LaboPol-21), (Şekil 3.1)



Şekil 3.1: Polisaj makinası.

##### 3.1.2. Yüzey Alanını Belirlemede Kullanılan Gereçler:

- Cetvel
- Yapışkan kâğıt
- Matriks şerit bant
- Maket bıçağı
- Kalem
- Tırnak cilası (Maxfactor)

### 3.1.3. F Uygulamasında Kullanılan Gereçler:

- APF (Sultan 60-Second APF Gel) (Şekil 3.2)
- Pamuk uçlu aplikatör (Şekil 3.2)
- Kâğıt peçete



Şekil 3.2: APF jel ve pamuk uçlu aplikatör.

### 3.1.4. Diyod Lazer İle Diş Yüzeyinin Hazırlanmasında Kullanılan Gereçler:

- Diyod lazer sistemi (Wuhan Gigaa, GaAlAs Diode Laser Systems, Deutschland Germany), (Şekil 3.3)
- Koruyucu gözlük (Vunivet Optical Technologies, Italy), (Şekil 3.3)



**Şekil 3.3:** Diyod lazer ve koruyucu gözlük.

### **3.1.5. Dişlerin Bekletileceği Solüsyonların Hazırlanmasında Kullanılan Gereçler:**

- %0,1'lik timol solüsyonu (2 litre)
- Deiyonize su
- %0,3'lük (pH 2,3, 10 litre) sitrik asit
- pH metre (CyberScan, pH 6000, Singapore)
- 4 adet cam şişe (2,5 litrelik)
- Plastik numune kapları (Şekil 3.4)



**Şekil 3.4:** Örneklerin bekletildiği plastik numune kabı.

### 3.1.6. SEM ve EDX

- Çalışmamızda İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi'nde bulunan SEM (LEO, EVO 40, England-Cambridge) ve EDX (Bruker, 125 eV, Minden- Almanya) cihazları kullanılmıştır (Şekil 3.5). Örnekler altın-paladyum (Au-Pd) kaplama cihazında (BAL-TEC, SCD50, Liechtenstein) kaplanarak yüzey özellikleri incelenmiştir.



**Şekil 3.5:** Mineral analizinin yapıldığı EDX ve yüzey görüntülerinin alındığı SEM'in görüntüsü.

### 3.1.7. Mikro-CT

- Çalışmamızda İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi'nde bulunan Mikro-CT cihazı (SKYSCAN, 1172, Bruker Micro CT) kullanılmıştır (Şekil 3.6).



**Şekil 3.6:** Mikro-CT cihazının görüntüsü.

### 3.2. Yöntem

Mine erozyonunda diyod lazer ve F'nin önleyici etkisinin incelendiği çalışmamızda sırasıyla; sığır dişlerinin toplanması, dişlerin saklanması, diş yüzey tedavilerinin yapılması, erozyon siklusu, EDX mineral analizi, SEM ve Mikro-CT incelemesi, istatistiksel analizlerin yapılması işlemleri gerçekleştirilmiştir.

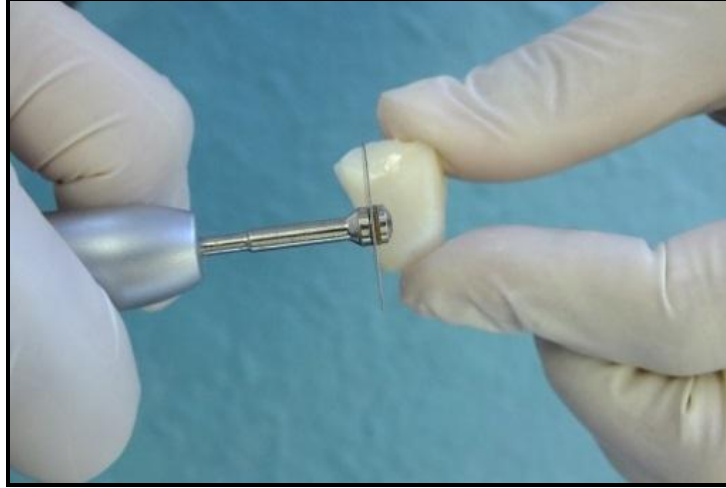
#### 3.2.1 Dişlerin Toplanması

Çalışmamızda kullanılan 20 adet çürüksüz kesici sığır dişi Malatya Et ve Et Ürünleri San. Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Dişler çekildikten sonra mine sement sınırından kesilerek kökler uzaklaştırılmıştır. Üzerinde bulunan periodontal artıklar el aletleri ile dikkatlice temizlenmiş ve akan su altında fırçalanmıştır. Deneyin yapılacağı zamana kadar (2 ay) İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyokimya Laboratuvarı'nda hazırlanan %0,1'lik timol solüsyonunda saklanmıştır. Timol solüsyonu her hafta yenilenmiştir.

#### 3.2.2 Örneklerin Hazırlanması

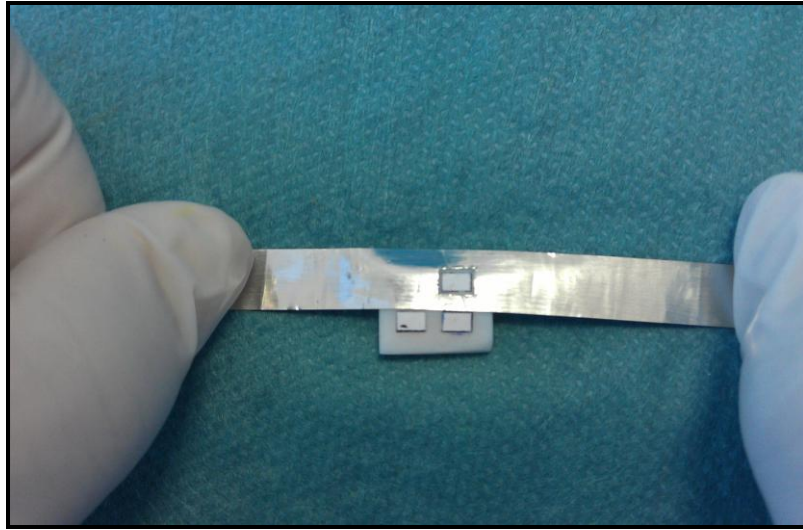
Yapılan Power analizi sonucunda %5 yanılma ve %80 güç ile sığır dişlerinde ortalama erozyona direncin 38 birimlik değişim olması için her bir gruptan en az 10 denek alınması gerektiği hesaplanmıştır.

Kesici sığır dişlerinin labial yüzeylerinden 12x10x2 mm<sup>3</sup> boyutlarında parçalar elde edilmiştir (Şekil 3.7). Bu parçalar su altında 1200 gritli silikon karbit kâğıtları ile zımparalanmış ve daha sonra ipek kumaş ile parlatılmıştır.

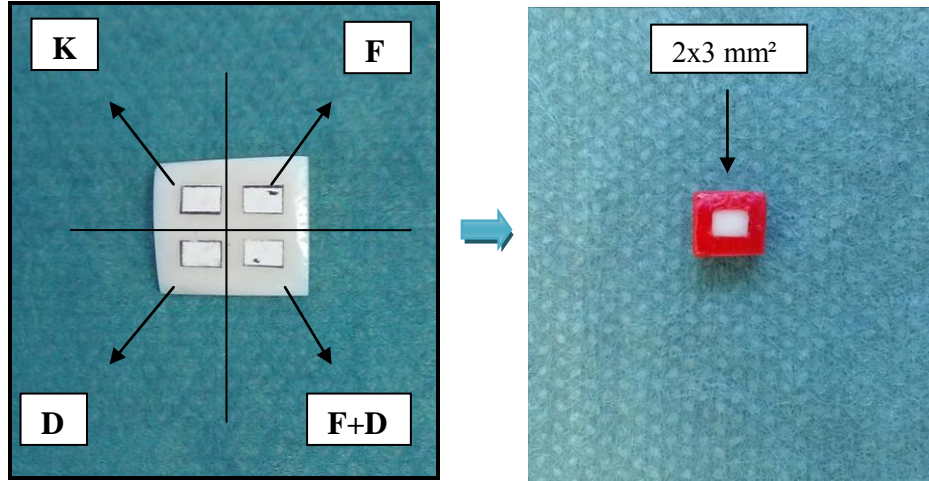


**Şekil 3.7:** Örneklerin hazırlanması.

Diş yüzeylerine  $2 \times 3 \text{ mm}^2$  ebatlarında 4 adet yapışkan kağıt yapıştırılmıştır. Standardizasyonu sağlamak amacıyla matriks şerit bandının orta bölümüne açılmış bir şablonla  $2 \times 3 \text{ mm}^2$ 'lik alanların büyüklükleri kontrol edilmiştir (Şekil 3.8).



**Şekil 3.8:** Matriks bandından hazırlanmış şablonla  $2 \times 3 \text{ mm}^2$ 'lik alanın kontrol edilmesi.



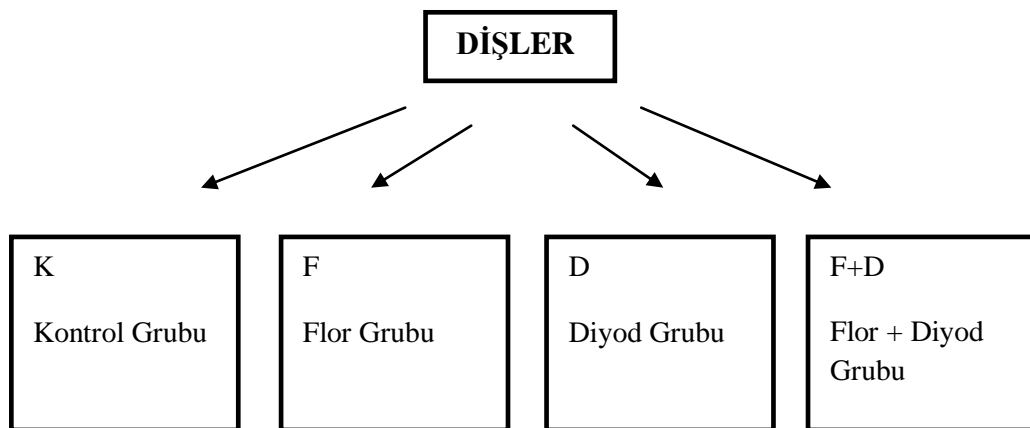
Şekil 3.9 a

Şekil 3.9 b

**Şekil 3.9:** a) Bir dişten 4 adet diş örneği elde edilmesi ve b) 2x3 mm<sup>2</sup>'lik pencerelerin oluşturulması. K: Kontrol Grubu, F: Flor Grubu, D: Diyod Grubu ve F+D: Flor+ Diyod Grubu.

Daha sonra her bir diş 4 eşit parçaya ayrılarak 4 adet diş örneği elde edilmiştir. Tedavilerin etkinliğinin aynı diş üzerinde değerlendirilebilmesi ve standardizasyonu sağlayabilmek amacı ile her dişten elde edilen 4 adet mine örneği çalışma gruplarına eşit olarak dağıtılmıştır (Şekil 3.9 a). Bu alanın dışında kalan tüm bölgeler tırnak cilasıyla kaplanmıştır. Örnekler kurduktan sonra yapışkan kâğıtlar kaldırılmış ve 2x3 mm<sup>2</sup>'lik pencereler oluşturulmuştur (Şekil 3.9 b).

Dişler şekil 3.10'daki gibi 4 gruba ayrılmıştır.



Şekil 3.10: Deney gruplarının oluşturulması

### 3.2.3. Diş Yüzey Tedavilerinin Uygulanması

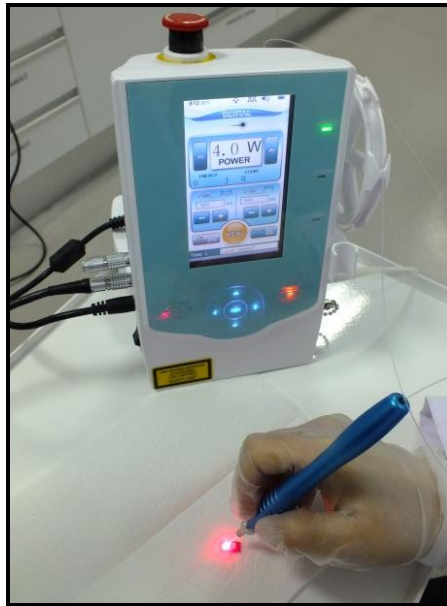
Kontrol grubundaki dişlere hiç bir tedavi uygulanmamıştır. F grubundaki dişlere sadece APF jel, lazer grubundakilere sadece diyod lazer uygulanmıştır. F+D grubundaki dişlere ise; F uygulaması yapıldıktan sonra yüzey deiyonize su ile yıkayıp kağıt peçete ile kurulanmış ve ardından diyod lazer uygulanmıştır.

#### 3.2.3.1. Flor Uygulaması

F ve F+D gruplarındaki örneklere pamuk uçlu aplikatör yardımıyla 60 saniye APF jel (Acidulated Phosphated Fluoride) uygulaması yapılmıştır. Uygulama işleminden sonra APF jelin fazlası pamuk pelet ile silinmiştir.

#### 3.2.3.2. Diyod Lazer Uygulaması

Çalışmamızda İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Cerrahi Anabilim Dalı'nda bulunan diyod lazer kullanılmıştır. D ve F+D grubuna ait örneklere 4 Watt gücünde 60 Joule, 15 sn, olacak şekilde üretici firmanın önerileri doğrultusunda diyod lazer uygulanmıştır (Şekil 3.11). Atım süresi 1ms-1s, tekrarlama oranı 0,5 Hz-0,5kHz olan diyod lazer ışınları örnek yüzeylerine fiber taşıma sistemi ile iletilmiştir.



Şekil 3.11: Örneklere diyod lazerin uygulanması.



### 3.2.4. Erozyon Siklusu

Çalışmamızda kullanılacak olan sitrik asit, İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyokimya Laboratuvarı'nda uzmanlar tarafından hazırlanmıştır. Sitrik asit solüsyonun derişimi % 0,3 ve pH'ı 2,3 olacak şekilde ayarlanmıştır.

Deiyonize su, İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi'nde bulunan Su Analiz Laboratuvarı'ndan temin edilmiş ve kullanım süresince cam kaplarda muhafaza edilmiştir.

Çalışmamızda Ramalho ve arkadaşları'nın erozyon döngüsü modifiye edilerek kullanılmıştır [193]. Örneklerin her biri 40 ml sitrik asitte (pH: 2,3), oda sıcaklığında 20 dk bekletilmiştir (Şekil 3.12). Daha sonra örnekler musluk suyunda yıkanarak kurulanmıştır. Bu pH döngüsü günde 2 kez 10 gün süreyle tekrarlanmıştır.

Her gün sitrik asit solüsyonları yenilenmiş ve pH ölçümleri yapılmıştır. Örnekler geri kalan sürede deiyonize suda bekletilmiştir.



**Şekil 3.12:** Erozyon siklusunun gerçekleştirildiği numune kapları.

### 3.2.5. SEM Cihazıyla Mineral Analizi ve Yüzey Görüntülerinin Alınması

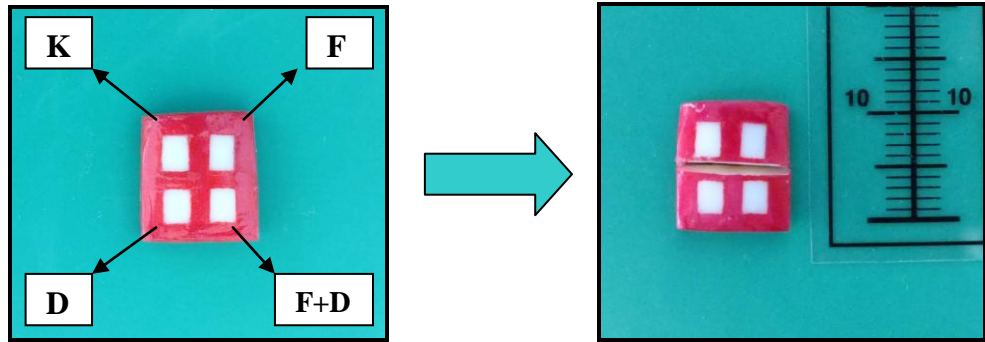
Örnekler her ölçüm öncesi 24 saat oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. SEM ile yüzey görüntüsü alınacak örnekler Au-Pd ile kaplanmıştır. Bütün örnekler vakum cihazı içerisine yerleştirilmiştir.

Örnek yüzeylerinin her iki yarısından EDX ile mineral analizi yapılmıştır. Hem atom sayısı hem de ağırlık olarak yüzeydeki minerallerin % olarak değerleri kaydedilmiştir.

İlk ölçüm; örneklere hiç bir tedavi ve erozyon siklusu uygulamaksızın gerçekleştirilmiştir. İkinci ölçüm yüzey tedavileri yapıldıktan sonra alınmıştır. Üçüncü ölçüm 1 günlük, dördüncü ölçüm 3 günlük, beşinci ölçüm 5 günlük ve altıncı ölçüm 10 günlük erozyon siklusunun ardından yapılarak kaydedilmiştir.

### 3.2.6. Mikro-CT ile Üç Boyutlu Görüntü Elde Edilmesi

Dişlerin labial yüzünden elde edilen  $12 \times 10 \times 2$  mm<sup>3</sup> boyutlarındaki örneğe yukarıda ayrıntılı olarak anlatıldığı şekilde 4 ayrı  $2 \times 3$  mm<sup>2</sup>'lik pencereler oluşturulmuştur (Şekil 3.13 a).



**Şekil 3.13:** a)  $2 \times 3$  mm<sup>2</sup>'lik 4 ayrı pencerenin oluşturulması ve b) örneğin ikiye ayrılması. K: Kontrol Grubu, F: Flor Grubu, D: Diyod Grubu ve F+D: Flor+ Diyod Grubu

Daha sonra hiçbir işlem uygulamaksızın başlangıç taraması yapılmıştır. Diyod lazerle tedavileri yapılırken kontrol grubu ve F grubunun lazer ışınından etkilenmesini engellemek amacıyla diş iki eşit parçaya ayrılmıştır (Şekil 3.13 b). Yüzey tedavileri yapıldıktan sonra ikinci tarama yapılmıştır. Üçüncü tarama 1 günlük, dördüncü tarama 3 günlük, beşinci tarama 5 günlük ve altıncı tarama 10 günlük erozyon siklusunun ardından gerçekleştirilmiştir. Taramadan elde edilen

veriler üç boyutlu görüntüye dönüştürülmüş ve eroziv lezyonun gelişim aşamaları gözlemlenmiştir.

### **3.2.7. İstatistiksel Analiz**

Çalışmamızdan elde edilen sonuçların istatistiksel analizleri İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı'nda bir biyoistatistik uzmanı tarafından SPSS 17.0 yazılım programı kullanılarak yapılmıştır.

Deney gruplarında örnek sayısının belirlenmesi için Power analizi yapılmıştır.

Nicel verilerin tanımlanmasında ortalama  $\pm$  standart sapma kullanılmıştır. Shapiro Wilk normallik testi ile normal dağılıma uymadığı görülmüştür ( $p>0,05$ ). İki'den fazla gruplar arası karşılaştırmalarda Kruskal Wallis H testi kullanılırken, grupların ikili karşılaştırılmasında Bonferroni düzeltmeli Mann Whitney U testi uygulanmıştır. Her bir grubun ölçümler arası karşılaştırmalarında Friedman testi kullanılmıştır. Alt grup karşılaştırmalarında ise Wilcoxon testi kullanılmıştır.  $p<0,05$  istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

## 4. BULGULAR

Çalışmamızda oluşturulan tüm grupların F, Ca, P değerlerinin ve Ca/P oranının ortalama % atomik ve % ağırlık değerleri SEM-EDX ile elde edilmiş ve istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

### 4.1. Tedavi Grupları ve Ölçüm Periyotlarına Göre SEM-EDX Bulgularının Değerlendirilmesi

#### 4.1.1. Ortalama Atomik %F Değerleri

Tablo 4.1’de tüm grupların ölçüm periyotlarına göre ortalama atomik %F değerleri verilmiştir. Tüm gruplar dikkate alındığında F değerleri arasında fark olup olmadığını karşılaştırmak için Kruskal Wallis H testi uygulanmıştır. Buna göre; başlangıç F değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken ( $p>0,05$ ), diğer tüm ölçümlerdeki F değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ).

**Tablo 4.1:** Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %F değerlerinin karşılaştırılması.

Ölçüm Periyodu	GRUPLAR				KW	P
	K (n=10)	F (n=10)	D (n=10)	F+D (n=10)		
<b>Başlangıç</b>	11,12 ± 1,19	11,41 ± 1,04 <b>a</b>	11,51 ± 1,95	10,90 ± 1,62 <b>a</b>	0,87	0,83
<b>Tedavi sonrası</b>	11,12 ± 1,19	13,84 ± 0,78 <b>b</b>	10,00 ± 1,53	14,66 ± 0,75 <b>β</b>	1,04	<b>0.001**</b>
<b>1.gün</b>	10,07 ± 1,72	11,91 ± 0,82 <b>c</b>	10,61 ± 0,85	12,62 ± 0,38 <b>φ</b>	22,24	<b>0.001**</b>
<b>3. gün</b>	9,91 ± 0,91	11,23 ± 0,30 <b>d</b>	10,38 ± 0,83	11,93 ± 1,15 <b>φ</b>	19,31	<b>0.001**</b>
<b>5. gün</b>	10,38 ± 0,97	11,78 ± 1,07 <b>d</b>	10,91 ± 0,62	11,86 ± 1,04 <b>φ</b>	12,33	<b>0.006*</b>
<b>10. gün</b>	10,20 ± 1,16	11,82 ± 1,15 <b>d</b>	10,76 ± 0,59	12,02 ± 0,82 <b>φ</b>	18,55	<b>0.001**</b>
<b>F=</b>	9,59	23,03	7,94	27,2		
<b>P=</b>	0,09	<b>&lt;0,001</b>	0,16	<b>&lt;0,001</b>		
F: Friedman değeri, KW: Kruskal-Wallis değeri, K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod, F+D: Flor+Diyod Grubu Farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir. *: $p<0,05$ seviyede anlamlı, **: $p<0,001$ seviyede anlamlı Bold karakter ile gösterilen ölçüm değerleri farklılıkları göstermektedir.						

Ölçüm periyotları arası F değerlerinin değişimini incelemek için Friedman testi uygulanmıştır. Bu test sonucuna göre; F ve F+D gruplarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunurken ( $p<0,05$ ), K ve D gruplarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Friedman testine göre istatistiksel olarak anlamlı bulunan F ve F+D gruplarının alt grup karşılaştırmalarında ise Wilcoxon testi kullanılmıştır. F grubunda; başlangıç ile tedavi sonrası, tedavi sonrası ile 1 günlük erozyon siklusu sonrası ve 1 gün ile 3 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). F+D grubunda ise; başlangıç ile tedavi sonrası ve tedavi sonrası ile 1 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

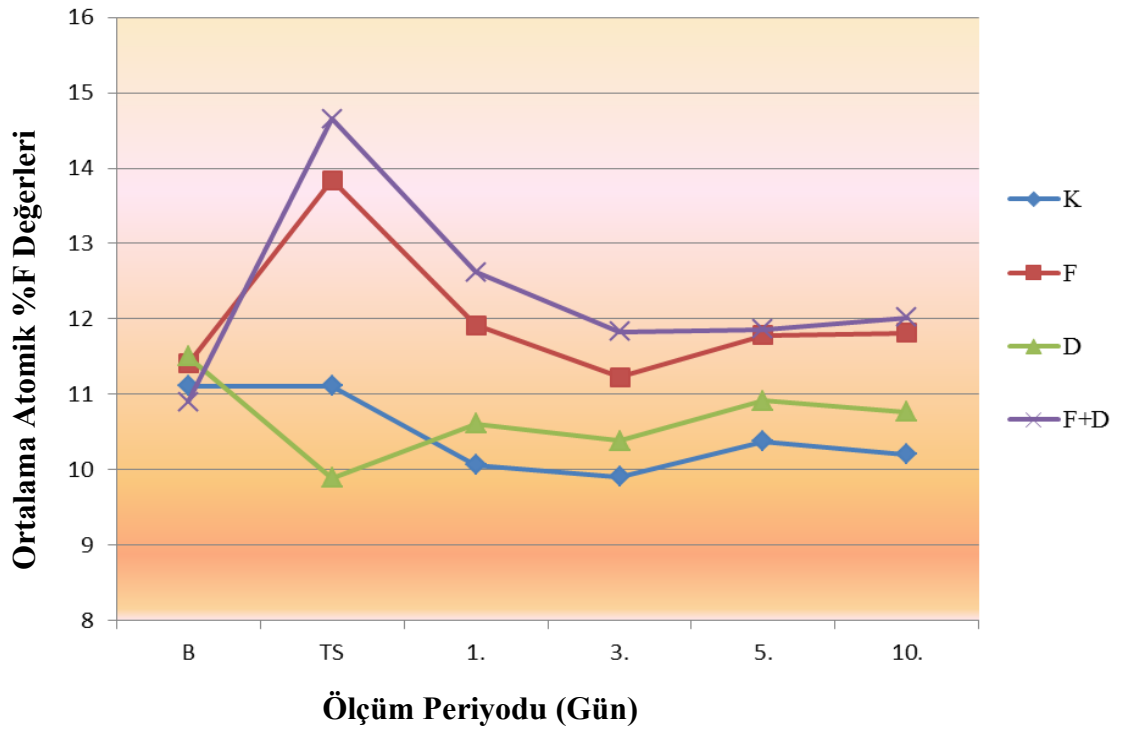
Tablo 4.2’de tedavi gruplarının ortalama atomik %F değerlerinin Mann Whitney U testine göre ikili karşılaştırmaları verilmiştir. Yapılan testte; tüm grupların başlangıç ölçümlerinde ve F ve D gruplarının 5 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümlerinde F değerleri arasında istatistiksel olarak herhangi bir anlamlı fark bulunamazken ( $p>0,05$ ), diğer karşılaştırmalar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

**Tablo 4.2:** Tedavi grupları arasında ortalama atomik %F değerlerinin karşılaştırılması.

Ölçüm Periyodu	K	MWU/ P	F	MWU/ P	D	MWU/ P	F+D
<b>Başlangıç</b>		0,00		47,00		0,00	
<b>Tedavi sonrası</b>		0,00 /*		0,00 /*		0,00 /*	
<b>1.gün</b>		0,00 /*		2,50 /*		1,00 /*	
<b>3. gün</b>		6,00 /*		5,00 /*		6,00 /*	
<b>5. gün</b>		1,50 /*		5,00		1,50 /*	
<b>10. gün</b>		2,00 /*		8,00 /*		2,00 /*	

MWU: Mann Whitney U, K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod, F+D: Flor+Diyod Grubu  
\*:  $p<0,05$  seviyede anlamlı

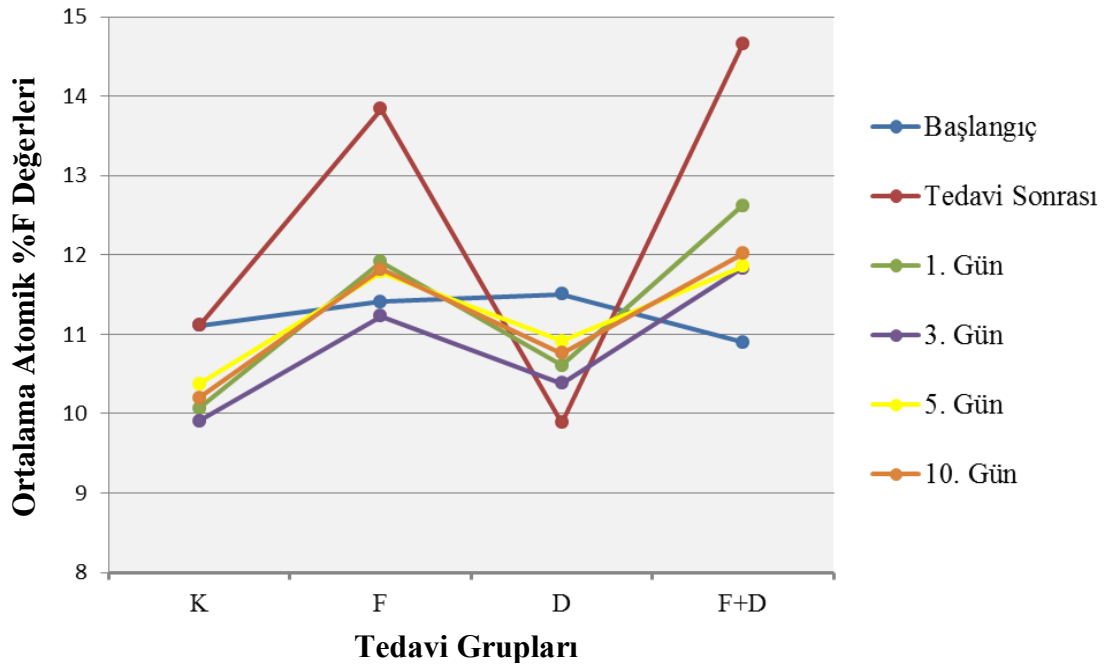
Şekil 4.1’de ölçüm periyotlarına göre F değerlerinin dağılımı görülmektedir. Başlangıç ölçümlerinde ortalama F değerleri birbirine çok yakındır. Fakat yüzey tedavileri yapıldıktan sonra en yüksek F değeri F+D grubunda görülürken, D grubunun en düşük F değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. 1 günlük erozyon siklusu sonrası D grubu hariç diğer grupların F değerlerinde bir azalma izlenmektedir. 3, 5 ve 10 günlük erozyon siklusu sonrası ölçümlerde ise en yüksek F değeri F+D grubunda, en düşük F değeri ise K grubunda tespit edilmiştir.



**Şekil 4.1:** Ölçüm periyotlarına göre tedavi gruplarının ortalama atomik %F değerlerinin dağılımı. B: Başlangıç, TS: Tedavi Sonrası, K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod, F+D: Flor+Diyod Grubu.

Şekil 4.2’de tedavi gruplarına göre ortalama F değerlerinin dağılımı görülmektedir. K grubunda herhangi bir tedavi yapılmadığından başlangıç ve tedavi sonrası ölçümlerde aynı F değerine sahip olmakla birlikte, erozyon siklusu sonrasında yapılan ölçümlerde daha düşük F değeri elde edilmiştir. F grubunda ise

en yüksek F değeri tedavi sonrasında elde edilmiştir. Bu grupta F değeri erozyon siklusu sonrası giderek düşse de K ve D grubuna göre daha yüksektir. D grubunda en yüksek F değeri başlangıç ölçümüne aittir. F ve F+D grubunun aksine diş yüzey tedavisinden sonra yüzeydeki ortalama atomik %F oranı D grubunda hızla düşmüş ve erozyon siklusu sonrası ise artmıştır. F+D grubunda en düşük F değeri başlangıç ölçümünde iken, en yüksek F değerine tedavi sonrası ulaşılmış ve erozyon siklusu sonrasında ise F değeri giderek düşmüştür.



**Şekil 4.2:** Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %F değerlerinin dağılımı.

K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod, F+D: Flor+Diyod Grubu.

#### 4.1.2. Ortalama Atomik %Ca Değerleri

Tablo 4.3'te tüm grupların ölçüm periyotlarına göre ortalama atomik %Ca değerleri verilmiştir. Tüm gruplar dikkate alındığında başlangıç, tedavi sonrası, 1 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümlerde Ca değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunurken ( $p < 0,05$ ), diğer tüm ölçümlerdeki Ca değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilememiştir ( $p > 0,05$ ).

Tüm ölçüm periyotları dikkate alındığında bütün grupların kendi içindeki Ca değerlerinin değişimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

**Tablo 4.3:** Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %Ca değerlerinin karşılaştırılması.

Ölçüm Periyodu	GRUPLAR				KW	P
	K (n=10)	F (n=10)	D (n=10)	F+D (n=10)		
<b>Başlangıç</b>	17,05±2,55a	17,08±1,52x	14,15±2,5+	17,33±1,84α	11,09	<b>0.01*</b>
<b>Tedavi sonrası</b>	17,05±2,55a	16,89±2,15x	15,70±1,39-	17,97±0,54α	8,39	<b>0.039*</b>
<b>1.gün</b>	17,25±2,90a	18,72±1,17x	17,53±2,18×	19,49±1,28β	10,35	<b>0.016*</b>
<b>3. gün</b>	15,57±2,46b	16,25±1,22y	15,69±1,98∞	16,68±1,13ϕ	1,74	0,63
<b>5. gün</b>	16,21±1,51b	17,32±1,49y	16,52±1,40∞	16,92±1,50ϕ	4,94	0,18
<b>10. gün</b>	16,87±1,82b	17,45±1,27y	16,51±1,54∞	17,34±0,87ϕ	2,72	0,44
<b>F=</b>	30,72	29,67	35,01	34,67		
<b>P=</b>	<b>&lt;0,001**</b>	<b>&lt;0,001**</b>	<b>&lt;0,001**</b>	<b>&lt;0,001**</b>		
F: Friedman değeri, KW: Kruskal-Wallis değeri, K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod, F+D: Flor+Diyod Grubu Farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir. *: $p<0,05$ seviyede anlamlı, **: $p<0,001$ seviyede anlamlı Bold karakter ile gösterilen ölçüm değerleri farklılıkları göstermektedir.						

K ve F gruplarında; 1 günlük ile 3 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). D grubunun başlangıç ile tedavi sonrası, tedavi sonrası ile 1 günlük erozyon siklusu sonrası ve 1 günlük ile 3 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümler arasındaki farklılıklar, F+D grubunun ise tedavi sonrası ile 1 günlük erozyon siklusu sonrası ve 1 günlük ile 3 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Tablo 4.4'te tedavi gruplarının ortalama atomik %Ca değerlerinin ikili karşılaştırmaları verilmiştir. Buna göre; başlangıç ölçümlerinde F ve D grupları arasında ve D ile F+D grupları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıyken, tedavi sonrası ölçümlerinde sadece D ile F+D grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Diğer ölçüm periyotlarında tedavi grupları

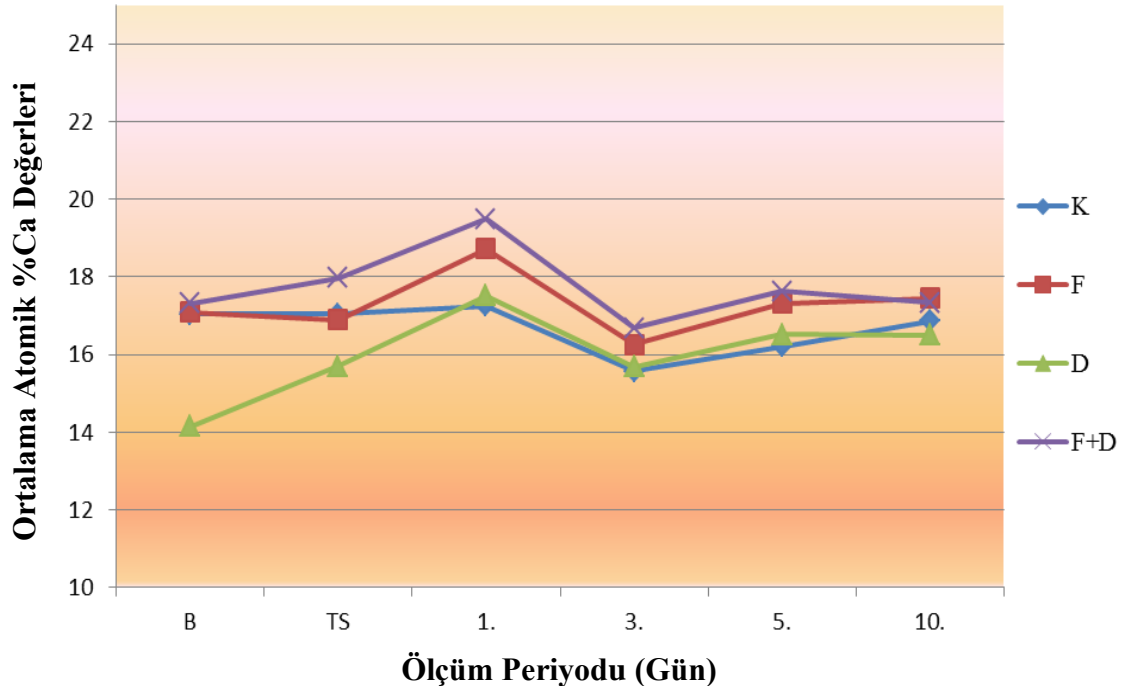


arasındaki karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.4:** Tedavi grupları arasında ortalama atomik %Ca değerlerinin karşılaştırılması.

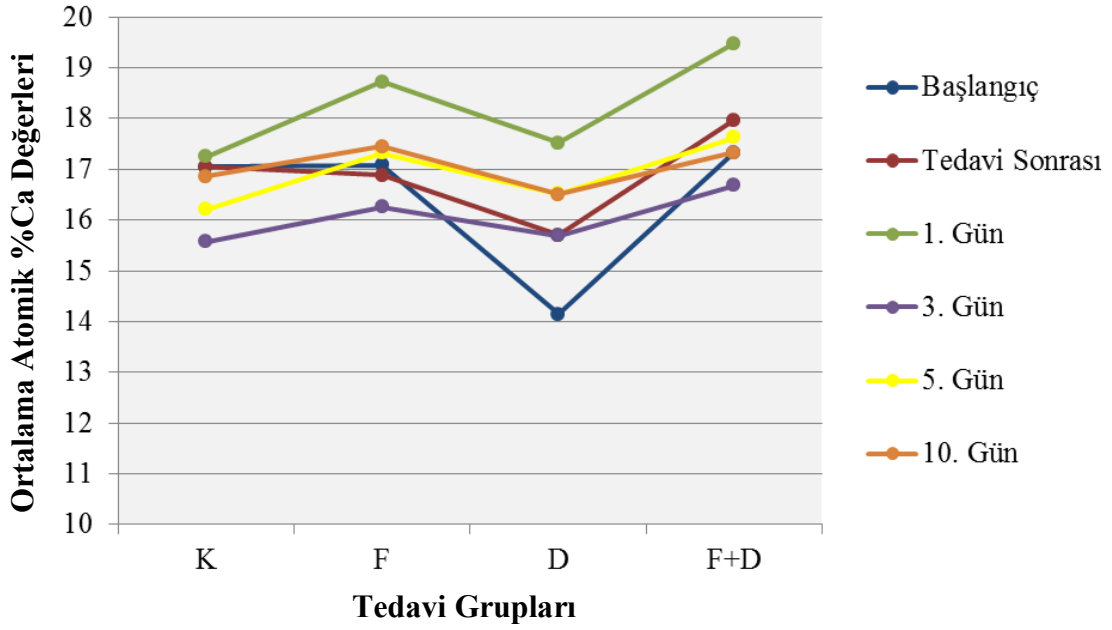
Ölçüm Periyodu	K	MWU/ P	F	MWU/ P	D	MWU/ P	F+D
<b>Başlangıç</b>		43,50		4,00 /*		12,00 /*	
<b>Tedavi sonrası</b>		46,00		5,00		10,00 /*	
<b>1.gün</b>		33,00		4,00		7,00	
<b>3. gün</b>		49,00		0,00		0,00	
<b>5. gün</b>		29,00		8,00		3,50	
<b>10. gün</b>		42,00		30,00		2,50	
MWU: Mann Whitney U, K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod, F+D: Flor+Diyod Grubu *: $p<0,05$ seviyede anlamlı							

Şekil 4.3'te ölçüm periyotlarına göre Ca değerlerinin dağılımı görülmektedir. Başlangıç ölçümlerinde en düşük ortalama Ca değeri D grubuna ait iken, diğer grupların Ca ortalamaları hemen hemen aynıdır. Tedavi sonrası ölçümlerinde D ve F+D gruplarında artış gözlenirken K ve F gruplarının Ca değerlerinde fazla değişiklik görülmemektedir. 1 günlük erozyon siklusu sonrası ölçümlerde tedavi uygulanan F, D ve F+D gruplarında Ca değerinde artış gözlenirken, K grubunda hafif bir düşme izlenmektedir. Devam eden erozyon siklusu sonrası ölçümlerde bütün gruplarda birbirine paralel bir değişim izlenmektedir. Genel olarak tüm gruplar dikkate alındığında 10 günlük erozyon siklusu sonrası ölçümlerde en yüksek Ca seviyesi F grubunda, en düşük Ca seviyesi ise K ve D gruplarında tespit edilmiştir.



**Şekil 4.3:** Ölçüm periyotlarına göre tedavi gruplarının ortalama atomik %Ca değerlerinin dağılımı. B: Başlangıç, TS: Tedavi Sonrası, K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod ve F+D: Flor+Diyod Grubu.

Şekil 4.4'te tedavi gruplarına göre ortalama Ca değerlerinin dağılımı görülmektedir. K grubunda herhangi bir tedavi yapılmadığından başlangıç ve tedavi sonrası ölçümlerde aynı Ca değerine sahip olmakla birlikte, erozyon siklusu sonrasında daha düşük bir Ca değeri elde edilmiştir. F, D ve F+D gruplarında en yüksek Ca değeri 1 günlük erozyon siklusu sonrasında elde edilmiştir. Genel olarak bütün ölçümleri incelediğimizde F+D grubunda Ca değerleri diğer gruplara nazaran daha yüksek seyretmektedir.



**Şekil 4.4:** Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %Ca değerlerinin dağılımı. K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod ve F+D: Flor+Diyod Grubu.

#### 4.1.3. Ortalama Atomik %P Değerleri

Tablo 4.5'te tüm grupların ölçüm periyotlarına göre ortalama atomik %P değerleri verilmiştir. Tüm gruplar dikkate alınarak P değerleri arasında fark olup olmadığı karşılaştırılmıştır. Buna göre; başlangıç, tedavi sonrası ve 10 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümlerde P değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilirken ( $p < 0,05$ ), diğer tüm ölçümlerdeki P değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

Tüm ölçüm periyotları dikkate alındığında bütün grupların ölçümler arası P değerlerinin değişimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

**Tablo 4.5:** Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %P değerlerinin karşılaştırılması.

Ölçüm Periyodu	GRUPLAR				KW	P
	K (n=10)	F (n=10)	D (n=10)	F+D (n=10)		
<b>Başlangıç</b>	8,90 ± 1,35a	8,96 ± 1,00x	7,23 ± 1,59+	8,98 ± 1,17α	9,86	<b>0.02*</b>
<b>Tedavi sonrası</b>	8,90 ± 1,35a	8,84 ± 1,03x	8,38 ± 0,92-	9,74 ± 0,56α	10,8	<b>0.013*</b>
<b>1.gün</b>	9,40 ± 1,56b	9,60 ± 0,76y	9,10 ± 1,06-	9,70 ± 0,59α	2,46	0,48
<b>3. gün</b>	8,90 ± 1,14b	8,40 ± 0,96t	7,70 ± 0,84×	8,30 ± 0,93β	6,31	0,098
<b>5. gün</b>	9,60 ± 0,80b	8,90 ± 0,78t	8,70 ± 1,0∞	8,90 ± 0,85β	5,84	0,12
<b>10. gün</b>	10,38 ± 1,09c	8,90 ± 0,75t	8,50 ± 0,78∞	8,80 ± 0,74β	13,6	<b>0.004*</b>
<b>F=</b>	38,71	30,95	36,68	35,74		
<b>P=</b>	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**		
F: Friedman değeri, KW: Kruskal-Wallis değeri, K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod, F+D: Flor+Diyod Grubu Farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir. *: p<0,05 seviyede anlamlı, **: p<0,001 seviyede anlamlı Bold karakter ile gösterilen ölçüm değerleri farklılıkları göstermektedir.						

K grubunda; tedavi sonrası ile 1 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümler ve 5 günlük ile 10 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). F grubunda; tedavi sonrası ile 1 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümler arasındaki ve 1 günlük ile 3 günlük erozyon siklusu sonrasında yapılan ölçümler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). D grubunda; başlangıç ile tedavi sonrası, 1 günlük ile 3 günlük erozyon siklusu sonrası, 3 günlük ile 5 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). F+D grubunda ise; sadece 1 günlük ile 3 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Tablo 4.6'da tedavi gruplarının ortalama atomik %P değerlerinin ikili karşılaştırmaları verilmiştir. Buna göre; başlangıç ölçümlerinde F ile D grupları, ve D ile F+D gruplarının P değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunurken, tedavi sonrası ölçümlerinde sadece D ile F+D gruplarının P değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $p<0,05$ ). 10 günlük

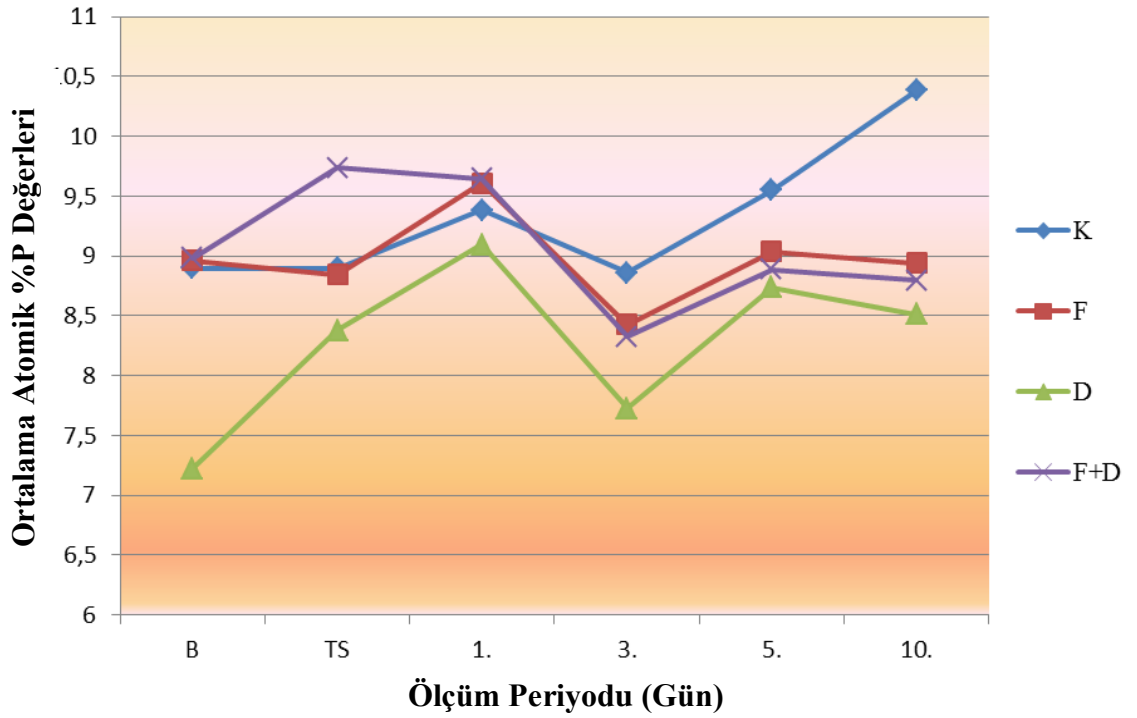
erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümlerde ise K ve F gruplarının P değerleri arasında farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

**Tablo 4.6:** Tedavi grupları arasında ortalama atomik %P değerlerinin karşılaştırılması.

Ölçüm Periyodu	K	MWU/ P	F	MWU/ P	D	MWU/ P	F+D
<b>Başlangıç</b>		42,00		14,00 /*		18,00 /*	
<b>Tedavi sonrası</b>		48,00		36,00		7,50 /*	
<b>1.gün</b>		46,00		37,00		29,50	
<b>3. gün</b>		36,00		30,00		29,00	
<b>5. gün</b>		24,00		47,00		47,50	
<b>10. gün</b>		15,00 /*		32,00		38,00	

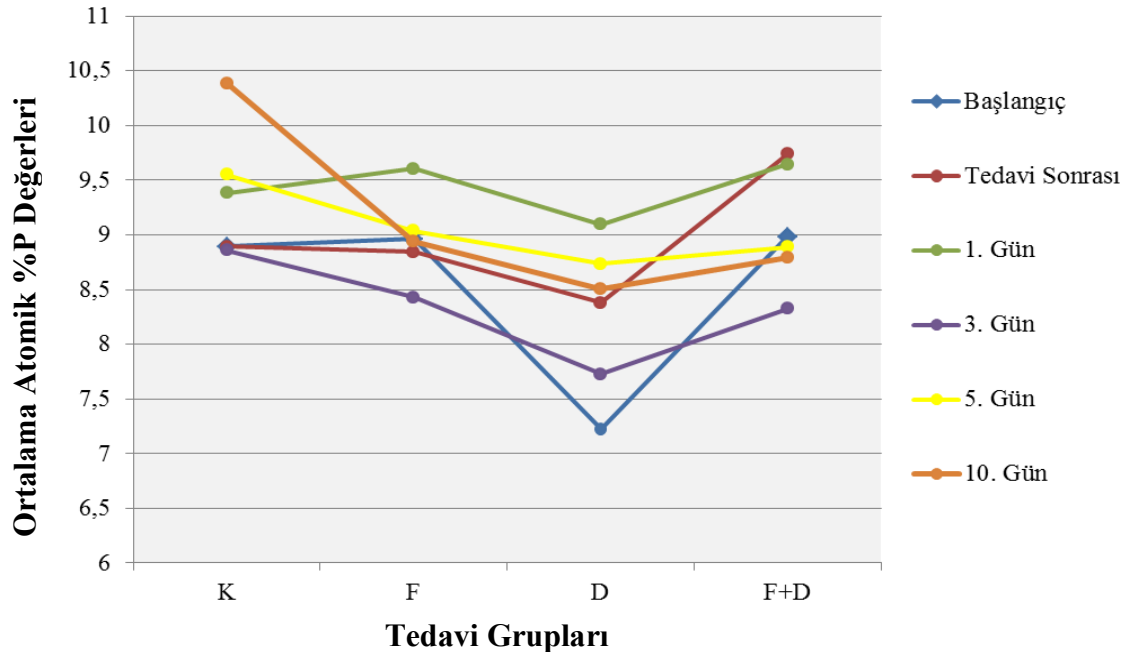
MWU: Mann Whitney U, K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod, F+D: Flor+Diyod Grubu  
\*:  $p<0,05$  seviyede anlamlı

Şekil 4.5'te ölçüm periyotlarına göre P değerlerinin dağılımı görülmektedir. Başlangıç ölçümlerinde en düşük ortalama P değeri D grubuna ait iken, diğer grupların P değerleri hemen hemen aynıdır. Tedavi sonrası ölçümlerinde D ve F+D gruplarında P değerlerinde artış gözlenirken, K ve F gruplarının fazla bir değişiklik görülmemektedir. 1 günlük erozyon siklusu sonrası ölçümlerde bütün gruplarda artış gözlenmiştir. 3 günlük erozyon siklusu sonrası ölçümlerde bütün gruplarda P değerlerinde bir azalma izlenirken, 5 günlük erozyon siklusu sonrası ölçümlerde ise P değerlerinde bir artış tespit edilmiştir. 10 günlük erozyon siklusu sonrası ölçümlerde ise K grubunda artış devam etmekte, diğer gruplarda ise P değerinde fazla bir değişiklik izlenmemektedir.



**Şekil 4.5:** Ölçüm periyotlarına göre tedavi gruplarının ortalama atomik %P değerlerinin dağılımı. B: Başlangıç, TS: Tedavi Sonrası, K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod, ve F+D: Flor+Diyod Grubu.

Şekil 4.6'da tedavi gruplarına göre ortalama P değerlerinin dağılımı görülmektedir. K grubunda herhangi bir tedavi yapılmadığından başlangıç ve tedavi sonrası ölçümlerde aynı P değerine sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, erozyon siklusu devam ettikçe daha yüksek bir P değeri elde edilmiştir. F ve D grubunda en yüksek P değeri 1 günlük erozyon siklusu sonrası ölçümlerde elde edilmiştir. F+D grubunda ise en yüksek P değeri tedavi sonrasında, en düşük P değeri ise 3 günlük erozyon siklusu sonrasında yapılan ölçümlerde tespit edilmiştir.



**Şekil 4.6:** Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %P değerlerinin dağılımı. K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod ve F+D: Flor+Diyod Grubu.

#### 4.1.4. Ortalama Atomik %Ca/P Oranları

Tablo 4.7’de tüm grupların ölçüm periyotlarına göre ortalama atomik %Ca/P oranları verilmiştir. Tüm gruplar dikkate alınarak Ca/P oranları arasında fark olup olmadığını karşılaştırılmıştır. Buna göre; başlangıç ve tedavi sonrası Ca/P oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmazken ( $p>0,05$ ), diğer tüm ölçümlerdeki Ca/P oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ).

Ölçüm periyotları arası Ca/P oranlarının değişimini incelendiğinde; F grubu hariç ( $p>0,05$ ), diğer bütün gruplarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

**Tablo 4.7:** Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %Ca/P oranlarının karşılaştırılması.

Ölçüm Periyodu	GRUPLAR				KW	P
	K (n=10)	F (n=10)	D (n=10)	F+D (n=10)		
<b>Başlangıç</b>	1,92 ± 0,08a	1,91 ± 0,09	2,00 ± 0,10+	1,90 ± 0,13α	2,87	0,41
<b>Tedavi sonrası</b>	1,92 ± 0,08a	1,91 ± 0,06	1,88 ± 0,08-	1,85 ± 0,07β	6,45	0,09
<b>1.gün</b>	1,84 ± 0,11b	1,96 ± 0,16	1,93 ± 0,07-	2,03 ± 0,10φ	10,3	<b>0.016*</b>
<b>3. gün</b>	1,80 ± 0,15b	1,90 ± 0,14	2,04 ± 0,08x	2,02 ± 0,12ω	17,69	<b>0.001**</b>
<b>5. gün</b>	1,70 ± 0,16b	1,95 ± 0,04	1,90 ± 0,10∞	2,00 ± 0,08ϖ	17,22	<b>0.001**</b>
<b>10. gün</b>	1,60 ± 0,11c	1,95 ± 0,05	1,94 ± 0,05∞	1,98 ± 0,09ϖ	22,49	<b>0.001**</b>
<b>F=</b>	50,7	8,49	36,56	32,79		
<b>P=</b>	<b>&lt;0,001**</b>	0,2	<b>&lt;0,001**</b>	<b>&lt;0,001**</b>		
F: Friedman değeri, KW: Kruskal-Wallis değeri, K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod, F+D: Flor+Diyod Grubu Farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir. *: p<0,05 seviyede anlamlı, **: p<0,001 seviyede anlamlı Bold karakter ile gösterilen ölçüm değerleri farklılıkları göstermektedir.						

K, D ve F+D gruplarının alt grup karşılaştırmaları yapıldığında; K grubunda tedavi sonrası ile 1 günlük erozyon siklusu sonrası ve 5 günlük ile 10 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). D grubunda; başlangıç ile tedavi sonrası, 1 günlük ile 3 günlük erozyon siklusu sonrası ve 3 günlük ile 5 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). F+D grubunda ise; başlangıç ile tedavi sonrası ve tedavi sonrası ile 1 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Tablo 4.8'de tedavi gruplarının ortalama atomik %Ca/P oranlarının ikili karşılaştırmaları verilmiştir. Yapılan teste; tüm grupların başlangıç ölçümlerinde ve tedavi sonrası ölçümlerinde Ca/P oranlarındaki karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). D ve F+D gruplarının 1 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümlerinde, K ile F ve F ile D gruplarının 3 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümlerinde ve K ile F gruplarının 10 günlük

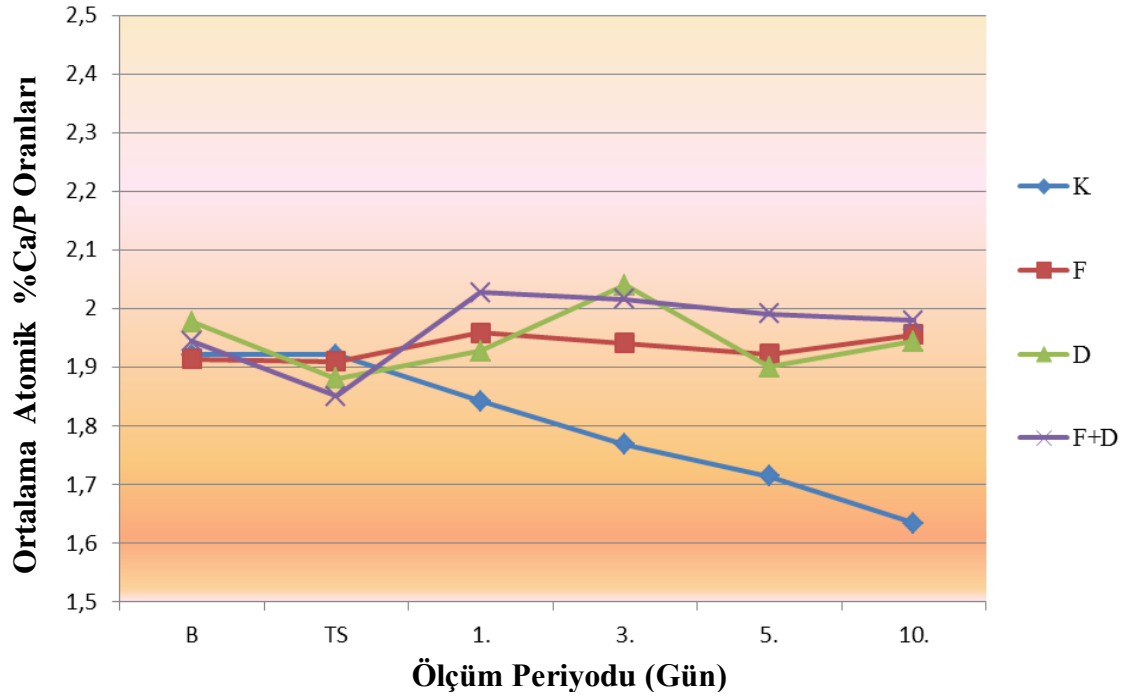


erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümlerinde Ca/P oranlarındaki karşılaştırmalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

**Tablo 4.8:** Tedavi grupları arasında ortalama atomik %Ca/P oranlarının karşılaştırılması.

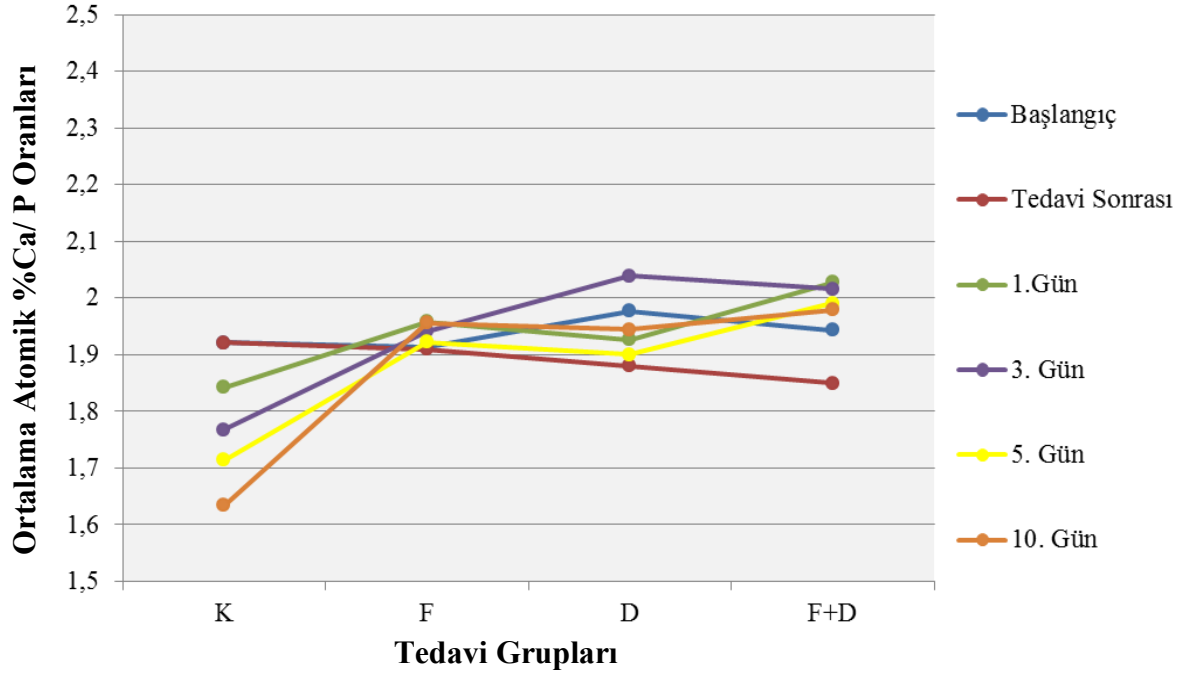
Ölçüm Periyodu	K	MWU/ P	F	MWU/ P	D	MWU/ P	F+D
<b>Başlangıç</b>		45,50		33,00		38,00	
<b>Tedavi sonrası</b>		47,00		6,00		37,00	
<b>1.gün</b>		26,00		47,00		23,00 /*	
<b>3. gün</b>		18,00 /*		23,00 /*		42,00	
<b>5. gün</b>		10,00 /*		36,00		23,50 /*	
<b>10. gün</b>		0,00 /*		48,00		36,50	
MWU: Mann Whitney U, K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod, F+D: Flor+Diyod Grubu							
*: $p<0,05$ seviyede anlamlı							

Şekil 4.7’de ölçüm periyotlarına göre Ca/P oranlarının dağılımı görülmektedir. Başlangıç ve tedavi sonrası ölçümlerde ortalama Ca/P oranları hemen hemen aynıdır. 1 günlük erozyon siklusu sonrası yapılan ölçümlerde F, D ve F+D gruplarının Ca/P oranlarında artış gözlenirken, K grubunda bir azalma göze çarpmaktadır. Bu azalma 3, 5 ve 10 günlük erozyon siklusu sonrası ölçümlerde de devam etmiştir. 10 günlük erozyon siklusu sonrası en yüksek Ca/P oranı F+D grubunda tespit edilmiştir.



**Şekil 4.7:** Ölçüm periyotlarına göre tedavi gruplarının ortalama atomik %Ca/P oranlarının dağılımı. B: Başlangıç, TS: Tedavi Sonrası K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod ve F+D: Flor+Diyod Grubu.

Şekil 4.8’de tedavi gruplarına göre ortalama Ca/P oranlarının dağılımı görülmektedir. K grubunda erozyon siklusu devam ettikçe Ca/P oranlarında orantılı bir düşüş görülmektedir. F grubunda Ca/P oranlarında fazla bir değişiklik tespit edilmemiştir. Genel olarak bütün ölçümleri incelediğimizde en yüksek Ca/P oranları D ve F+D gruplarında elde edilmiştir.



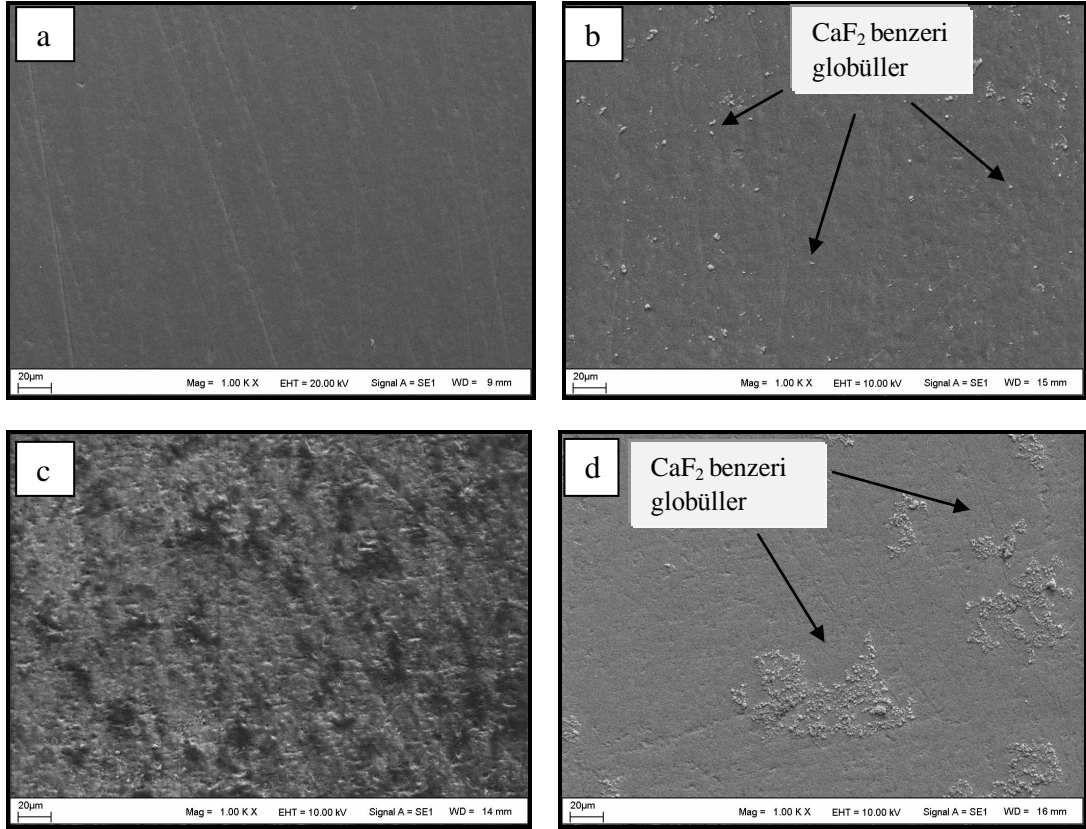
**Şekil 4.8:** Tedavi gruplarına göre ortalama atomik %Ca/P oranlarının dağılımı. K:Kontrol, F:Flor, D:Diyod ve F+D: Flor+Diyod Grubu.

#### 4.2. Tedavi Grupları ve Ölçüm Periyotlarına Göre Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Bulgularının Değerlendirilmesi

Sığır dişlerinde mine yüzeyleri tedavi gruplarına ve ölçüm periyotlarına göre SEM’de incelenmiş ve aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

##### 4.2.1. Tedavi Sonrası SEM Bulguları

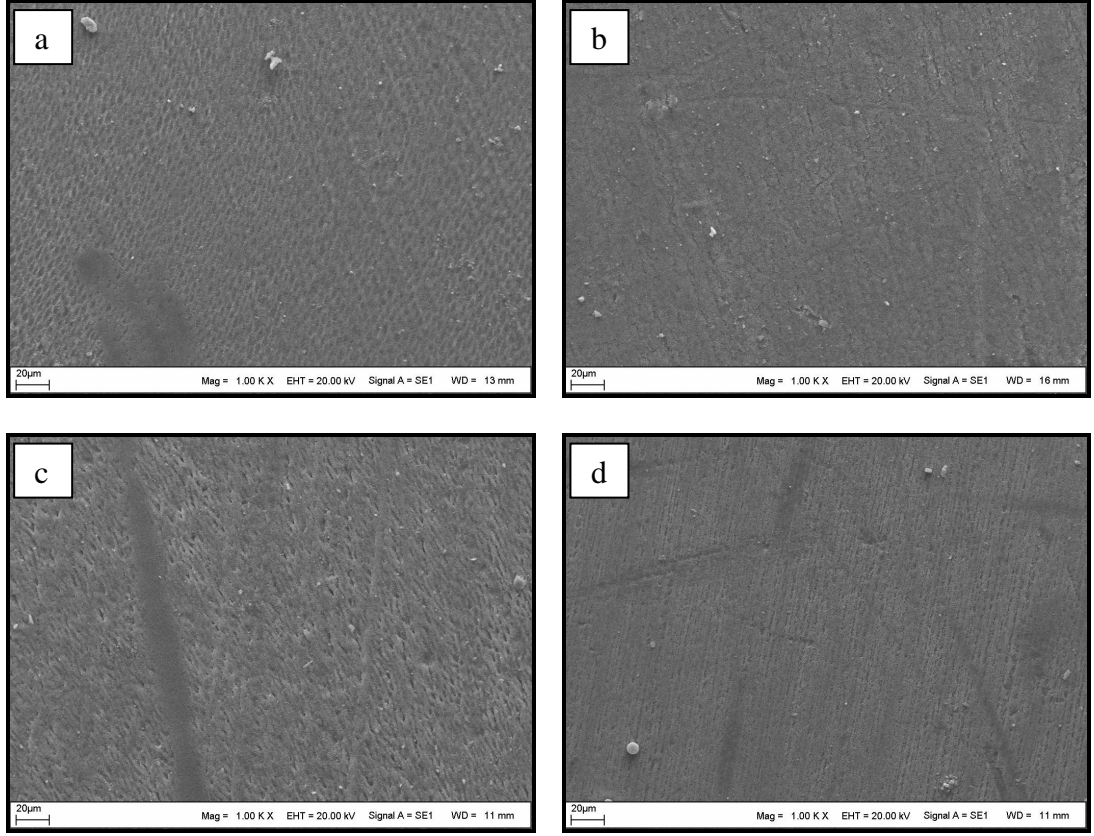
K grubunda hiçbir tedavi uygulanmadığından diş yüzeylerinin hazırlanmasında kullanılan zımpara izleri dışında herhangi bir yüzey değişikliği tespit edilmemiştir (Şekil 4.9 a). F ve F+D grubunun yüzeylerinde görülen yuvarlak şekilli oluşumların K ve D grubunda görülmemesi ve F+D grubuna ait diş örneğinin yüzeyinde daha fazla görülmesi bunların  $\text{CaF}_2$  benzeri globüller olma olasılığını güçlendirmektedir (Şekil 4.9 b ve 4.9 d) [100]. D grubunda ise mikro çukurcuklar ve homojen olmayan görünüm tespit edilmiştir (Şekil 4.9 c).



**Şekil 4.9:** Tedavi sonrası SEM görüntüleri (x1.00 k). a) K:Kontrol, b) F:Flor, c) D:Diyod ve d) F+D: Flor+Diyod Grubu.

#### 4.2.2. 1 Günlük Erozyon Siklusunu Sonrası SEM Bulguları

K grubunda asitin etkisiyle yüzeyde demineralize alanlar görülmektedir. F ve F+D grubunda ise K grubuna göre yüzeyde hafif aşınmalar görülmektedir. D grubunda ise mikro çukurcuklar ve bazı alanlarda demineralizasyona bağlı mine prizmaları görülmektedir.

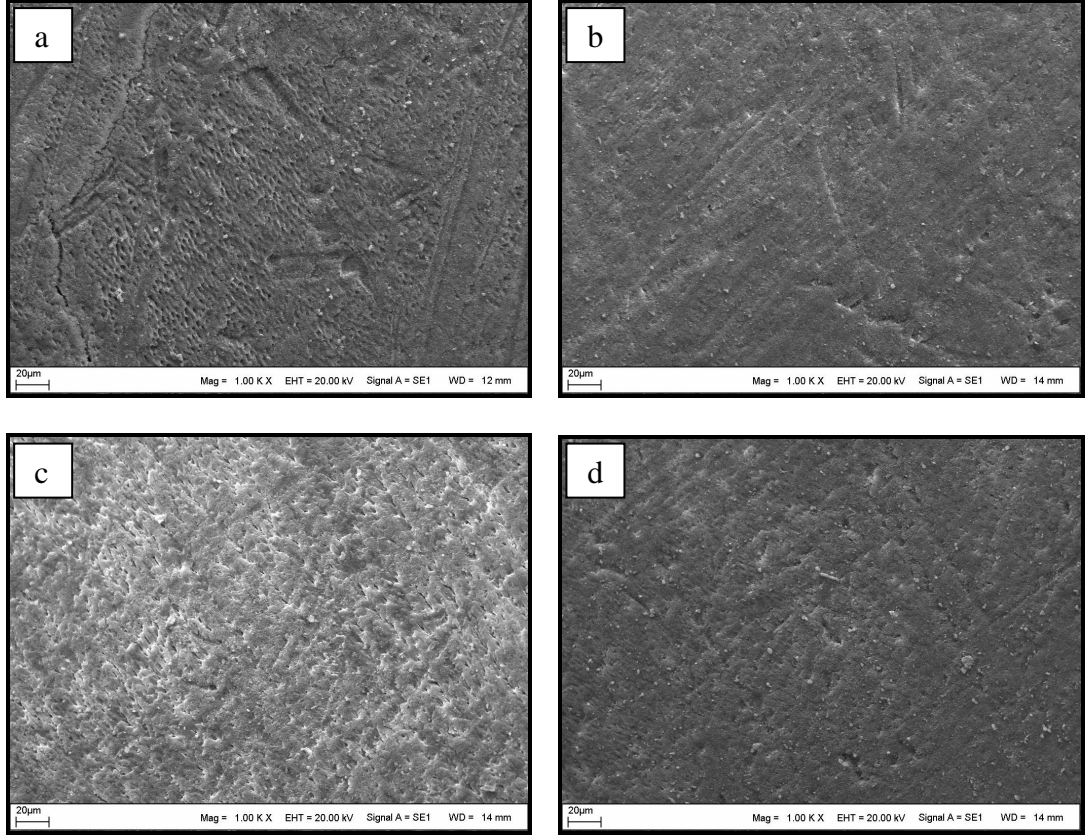


**Şekil 4.10:** 1 günlük erozyon siklusu sonrası SEM görüntüleri (x1.00 k).

a) K:Kontrol, b) F: Flor, c) D:Diyod ve d) F+D: Flor+Diyod Grubu.

#### 4.2.3. 3 Günlük Erozyon Siklusu Sonrası SEM Bulguları

K grubunda mine yüzeyinde çatlak oluşumu ve mine prizmaları görülmektedir. Buradaki çözünmede mine prizma korları çözünmüş, prizma çeperleri çözünmemiştir. F ve F+D grubunda ise K grubuna göre asitten daha az etkilenme olduğu görülmektedir. D grubunun yüzeyinde bulunan mikro çukurcuklar ve krater şeklinde oyuklar demineralizasyonun etkisiyle daha belirgin hale gelmiştir.

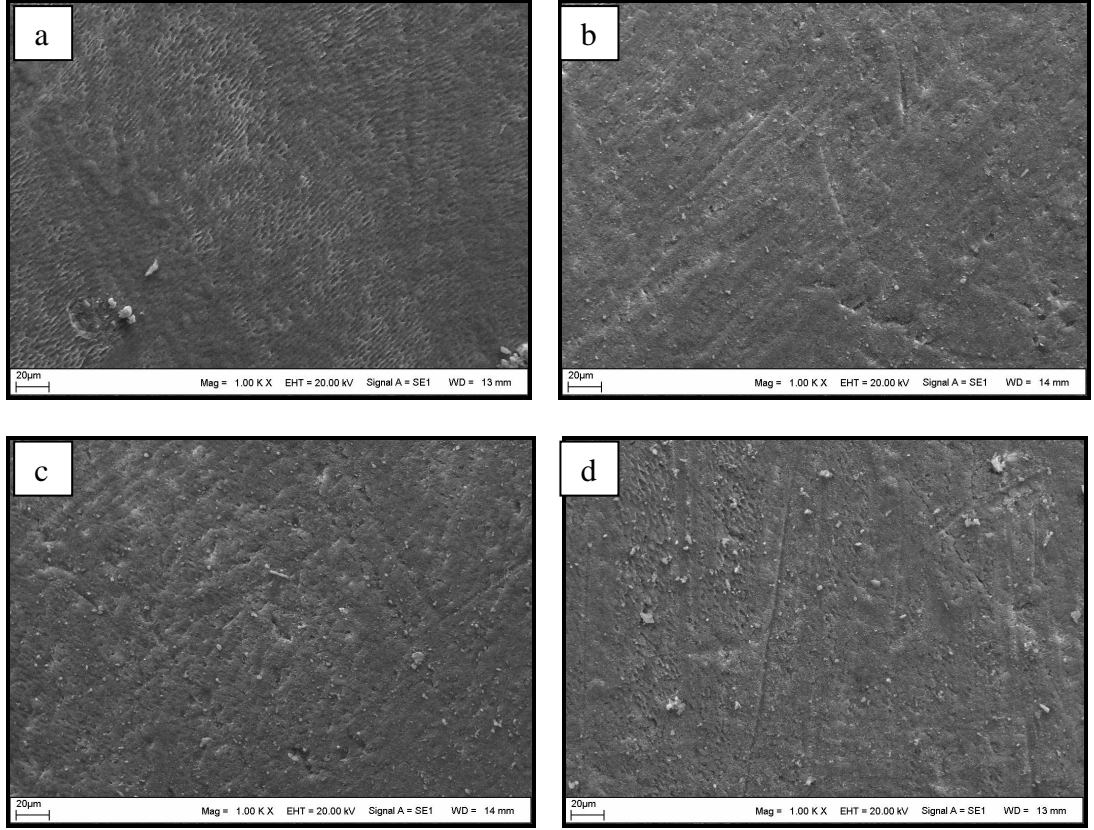


**Şekil 4.11:** 3 günlük erozyon siklusu sonrası SEM görüntüleri (x1.00 k).

a) K:Kontrol, b) F:Flor, c) D:Diiod ve d) F+D: Flor+Diiod Grubu.

#### 4.2.4. 5 Günlük Erozyon Siklusu Sonrası SEM Bulguları

5 günlük erozyon siklusu sonrasında, K grubunda mine prizmaları daha belirgin hale gelmiş, yüzey bal peteği görünümünü almıştır. F grubunda çok az etkilenme tespit edilmiştir. D grubunda mikro çukurcuklar ve krater şeklinde oyuklar bulunan bir yüzey görüntüsü görülmektedir. F+D grubuna ait mine örneği K grubuna göre daha az etkilenmiş olsa da bazı bölgelerinde demineralizasyona bağlı mine prizmaları açığa çıkmıştır.

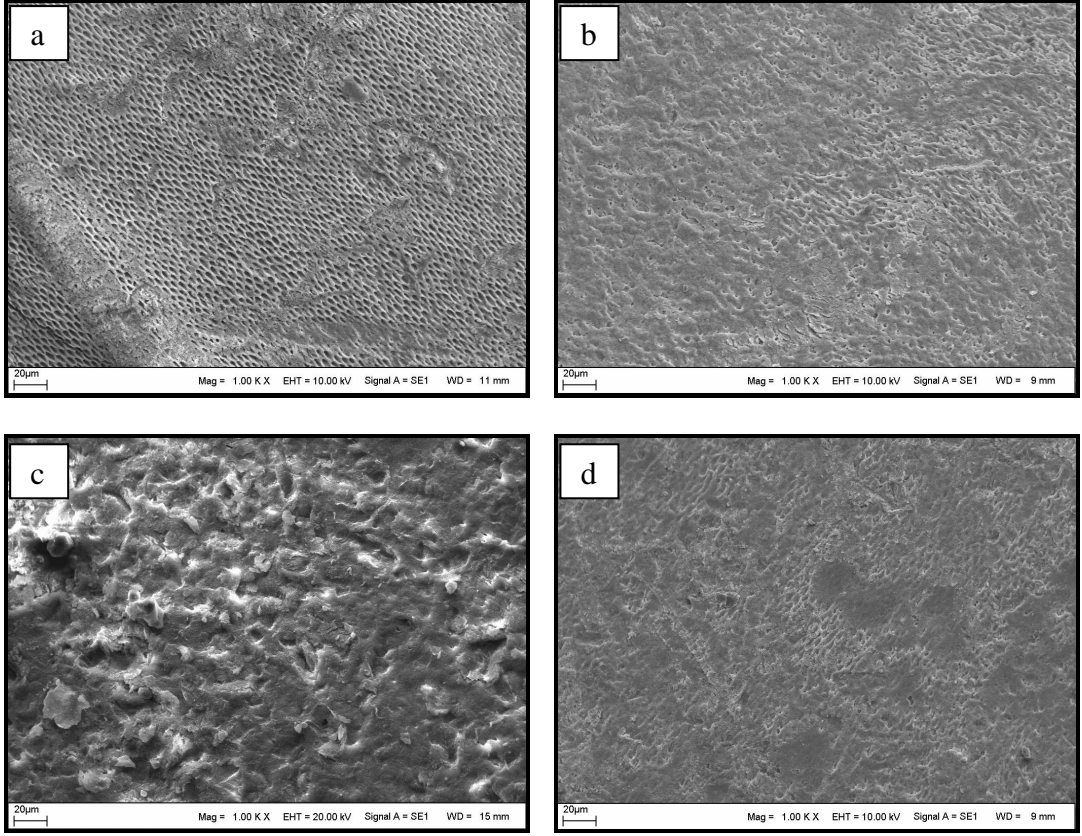


**Şekil 4.12:** 5 günlük erozyon siklusu sonrası SEM görüntüleri (x1.00 k).

a) K:Kontrol, b) F:Flor , c) D:Diiod ve d) F+D: Flor+Diiod Grubu.

#### 4.2.5. 10 Günlük Erozyon Siklusu Sonrası SEM Bulguları

K grubuna hiçbir yüzey tedavisi yapılmadığından direk asite maruz kalmıştır. Bu nedenle en hızlı ilerleyen eroziv lezyon bu gruba aittir. Erozyon siklusu devam ettikçe yapılan yüzey tedavilerinin etkisi de yavaş yavaş ortadan kalkmakta ve demineralize sahalar ortaya çıkmaktadır. F ve F+D grupları, uygulanan F'nin etkisiyle asite ilk maruz kaldıklarında direnç göstermiş, bu süreç devam ettikçe F'nin etkisi ortadan kalkmıştır. D grubunda ise çukurcuklar ve krater şeklinde oyuklar asitin etkisiyle daha da genişlemiştir.

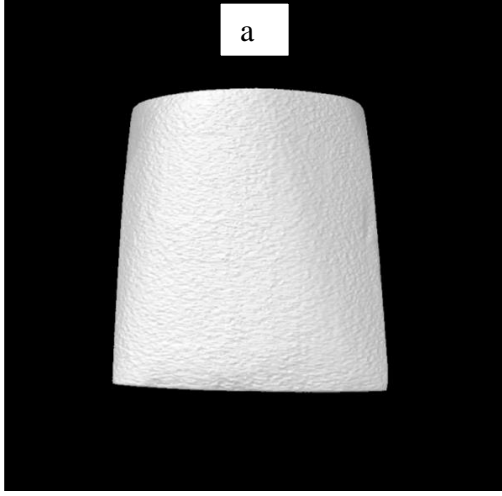


**Şekil 4.13:** 10 günlük erozyon siklusunu sonrası SEM görüntüleri (x1.00 k).

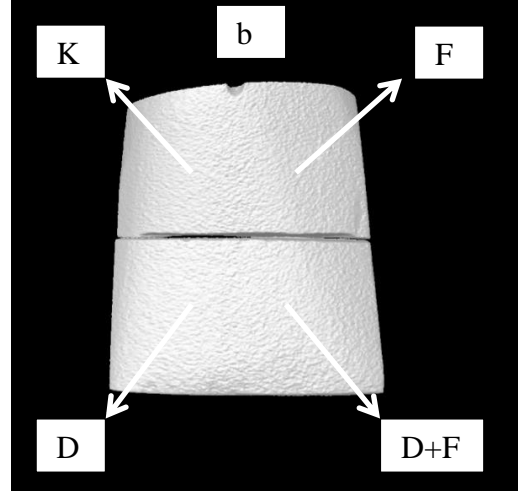
a) K:Kontrol, b) F:Flor, c) D:Diyod ve d) F+D: Flor+Diyod Grubu.



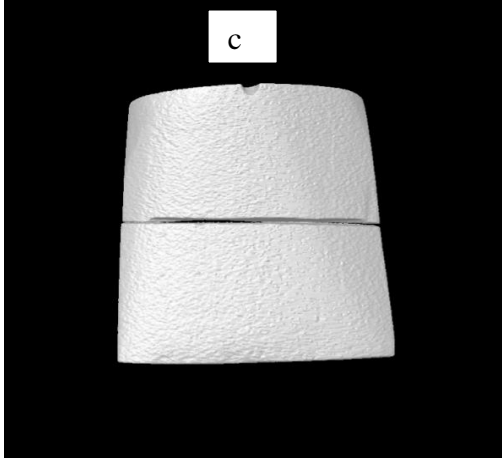
### 4.3. Mikro-CT Bulgularının Değerlendirilmesi



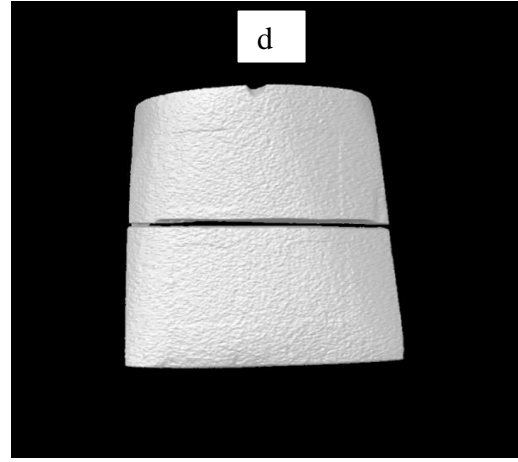
Şekil 4.14 a



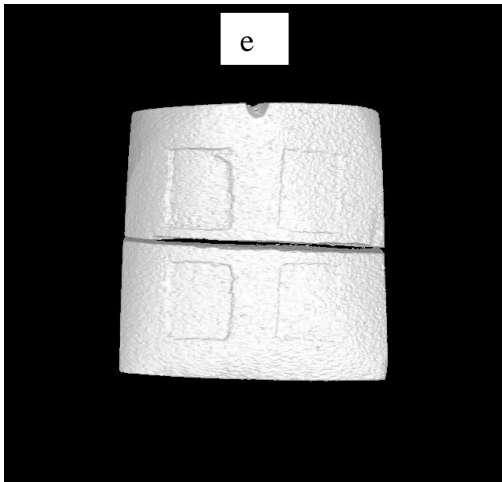
Şekil 4.14 b



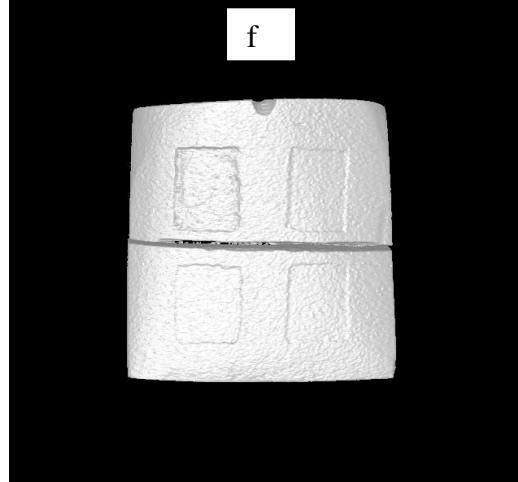
Şekil 4.14 c



Şekil 4.14 d



Şekil 4.14 e



Şekil 4.14 f

**Şekil 4.14:** Ölçüm periyotlarına göre mikro-CT görüntüleri. a) Başlangıç, b) Tedavi sonrası, c) 1 günlük erozyon siklusu sonrası, d) 3 günlük erozyon siklusu sonrası, e) 5 günlük erozyon siklusu sonrası ve f) 10 günlük erozyon siklusu sonrası.

Şekil 4.14'te sırasıyla başlangıç, tedavi sonrası, 1,3, 5 ve 10 günlük erozyon siklusu sonrası alınan mikro-CT görüntüleri yer almaktadır.

Şekil 4.14 a'da örnek üzerinde 2x3 mm<sup>2</sup>'lik pencereler hazırlanıp başlangıç görüntüsü alınmıştır. Lazer uygulamasının, yapılan diğer tedavi alanlarını etkilemesine engel olmak için mine örneği üst ve alt olarak ortadan ikiye ayrılmış; örneğin sol üst penceresine hiçbir tedavi uygulanmamış, sağ üst penceresine F tedavisi, sol alt penceresine lazer tedavisi ve sağ alt penceresine önce F daha sonra lazer tedavisi uygulanmıştır. İkiye ayrılan parçalar tekrar aynı bölgeden yapıştırılmıştır. Şekil 4.14 b'de tedavi sonrası mikro-CT görüntüleri yer almaktadır.

Erozyon siklusu periyodu arttıkça lezyon derinlikleri de artmıştır. Şekil 4.14 c'de 1 günlük erozyon siklusu sonrası lezyon görüntüsü belirgin değil iken, şekil 4.14 f'ye doğru erozyon siklusu devam ettikçe lezyonların açıkça görülebildiği tespit edilmiştir.

Her bir mikro-CT görüntüsü, EDX ve SEM ile elde edilen verileri doğrular niteliktedir. K grubuna ait alanlarda eroziv lezyon çok hızlı ilerlerken; tedavi yapılan alanlar asite karşı daha dirençli bir yapı sergilemiştir. Tedavi yapılan gruplardan ise en başarılı D+F grubu olduğu görülmektedir. Şekil 4.14'te ve 4.14 f'de aradaki bu fark açıkça izlenmektedir.

## 5. TARTIŞMA

Son yıllarda yaşam tarzlarının ve şartlarının değişmesi, asitli yiyecek ve içecek tüketiminin artması erozyon görülme sıklığını artırmıştır. Bu artış bilim insanlarının dikkatini çekmiş ve son 50 yılda erozyonla ilgili birçok çalışma yapılmıştır [1-3, 7, 20]. Yapılan çalışmalarda erozyonu önleme ve erozyona karşı dişleri güçlendirme konuları üzerinde durulmuştur [9, 10].

Diş erozyonu geri dönüşümsüz olduğundan koruyucu tedaviler son derecede önemlidir. F dişlerde koruyucu uygulamaların en önemli etken maddesi olan halojen grubundan bir elementtir. Asitlere karşı dişleri güçlendirme özelliğini minenin geçirgenliğini azaltarak gerçekleştirdiği bilinmektedir [12, 100].

Lazer uygulamanın diş yüzeyi üzerindeki ısı ve rekristalizasyon etkisi dişleri asit ataklarına karşı dirençli hale getirdiği ve F'nin lazerle birlikte uygulandığında etkinliğinin daha da arttığı bazı çalışmalarda ispatlanmıştır [14, 17, 102].

Bu bilgilerden yola çıkarak tez çalışmamızda diyod lazer ve F'nin mine erozyonunu önlemedeki etkisini in vitro olarak değerlendirmeyi amaçladık. Çalışmamızda test edilen hipotez; diyod lazerin F ile birlikte kullanıldığı grupta mine erozyonunu önleme etkisinin diğer gruplardan [hiçbir işlem yapılmayan (negatif kontrol), F (pozitif kontrol) ve diyod lazer] daha fazla olduğudur. Çalışmamızın ortalama atomik %F değerleri ve %Ca/P oranları ile ilgili bulguları dikkate alındığında test edilen hipotez kabul edilmiştir.

### 5.1. Gereç ve Yöntemin Tartışılması

Diş erozyonu en doğal ve en doğru olarak ağız içinde gözlemlenebilir. Fakat 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 olmasından dolayı [194], bu tez çalışması in-vitro olarak planlanmıştır.

İn-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 [195], fizyolojik rezorpsiyon nedeniyle çekilen süt dişlerinin ise düşme zamanı gelene kadar fazlasıyla aşınmış olmalarından erozyon deneyinde kullanılmaya uygun dişler olmadığı düşünülmektedir. 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 [196]. 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 edilecektir. 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 İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi 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 10 denek alınması gerektiği hesaplanmış ve çalışma grupları oluşturulmuştur.

Kullanılan deney solüsyonları kadar deney zamanına kadar çekilmiş dişlerin saklandığı solüsyon da önemlidir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda formaldehit, sodyum hipoklorit, glutraldehit, kloramin T, distile su ve timol gibi birçok solüsyon kullanılmıştır [197, 198]. Mikroorganizma üremesine engel olması, dişlerin sertliğinde herhangi bir değişim meydana getirmemesi [199] nedeniyle tez çalışmamızda timol solüsyonu kullanılmıştır.

Sığır dişlerinin yüzeyi insan dişlerine göre daha dalgalı ve pürüzlü olduğundan çalışmamızda kullanılan sığır dişleri Nassur ve arkadaşları [183] ve Min ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmalara [200] benzer şekilde 1200 gritli silikon

karbit kâğıtlarıyla zımparalanmış ve daha sonra ipek kumaşla parlatılarak düz yüzeyler elde edilmiştir.

Standardizasyonu sağlamak amacıyla, her dişin mineral içeriğinin farklı olabileceğini göz önüne alarak bir diştten 4 örnek elde edilmiş ve 4 gruba dağıtılmıştır. Ayrıca Beyer ve arkadaşları [201] ve Lepri ve arkadaşlarının çalışmalarına [202] benzer şekilde bütün diş örneklerinin mine düz yüzeylerinde 2x3 mm<sup>2</sup>'lik dikdörtgen pencereler oluşturulmuştur. Böylece her grupta deney için kullandığımız her diştten eşit boyutlarda birer örnek bulunacak şekilde planlama yapılmıştır.

Demineralizasyonu önlemek amacıyla NaF, SnF<sub>2</sub>, AmF, TiF<sub>4</sub> ve APF gibi birçok F'li preparat kullanılmıştır. Fakat APF F jeli kritik pH'nın altında olması nedeniyle normalden daha yüksek submikron CaF<sub>2</sub> ve daha az çözülebilir Ca formu oluşturur. Böylece; CaF<sub>2</sub> minenin sıvı geçirgenliğini daha uzun süreli azaltır ve yüzeydeki çökelmeyi güçlendirir [100]. Magalhaes ve arkadaşları [13] dentin erozyonuna karşı direnç oluşturmak için NaF verniği ve APF jeli kullanmışlar ve APF jelinin daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir. Chersoni ve arkadaşları [100] ve Murakami ve arkadaşları [173] gibi biz de tez çalışmamızda üretici firmanın önerileri doğrultusunda 60 sn APF preparatını uyguladık.

Lazerin diş yüzeyinde Ca/P oranında düşme ve Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> oranında değişme, mine üzerinde ince bir tabaka eriyerek inorganik maddenin burada çökmesi ve eriyip tekrar katılmasıyla sağlam bir yapı oluşturması nedeniyle dişleri çürümeye daha dayanıklı hale getirdiği bildirilmiştir [13]. Ayrıca mine çözünmesinin başladığı 5,5 olan kritik pH'nın lazer uygulama sonrasında 4,8'e düştüğü de rapor edilmiştir [203]. Fried ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada diş sert dokularında etkin bir şekilde kullanılacak özel lazer dalga boyları ve güç ayarlarının doğru kullanımının gerektiği ve lazer uygulandığında ortaya çıkan ısı ile diş sert dokularının asite karşı dirençlerinin arttırdığı rapor edilmiştir [131]. Santaella ve arkadaşları da [130] süt dişi sağlam mine yüzeyinde diyod lazerin çürük önleyici etkisini bildirmişlerdir. Bu nedenle biz de çalışmamızda diyod lazer kullandık.

F'nin lazerle birlikte uygulandığında etkinliğinin daha da arttığı bazı çalışmalarda ispatlanmıştır [9, 17, 116]. Lazerin minenin yapısına geçen F'yi artırma mekanizması Oho ve Morioko [204] tarafından lazer ışınının termal etkisiyle açıklanmıştır. Buna göre ışınlama sonrası oluşan termal etki yüzeyde çukurcuklar, mikro boşluklar ve pürüzlülük gibi bir takım değişiklikler meydana getirmekte ve F retansiyonunu artırmaktadır. Gonzalaz-Rodriguez ve arkadaşları [14] yaptıkları çalışmada CO<sub>2</sub> ve diyod lazerler kullanmış fakat F'nin mine tarafından emilim katsayısının en yüksek diyod lazerlerle kombine edildiğinde ortaya çıktığını belirtmişlerdir. Biz de çalışmamızda minenin erozyona karşını direncini artıracığını düşündüğümüz için diyod lazer, F ve her ikisinin birlikte kullanıldığı tedavi şeklinin başarısını test ettik.

Villalba-Monero ve arkadaşlarının [205] yaptığı çalışmada 5W, 7W ve 10W gücünde diyod lazer uygulanan diş yüzeylerinde fissür ve çatlak gibi istenmeyen yan etkileri SEM'de incelemişlerdir. Buna göre; 5W gücünde diyod lazer uygulanan diş yüzeyinin SEM görüntüleri incelendiğinde yüzeyde herhangi bir değişiklik oluşmadığı, 7W gücünde diyod lazer uygulanan diş yüzeyinde pürüzlülük oluştuğu ve 10W gücünde diyod lazer uygulanan diş yüzeyinde ise fissür ve çatlakların oluştuğu gözlenmiştir. Bu araştırmacılar, 5W ve 7W güçlerinin diyod lazer için güvenli olduğu ancak bu sonuçların ileri araştırmalar ile desteklenmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Diş yüzeylerine lazer uygulaması sırasında pulpa içi sıcaklık değişiminin pulpal enflamasyon için kritik değer olan 5,5 °C'yi geçmemesi gerekmektedir. de-Melo ve arkadaşları [10] yaptıkları çalışmada erozyonu önlemek amacıyla kullanılan diyod lazerin farklı enerji miktarlarının (15 J/cm<sup>2</sup>, 30 J/cm<sup>2</sup>, 60 J/cm<sup>2</sup>) pulpa odasında oluşturduğu sıcaklıkları karşılaştırmışlar ve bütün gruplarda 3 °C'den daha düşük bulmuşlardır. Ayrıca asit karşısında en düşük aşınma miktarının 60 J/cm<sup>2</sup> enerji uygulanan diş yüzeylerinde ortaya çıktığını rapor etmişlerdir. Bu sonuçları göz önüne alarak biz de tez çalışmamızda atım süresi 1ms-1s, tekrarlama oranı 0.5 Hz-0.5 kHz olan diyod lazeri 4 W gücünde ve 60 J/cm<sup>2</sup> enerji seviyesinde 15 saniye olacak şekilde kullandık.

Diş erozyonunun en büyük nedenlerinden biri asitli yiyecek ve içeceklerdir. Asitli yiyecek ve içeceklerin içeriğinde ise çoğunlukla sitrik asit bulunmaktadır [83].

Bu nedenle genellikle in-vitro çalışmalarda sitrik asit kullanılmıştır [27, 193, 206]. Erozyon sikluslarının, diyet alışkanlıklarını ve medikal bozuklukları yansıtabilecek özellikte ve kısa süreli olması gerekir [199]. Biz de tez çalışmamızda Ramalho ve arkadaşlarının kullandığı sitrik asit siklusunu modifiye ederek kullandık. Örneklerin her birinin 40 ml sitrik asitte (pH: 2,3), oda sıcaklığında 20 dk bekletildiği bu siklus güçlü bir eroziv etki yaratmaktadır. Agresif erozyon koşullarında bile etkili olabilen koruyucu uygulamaların klinik uygulamalarda da başarı sağlayacağı muhtemeldir [193].

EDX, incelenecek materyalin yüzeyine elektron ışını göndererek yüzeydeki element dağılımı hakkında bilgi edinilmesini sağlayan SEM'e bağlı bir cihazdır [178, 180]. Kimyasal bileşenleri standart olan örneklerin seçimi için faydalı bir araç olabileceği de-Melo ve arkadaşları [10] tarafından belirtilmiştir. Biz de tez çalışmamızda örneklerin standardizasyonunu sağlamak amacıyla başlangıç ölçümlerini EDX ile aldık. Diş örneklerinde yüzey tedavileri yapıldıktan sonra mineral bakımından ne gibi değişikliklerin olduğunu incelemek amacıyla tedavi sonrası ölçümlerini elde ettik. Daha sonra dişlere uygulanan yüzey tedavilerinin erozyon siklusu karşısındaki zamana bağlı değişimlerini karşılaştırdık.

Diş yüzeylerinde oluşan demineralizasyon ve remineralizasyonun görüntülenmesinde polarize ışık mikroskobu, mikro radyografi, CLSM, TEM ve SEM gibi birçok görüntüleme yöntemi kullanılmaktadır [178, 207]. Bu yöntemlerden en hassas olanı ise SEM'dir. Arnold ve arkadaşları SEM'in yüzeydeki demineralizasyon ve remineralizasyonun değerlendirmesinde güçlü bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir [179]. Tez çalışmamızda F, diyod lazer, her iki tedavinin birlikte uygulandığı gruplar ve hiç bir tedavinin uygulanmadığı kontrol grubunun yüzey özelliklerini ve erozyon siklusu karşısındaki zamana bağlı değişimini SEM kullanarak değerlendirdik.

Mikro-CT örnek üzerinde herhangi bir tahribat oluşturmadan aynı lezyon üzerindeki demineralizasyon ve remineralizasyon sürecindeki mineral yoğunluk değişimlerini ölçebilmekte, hacimsel farklılıkları hesaplayabilmekte ve üç boyutlu olarak görselleştirebilmektedir [185-188]. Bu çalışmada bütün tedavi gruplarının uygulanan asit siklusu karşısındaki hacimsel değişimini üç boyutlu

görüntüleyebilmek için mikro-CT cihazı kullandık. Aynı örnek üzerinde başlangıç, tedavi sonrası, 1, 3, 5 ve 10 günlük erozyon siklusu sonrası olmak üzere toplam altı ölçüm yaptık.

## 5.2. SEM-EDX Bulgularının Tartışılması

De-Melo ve arkadaşlarının belirttiği gibi örneklerin mineral içeriklerinin standart olması için tedavi öncesi diş yüzeylerindeki atomik %F, Ca ve P oranları EDX ile analiz edildi. Bu ölçümde tüm değerlendirilen mineraller için hiçbir grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı [10].

Mine dentin sınırından minenin dış yüzeyine kadar uzanan mine prizmaları HAP kristallerinden oluşmaktadır. HAP kristalinin yapısında bulunan Ca ve P diş sert dokusunun majör inorganik bileşenleridir. Ca/P oranı ise kristalin yapısına, Ca ve P miktarlarına, dişin anatomik lokalizasyonuna ve analiz şekline bağlıdır. Bazı kimyasal ajanların ve lazer tedavisinin minenin Ca/P oranında değişiklik meydana getirebileceği rapor edilmiştir [208].

HAP kristalinin kimyasal özelliği, özellikle minedeki kalsiyum ve hidroksil gibi iyonların yerine başka iyonların geçmesine izin verir. Prizma yapısının mineral içeriği mineral minenin yüzey desenini etkiler. Örneğin mine yüzeyindeki F içeriğinin az olması prizmatik yapının kötü olduğunu, başka bir deyişle çürük ve demineralizasyona karşı daha dirençsiz olduğunu gösterir. Birçok araştırmacı F'nin çürük önlemede çok önemli bir ajan olduğunu bildirmişlerdir [100, 209, 210]. F'nin remineralizasyonu stimule edebilmesi nedeniyle minenin yapısını daha da güçlendirebileceğine inanılmaktadır [100].

Queiroz ve arkadaşları yaptıkları çalışmada F içeren solüsyon ve diş macunlarının sığır dişi üzerine etkilerini polarize ışık mikroskopunda değerlendirmişlerdir. Buna göre; bütün preparatların kontrol grubuna göre demineralizasyonu önlemede başarılı olduğunu bildirmişlerdir [211]. Souza ve arkadaşlarının in situ olarak tasarladıkları çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bütün F'li diş macunları ve ağız yıkama solüsyonlarıyla yapılan tedavi gruplarının tedavi yapılmayan gruba göre demineralizasyona karşı daha dirençli



olduğunu belirtmişlerdir [212]. Çalışmamızın bulguları da Queiroz ve arkadaşları, Souza ve arkadaşlarının çalışmasında olduğu gibi F'nin bu etkisini doğrulamaktadır. SEM ve EDX sonuçları birlikte değerlendirildiğinde F uygulanan grupların kontrol grubuna göre asite karşı daha dirençli olduğu tespit edilmiştir.

Tepper ve arkadaşları AmF, CO<sub>2</sub> lazer ve ikisinin birlikte kullanıldığı tedavi gruplarını, mine yüzeyine alınan F miktarı bakımından karşılaştırmışlar ve yüzeydeki en fazla F miktarının AmF sonrası lazer uygulanan grupta bulunduğunu bildirmişlerdir. Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır [116]. Villalba-Monero ve arkadaşları diyod lazer ve NaF verniğini kombine olarak kullandıkları çalışmalarında mine yüzeyine alınan F miktarının geleneksel florlamadan önemli ölçüde yüksek olduğunu bildirmişlerdir [17]. Benzer bulgular birçok yazar tarafından Argon ve Nd:YAG lazerler ile F'nin kombine kullanıldığı çalışmalarda da rapor edilmiştir [213-215]. Biz de tez çalışmamızda F, D, F+D tedavi gruplarının atomik %F oranlarını EDX ile analiz ettik. Çalışmamızın sonuçları Tepper ve arkadaşları, Villalba-Monero ve arkadaşlarının sonuçları ile uyumludur. Biz de F+D grubunda diş yüzeyine alınan F oranını, geleneksel florlama yapılan gruba göre daha yüksek bulduk (p<0.05).

Santaella ve arkadaşları yaptıkları çalışmada başlangıç demineralizasyonunu önlemek amacıyla önce F verniği ve diyod lazer ile diş yüzeylerini tedavi etmişler, daha sonra asit solüsyonunda 6 saat örnekleri bekletmişler ve bu tedavilerin başarısını polarize ışık mikroskobu ile değerlendirmişlerdir. Buna göre; kontrol grubunun hepsinde, lazer grubunun %75'inde lezyon görülürken, F ve F ile birlikte lazer kullanılan grupların hiçbirinde lezyon görülemediği [130]. Bu çalışmada sadece polarize ışık mikroskobunda lezyon varlığına bağlı değerlendirme yapılmıştır. Bizim çalışmamızda ise mikro-CT ile üç boyutlu lezyon görüntüsü, EDX ile yüzeydeki mineral analizi ve SEM ile yüzey görüntüsünde meydana gelen değişim incelenerek desteklenmiştir. F'nin dişlerin asite karşı direncini artırdığını göz önüne aldığımızda, çalışmamızın bulguları Santaella ve arkadaşlarının yaptığı çalışmanın bulguları ile uyumludur. Diş örneklerinin yüzey tedavileri yapıldıktan sonra 1, 3, 5, ve 10 günlük erozyon siklusu sonrası alınan ölçümleri bunu doğrulamaktadır.

Çalışmamızda asit uygulanan dişlerin F oranı en yüksekten en düşüğe doğru sırasıyla F+D, F, D ve K grubu şeklinde sıralanmıştır.

Lasmar ve arkadaşları yaptığı çalışmada Er:YAG lazerin minenin mineral içeriğinde meydana getirdiği değişikliği incelemek için EDX kullanmışlardır. Bu çalışmaya göre lazerin kullanıldığı gruplarda F, Ca ve P içeriği kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur. Onlar ayrıca, lazerin mine dekalsifikasyonu ve asit direnci üzerine etkisini inceleyen sınırlı sayıda çalışma olduğunu ve lazerin mine çözünürlüğünü azaltma etkisi üzerinde hala çelişkilerin bulunduğunu da bildirmişlerdir [216].

Seçilmiş ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada Er:YAG lazer uygulanan minenin mineral içeriğini ICP-OES cihazıyla değerlendirilmiş, 1W ve 2W gücünde lazer uygulanan dişler kontrol grubuyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak aralarında fark bulunamasa da Ca ve Ca/P oranlarının daha düşük bulunduğu rapor edilmiştir [208]. Çalışmamızda diyod lazer uyguladığımız grupların Ca/P oranları Seçilmiş ve arkadaşlarının yaptığı çalışmanın bulguları ile uyumlu iken Ca oranları uyumlu değildir. D ve F+D grubunun tedavi sonrası ölçümlerinde Ca/P oranlarında istatistiksel olarak anlamlı azalış tespit edilirken, Ca oranlarında anlamlı artış tespit edilmiştir. Bu durum bizim çalışmamızda 4W gücünde diyod lazer kullanılmasından, erozyon siklusunun uygulanmasından ya da sığır dişlerinin kullanılmış olmasından kaynaklanmış olabilir.

Lazer, mine yüzeyi üzerinde ince bir tabakanın erimesiyle inorganik maddenin burada çökmesi ve eriyip tekrar katılaşmasıyla sağlam bir yapı oluşturması nedeniyle dişleri demineralizasyona karşı daha dayanıklı hale getirmektedir [13]. Ayrıca mine çözünmesinin başladığı 5,5 olan kritik pH'yı, lazer uygulama sonrasında 4,8'e düşürdüğü de belirtilmiştir [203]. Fried ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada ise lazer uygulandığında ortaya çıkan ısı ile diş sert dokularının asite karşı dirençlerinin arttığını rapor etmişlerdir [131].

EDX analizinde mineral miktarlarının % olarak ifade edilmesi yüzeydeki mineral oranlarını birbirine bağımlı hale getirmektedir. Örneğin Ca ve P oranları başka bir mineralin miktarının artmasıyla veya azalmasıyla değişebilmektedir. Sasaki

ve arkadaşları mineral oranındaki artışın mine yüzeyindeki suyun buharlaşmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir [217]. Bizim çalışmamızda da diyod lazer uyguladığımız örneklerdeki Ca ve P artışının diş yüzeyindeki suyun buharlaşması nedeniyle meydana gelmiş olabilir.

Atomik %Ca/P oranının yükselmesi ile hidroksi apatit kristallerini daha dirençli bir hale getirerek minede asitlere karşı daha stabil bir yapı meydana geldiği düşünülmektedir [218]. Çalışmamızda yüzey tedavileri yapılan grupların 1 günlük erozyon siklusu sonrası atomik %Ca/P oranında yükselme görülürken bu yükselme sadece F+D grubunda istatistiksel olarak anlamlıdır.

Topaloğlu demineralizasyonu önlemek amacıyla yüzey tedavisi yapılan dişlerde EDX analizinden elde edilen %Ca/P oranlarının kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunduğunu bildirmiştir [181]. Bu bilgidan yola çıkarak çalışmamızda demineralizasyonu önleme açısından en başarılı grup F+D grubu ve en başarısız grup ise K grubudur.

### 5.3. SEM Bulgularının Tartışılması

Chersoni ve arkadaşlarının in vivo olarak yaptıkları çalışmada F'nin mine geçirgenliği üzerindeki etkisi SEM ile incelenmiştir. Bu çalışmada yüzey sıvı damlacıklarının varlığını mine geçirgenliğinin nitel bir göstergesi olarak temel alınmıştır. Mine yüzeyine topikal F uygulandıktan sonra CaF<sub>2</sub> benzeri globüller belirlenmiş ve F'nin çürük önleyici etkisinin minenin difüzyon yollarını ve geçirgenliğini azaltmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Ayrıca; CaF<sub>2</sub> benzeri globüllerin zamanla geçirmez bir bariyer oluşturarak mineyi indirek olarak koruduğunu da belirtmişlerdir [100].

Rosin-Grget ve arkadaşları yaptıkları çalışmada farklı F içerikli solüsyonların topikal uygulamasından sonra yüzeyde oluşturdukları değişiklikleri SEM ile inceleyip EDX ile mineral içeriğini analiz etmişlerdir. Buna göre; yüksek F içerikli solüsyonların yüzeyde daha homojen depozit dağılımı gösterdiği, düşük F içerikli solüsyonların ise daha geniş globül oluşturdukları bildirilmiştir. Daha geniş alana sahip globüllerin daha az çözünebildiği ve böylece daha uzun süre F rezervuarı

olarak hizmet edebileceği de rapor edilmiştir [219]. Tez çalışmamızda ise F+D grubunda sadece F uygulamasına göre (F grubu) daha geniş alana sahip  $\text{CaF}_2$  benzeri globüller bulunmaktadır. Rosin-Grget ve arkadaşlarının çalışmasını göz önüne aldığımızda, F ve diyod lazerin kombine kullanıldığı tedavinin geleneksel F uygulamasına göre daha uzun süre F rezervuarı olabileceği ve mineyi daha uzun süre koruyabileceği sonucu çıkartılabilir.

Ana ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada lazerin mine üzerindeki çürük önleyici etkisini SEM ile incelemişler ve mine yüzeyine lazer uygulandığında mine ve dentinde mikro boşlukların meydana geldiğini belirmişlerdir [203]. Tez çalışmamızda lazer uyguladığımız grubun SEM görüntüleri Ana ve arkadaşlarının bulguları ile benzerdir. Lazer uygulanan mine yüzeylerinde mikro çukurcuklar ve homojen olmayan görünüm göze çarpmaktadır.

Nassur ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında titanyum tetraflorid ( $\text{TiF}_4$ ) ve  $\beta$  siklodekstrin ( $\beta\text{CD}$ )'in mine demineralizasyonunu önleyici etkisini araştırmışlar, mine yüzeylerini  $\text{TiF}_4$ ,  $\beta\text{CD}$  ve ikisini birlikte kullanarak tedavi etmişler ve ardından pH siklusuna maruz bırakarak SEM görüntülerini incelemişlerdir. Buna göre; F'nin tek başına ve kombine kullanımında daha sağlam bir yüzey görüntüsü elde edilirken, diğer gruplarda daha gözenekli bir görüntü elde edilmiştir [183]. Çalışmamızda erozyon siklusunu sonrası SEM bulguları Nassur ve arkadaşlarının bulguları ile benzerlik göstermektedir. F uygulanan gruplarda daha az gözenekli bir yüzey görüntüsü elde edilmiştir.

Porozite ne kadar istenmeyen bir durum olsa da F'nin dış yüzeyine retansiyonunu artırması açısından önemli olduğu birçok yazar tarafından bildirilmiştir [116, 213, 220]. Magalhaes ve arkadaşları  $\text{NaF}$ ,  $\text{TiF}_4$  preparatlarının Nd:YAG lazerle birlikte kullanımının mine erozyonu üzerindeki etkisini SEM ile incelemişler,  $\text{TiF}_4$  ve Nd:YAG lazerin birlikte kullanıldığı grupta diğer gruplara göre mine yüzeyinde por ve mikro çatlakların daha az oluştuğunu rapor etmişlerdir [221]. Bizim tez çalışmamızda da F ve diyod lazeri birlikte kullandığımız grupta (F+D) sadece diyod lazer uyguladığımız gruba (D) göre daha az porozite görülmüştür.

#### 5.4. Mikro-CT Bulgularının Tartışılması

Mikro-CT, doğal yapıya zarar vermeden aynı lezyon üzerindeki demineralizasyon ve remineralizasyon sürecindeki mineral değişikliklerini ölçebilen, yeni ve gelişmekte olan üç boyutlu modern bir görüntüleme cihazıdır[222]. Mikro-CT'nin doğru kalibrasyon, standart tarama imkanı, yenilenebilir ölçüm yapabilmesi sayesinde ayrıntılı hacimsel hesaplama izin verdiği rapor edilmiştir [185].

Bedini ve arkadaşları yaptıkları in vitro çalışmalarında, mikro tomografi tekniğinin çok net ve güvenilir görüntüleme potansiyeli sağladığını göstermeyi amaçlamışlardır. Bunun için, mikro-CT ile başlangıç ölçümleri yapıldıktan sonra protetik dişlerin karşı tarafına çekilmiş dişler yerleştirilerek hidrolik test makinası ile yorgunluk testi yapmışlardır. Yorgunluk testinden sonra tekrar ölçüm yaparak diş aşınma miktarlarını görüntülemişler ve bu tekniğin yüzeydeki değişiklikleri gösterebilen dinamik bir görüntüleme sistemi olduğunu rapor etmişlerdir [223].

Yapılan literatür incelemesinde Mikro-CT cihazının en çok; in vitro koşullarda dişlerin anatomik incelemesinde [224-226], endodontik araştırmalarda [227-229], kavite preparasyonu [230-232] ve mineral yoğunluğu çalışmalarında [188, 233] kullanıldığı görülmüştür. Bununla birlikte, dişlerin erozyon sürecine maruz kalmaları sonrasında yüzeyde oluşan hacimsel farklılığı gösteren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle; tez çalışmamızda diyod lazer ve F ile yüzey tedavileri yapılan mine örneklerinin erozyon siklusuna bağlı hacimsel değişimini mikro-CT ile üç boyutlu fotoğraflar alınarak incelenmiştir. Ayrıca bu görüntüler, EDX ile yüzeydeki mineral analizi ve SEM ile yüzey görüntüleri olarak desteklenmiştir.

Nakata ve arkadaşları yaptıkları in vitro çalışmada mine remineralizasyon sürecini görüntülemek için mikro- CT mineral yoğunluk profilini kullanmışlardır. Sığır mine-dentin bloğunu 10 gün boyunca demineralize ederek ilk mikro-CT analizini yapmışlar, ardından 4 hafta remineralize ederek her haftanın sonunda mikro-CT analiz görüntülerini kaydederek mineral yoğunluklarını karşılaştırmışlardır. Buna göre; remineralizasyon süreci ile mineral yoğunluğunun doğru orantılı olduğu sonucunu çıkarmışlardır [188]. Tez çalışmamızda ise sığır dişi

mine örneklerinin yüzey tedavileri yapıldıktan sonra demineralizasyon sürecindeki hacimsel değişikliği mikro-CT sistemi ile incelenmiştir. Nakata ve arkadaşlarının çalışmasına benzer şekilde bizim çalışmamızda da demineralizasyon süreci ile hacimsel değişimin doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir.

Zhi ve arkadaşları gümüş (Ag) ve F iyonlarının demineralize mine ve dentinin remineralizasyonu üzerindeki etkisini araştırdıkları in vitro çalışmalarında da mikro-CT cihazı kullanılmıştır. Onlar 4 gün boyunca demineralize edilen örneklerin mikro-CT ile lezyon derinliklerini hesaplamışlardır. Daha sonra örneklere 3 dk Ag ve F içeren solüsyonlar uygulayarak 5 gün boyunca remineralizasyon solüsyonunda bekletmiş ve tekrar mikro-CT ile lezyon derinliklerini hesaplayarak aradaki farkı tespit etmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda, topikal Ag ve F iyon uygulamalarının demineralize mine ve dentinin yoğunluğunu artırabildiği sonucunu çıkarmışlardır [233]. Bizim tez çalışmamızın erozyon siklusu sonrası mikro-CT bulguları Zhi ve arkadaşlarının bulguları ile benzerlik göstermektedir. Çalışmamızda diyod lazer ve F'nin minenin asitlere karşı direncini artırdığı mikro-CT fotoğrafları ile tespit edilmiştir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Diyod lazer, F ve ikisinin birlikte kullanımının sığır dişi mine örneklerinde erozyonu önleyici etkisinin karşılaştırıldığı çalışmamızın sonuçları aşağıdaki gibidir:

1- Başlangıç EDX ölçümlerinde grupların atomik %F değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ( $p>0.05$ ).

2- F ve F+D grubunda mine yüzeyine alınan F miktarı diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

3- F+D grubunda mine yüzeyine alınan F miktarı geleneksel florlamadan daha yüksek bulunmuştur. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0.05$ ).

4- Diyod lazer uygulamasından sonra yüzeydeki F oranında düşüş tespit edilmiş fakat bu düşme oranı istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

5- Başlangıç EDX ölçümlerinde grupların atomik %Ca/P oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ( $p>0.05$ ).

6- D ve F+D gruplarında diyod lazer uygulamasından sonra yüzeydeki Ca/P oranındaki düşüş istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p>0.05$ ).

7- Erozyon siklusuna maruz bıraktığımız grupların F değerleri ve Ca/P oranlarına bakıldığında en yüksek değer F+D grubuna ait iken, en düşük değer kontrol grubuna ait olduğu tespit edilmiştir.

8- Tedavi sonrası SEM görüntüleri incelendiğinde, yüzeydeki  $CaF_2$  benzeri globüller F+D grubunda F grubundakinden daha fazladır. Bu nedenle F ile lazerin birlikte uygulanmasının minenin sıvı geçirgenliğinde daha uzun süreli azalma meydana getirebileceğini düşünmekteyiz.

9- D grubunda lazer uygulamasından sonra yüzeyde mikro çukurcuklar ve homojen olmayan görünüm izlenirken, F+D grubunda tedavi sonrası mine yüzeylerinde termal hasar meydana gelmemiştir.

10- Lazer uygulamasının yüzeye alınan F miktarını artırdığını, asite maruz kaldığında ise F oranında bir miktar düşme tespit edilse de diğer gruplarla kıyaslandığında en yüksek F oranının F+D grubunda olduğu tespit edilmiştir.

11- SEM, mikro-CT ve EDX bulgularını birlikte değerlendirdiğimizde deney gruplarından erozyona karşı en dirençli grup F+D grubu, en dirençsiz grup ise K grubudur.

12- APF jelin lazerle birlikte kullanımının değerlendirilmesi, mine erozyonunun önlenmesinde diş hekimliğine önemli katkılar sağlayacaktır.

13- Çalışmamızda test edilen hipotez; diyod lazerin F ile birlikte kullanıldığı grupta mine erozyonunu önleme etkisinin diğer gruplardan [hiçbir işlem yapılmayan (negatif kontrol), F (pozitif kontrol) ve diyod lazer] daha fazla olduğudur. Çalışmamızın bulguları dikkate alındığında test edilen hipotez kabul edilmiştir.

Bu tez çalışmasında, diyod lazer ve F'nin mine erozyonunu önlemedeki etkisi sıgır dişi minesinde in vitro olarak kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. F, diyod lazer ve ikisinin birlikte kullanımının başlangıç, tedavi sonrası, 1, 3, 5 ve 10 günlük erozyon siklusu sonrası F, Ca ve P mineral analizleri EDX ile yapılmış, mine yüzeyinde oluşturduğu değişiklikleri ultramikroskopik düzeyde SEM ile incelenmiş ve mikro CT ile üç boyutlu lezyon görüntüleri elde edilerek sonuçlar desteklenmiştir. Bu çalışmanın sonunda diyod lazerin mine yüzeyine alınan F oranını ve dolayısıyla erozyona karşı direnci artırdığı saptanmıştır. Fakat tedavi başarısını etkileyen çok sayıda etken mevcuttur. Farklı lazer tiplerinin ve uygulanan parametrelerin 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. Lussi, A., Jaeggi, T. (2006). Dental erosion in children. *Monogr Oral Sci*, 20, 140-151.
2. Jaeggi, T., Lussi, A. (2006). Prevalence, incidence and distribution of erosion. *Monogr Oral Sci*, 20, 44-65.
3. Ganss, C., Klimek, J., Giese, K. (2001). Dental erosion in children and adolescents--a cross-sectional and longitudinal investigation using study models. *Community Dent Oral Epidemiol*, 29(4), 264-271.
4. Luo, Y., Zeng, X.J., Du, M.Q., Bedi, R., (2005). The prevalence of dental erosion in preschool children in China. *J Dent*, 33(2), 115-121.
5. Taji, S., Seow, W.K.( 2010). A literature review of dental erosion in children. *Australian Dental Journal*, 55(4), 358-367; quiz 475.
6. Serra, M.C., Messias, D.C., Turssi, C.P. (2009). Control of erosive tooth wear: possibilities and rationale. *Braz Oral Res*, 23 Suppl 1, 49-55.
7. Almeida e Silva, J.S., Baratieri, L.N., Araujo, E., Widmer, N. (2011). Dental erosion: understanding this pervasive condition. *J Esthet Restor Dent*, 23(4), 205-216.
8. Bartlett, D. (2006). Intrinsic causes of erosion. *Monogr Oral Sci*, 20,119-139.
9. Lussi, A. (2009). Dental erosion--novel remineralizing agents in prevention or repair. *Adv Dent Res*, 21(1), 13-16.
10. de-Melo, M.A., Passos, V.F., Alves, J.J., Barros, E.B., Santiago, S.L., Rodrigues, L.K. (2011). The effect of diode laser irradiation on dentin as a preventive measure against dental erosion: an in vitro study. *Lasers Med Sci*, 26(5), 615-621.
11. Bartlett, D.W., Smith, B.G., Wilson, R.F. (1994). Comparison of the effect of fluoride and non-fluoride toothpaste on tooth wear in vitro and the influence of enamel fluoride concentration and hardness of enamel. *Br Dent J*, 176(9), 346-348.
12. Magalhaes, A.C., Wiegand, A., Rios, D., Buzalaf, M.A., Lussi, A. (2011). Fluoride in dental erosion. *Monogr Oral Sci*, 22, 158-170.

13. Magalhaes, A.C., Rios, D., Machado, M.A., Da Silva, S.M., Lizarelli, Rde F., Bagnato, V.S., Buzalaf, M.A (2008). Effect of Nd:YAG irradiation and fluoride application on dentine resistance to erosion in vitro. *Photomed Laser Surg*, 26(6), 559-563.
14. Gonzalez-Rodriguez, A., de Dios Lopez-Gonzalez, J., del Castillo Jde, D., Villalba-Moreno, J. (2011). Comparison of effects of diode laser and CO2 laser on human teeth and their usefulness in topical fluoridation. *Lasers Med Sci*, 26(3), 317-324.
15. Castellan, C.S., Luiz, A.C., Bezinelli, L.M., Lopes, R.M., Mendes, F.M., De, P.E.C., De Freitas, P.M. (2007). In vitro evaluation of enamel demineralization after Er:YAG and Nd:YAG laser irradiation on primary teeth. *Photomed Laser Surg*, 25(2), 85-90.
16. Chen, C.C., Huang, S.T. (2009). The effects of lasers and fluoride on the acid resistance of decalcified human enamel. *Photomed Laser Surg*, 27(3), 447-452.
17. Villalba-Moreno, J., Gonzalez-Rodriguez, A., Lopez-Gonzalez, Jde D., Bolanos-Carmona, M.V., Pedraza-Muriel, V. (2007). Increased fluoride uptake in human dental specimens treated with diode laser. *Lasers Med Sci*, 22(3), 137-142.
18. Lussi, A., Jaeggi, T. (2008). Erosion--diagnosis and risk factors. *Clin Oral Investig*, 12 Suppl 1,S5-13.
19. Lussi, A., (2006). Erosive tooth wear - a multifactorial condition of growing concern and increasing knowledge. *Monogr Oral Sci*, 20, 1-8.
20. Gandara, B.K., Truelove, E.L. (1999). Diagnosis and management of dental erosion. *J Contemp Dent Pract*, 1(1), 16-23.
21. Araújo, N.C., MACLT., Katz, C.R.T, Rosenblatt, A. (2009). Dental erosion and consumption of industrialized beverages in a group of children in Recife/Pernambuco, Brazil. *Rev odonto ciênc*, 24(2), 120-123.
22. Cate, tJ.M. (2000). Chemistry of demineralization and remineralization of enamel and dentine. In: *Tooth we arand sensitivity: clinical advances in restorative dentistr*. M.E.G. Addy, W.M. Edgar, R.Orchardson, (Ed.). (153-160) London: Martin Dunitz.

23. Johansson, A.K. (2012). Dental Erozyon. G. Koch, S.Poulsen, (Ed.). In: *Çocuk Diş Hekimliğine Klinik Yaklaşım* (G. Aern, Çev.). (141-151). İstanbul: Medya.
24. Smith, B.G., Knight, J.K. (1984). A comparison of patterns of tooth wear with aetiological factors. *Br Dent J*, 157(1), 16-19.
25. Gurgel, C.V., Rios, D., Buzalaf, M.A., da Silva S.M., Araujo, J.J., Pauletto, A.R., de Andrade Moreira Machado, M.A. (2011). Dental erosion in a group of 12- and 16-year-old Brazilian schoolchildren. *Pediatr Dent*, 33(1), 23-28.
26. Bartlett, D.W. (2005). The role of erosion in tooth wear: aetiology, prevention and management. *Int Dent J*, 55(1), 277-284.
27. Öztürk, B., (2012). **Nd:YAG, Er:YAG VE CO2 lazer ile pürüzlendirme sonrası florid uygulamasının süt ve sürekli dişlerde mine erozyonunu önlemede ve florid alımını arttırmada etkisinin in vitro incelenmesi ve yüzey morfolojisinin SEM ile değerlendirilmesi.** Doktora tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
28. Addy, M., Hunter, M.L. (2003). Can tooth brushing damage your health? Effects on oral and dental tissues. *Int Dent J*, 53 (3), 177-186.
29. Linnett, V., Seow, W.K. (2001). Dental erosion in children: a literature review. *Pediatr Dent*, 23(1), 37-43.
30. Shaw, L., Smith, A.J. (1999). Dental erosion--the problem and some practical solutions. *Br Dent J*, 186(3), 115-118.
31. Jarvinen, V., Rytomaa, I., Meurman, J.H. (1992). Location of dental erosion in a referred population. *Caries Res*, 26(5), 391-396.
32. Bardsley, P.F. ( 2008). The evolution of tooth wear indices. *Clin Oral Investig*, 12 (1), 15-19.
33. Bartlett, D., Ganss, C., Lussi, A. (2008). Basic Erosive Wear Examination (BEWE): a new scoring system for scientific and clinical needs. *Clin Oral Investig*, 12(1), 65-68.
34. Berg-Beckhoff, G., Kutschmann, M., Bardehle, D. (2008). Methodological considerations concerning the development of oral dental erosion indexes: literature survey, validity and reliability. *Clin Oral Investig*, 12(1), 51-58.

35. Smith, B.G., Knight, J.K. (1984). An index for measuring the wear of teeth. *Br Dent J*, 156(12), 435-438.
36. Downer, M.C. (1995), The 1993 national survey of children's dental health. *Br Dent J*, 178(11), 407-412.
37. Johansson, A.K., Johansson, A., Birkhed, D., Omar, R., Baghdadi, S., Carlsson, G.E. (1996). Dental erosion, soft-drink intake, and oral health in young Saudi men, and the development of a system for assessing erosive anterior tooth wear. *Acta Odontol Scand*, 54(6), 369-378.
38. O'Sullivan, E.A. (2000). A new index for the measurement of erosion in children. *Eur J Paediatr Dent* (1), 69-74.
39. Lussi, A., Schaffner, M., Hotz, P., Suter, P. (1991). Dental erosion in a population of Swiss adults. *Community Dent Oral Epidemiol*, 19(5), 286-290.
40. Young, A., Amaechi, B.T., Dugmore, C., Holbrook, P., Nunn, J., Schiffner, U., Lussi, A., Ganss, C. (2008). Current erosion indices--flawed or valid? Summary. *Clin Oral Investig*, 12(1), 59-63.
41. Ganss, C. (2008). How valid are current diagnostic criteria for dental erosion? *Clin Oral Investig*, 12(1), 41-49.
42. Garcia-Godoy, F., Hicks, M.J. (2008). Maintaining the integrity of the enamel surface: the role of dental biofilm, saliva and preventive agents in enamel demineralization and remineralization. *J Am Dent Assoc*, 139, 25-34.
43. Magalhaes, A.C., Wiegand, A., Rios, D., Honorio, H.M., Buzalaf, M.A. (2009). Insights into preventive measures for dental erosion. *J Appl Oral Sci*, 17(2), 75-86.
44. Featherstone, J.D. (2000). The science and practice of caries prevention. *J Am Dent Assoc*, 131(7), 887-899.
45. Featherstone, J.D., Lussi, A. (2006). Understanding the chemistry of dental erosion. *Monogr Oral Sci*, 20, 66-76.
46. Hannig, C., Hannig, M., Attin, T. (2005). Enzymes in the acquired enamel pellicle. *Eur J Oral Sci*, 113(1), 2-13.
47. Wolff, M.S. (2009). Dentin hypersensitivity, the biofilm and remineralization: what is the connection? *Adv Dent Res*, 21(1), 21-24.

48. Bhushan, J.J.R., Sidhu, K., Singh A. (2011). Tooth Wear - An Overview With Special Emphasis On Dental Erosion. *Indian Journal of Dental Sciences*, 3(5), 89-95.
49. Meurman, J.H., Frank, R.M. (1991). Scanning electron microscopic study of the effect of salivary pellicle on enamel erosion. *Caries Res*, 25(1), 1-6.
50. Eisenburger, M., Hughes, J., West, N.X., Shellis, R.P., Addy, M. (2001). The use of ultrasonication to study remineralisation of eroded enamel. *Caries Res*, 35(1), 61-66.
51. Lussi, A., Hellwig, E. (2001). Erosive potential of oral care products. *Caries Res*, 35, 52-56.
52. Lussi, A., Schlueter, N., Rakhmatullina, E., Ganss, C. (2011). Dental erosion- an overview with emphasis on chemical and histopathological aspects. *Caries Res*, 45(1), 2-12.
53. Kinney, J.H., Balooch, M., Haupt, D.L., Marshall, S.J., Marshall, G.W. (1995). Mineral Distribution and Dimensional Changes in Human Dentin during Demineralization. *J Dent Res*, 74(5), 1179-1184.
54. Ganss, C., Klimek, J., Starck, C. (2004). 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*, 49(11), 931-935.
55. Ganss, C., Lussi, A., Klimek, J. (2005). Comparison of calcium/phosphorus analysis, longitudinal microradiography and profilometry for the quantitative assessment of erosive demineralisation. *Caries Res*, 39(3), 178-184.
56. Stack, M.V. (1953). Variation in the organic content of deciduous enamel and dentine. *Biochem J*, 54(2), 15.
57. Jenkins, G.N. (1978). The Physiology and Biochemistry of the Mouth., *Blackwell Science , Oxford*, 4th edn, 54-112.
58. Amaechi, B.T., Higham, S.M., Edgar, W.M. (1999). Factors influencing the development of dental erosion in vitro: enamel type, temperature and exposure time. *J Oral Rehabil*, 26(8), 624-630.

59. Featherstone, J.D., Mellberg, J.R. (1981). Relative rates of progress of artificial carious lesions in bovine, ovine and human enamel. *Caries Res*, 15(1), 109-114.
60. Hunter, M.L., West, N.X., Hughes, J.A., Newcombe, R.G., Addy, M. (2000), Erosion of deciduous and permanent dental hard tissue in the oral environment. *J Dent*, 28(4), 257-263.
61. Lippert, F., Parker, D.M., Jandt, K.D. (2004). Susceptibility of deciduous and permanent enamel to dietary acid-induced erosion studied with atomic force microscopy nanoindentation. *Eur J Oral Sci*, 112(1), 61-66.
62. Naujoks, R., Schade, H., Zelinka, F. (1967). Chemical composition of different areas of the enamel of deciduous and permanent teeth. (The content of Ca, P, CO<sub>2</sub>, Na and N<sub>2</sub>). *Caries Res*, 1(2), 137-143.
63. Imfeld, T. (1996). Dental erosion. Definition, classification and links. *Eur J Oral Sci*, 104(2 ( Pt 2)), 151-155.
64. O'Sullivan, E.M.A. (2008). UK National Clinical Guidelines in Paediatric Dentistry: diagnosis, prevention and management of dental erosion. *Int J Paediatr Dent* 18(1), 29-38.
65. Bartlett, D.W., Evans, D.F., Anggiansah, A., Smith, B.G. (1996). A study of the association between gastro-oesophageal reflux and palatal dental erosion. *Br Dent J*, 181(4), 125-131.
66. O'Sullivan, E.A., Curzon, M.E., Roberts, G.J., Milla, P.J., Stringer, M.D. (1998). Gastroesophageal reflux in children and its relationship to erosion of primary and permanent teeth. *Eur J Oral Sci*, 106(3), 765-769.
67. Rudolph, C.D., Mazur, L.J., Liptak, G.S., Baker, R.D., Boyle, J.T., Colletti, R.B., Gerson, W.T., Werlin, S.L. (2001). Guidelines for evaluation and treatment of gastroesophageal reflux in infants and children: recommendations of the North American Society for Pediatric Gastroenterology and Nutrition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*, 32(2), 1-31.
68. Vandenplas, Y., Hassall, E. (2002). Mechanisms of gastroesophageal reflux and gastroesophageal reflux disease. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*, 35(2), 119-136.

69. Nelson, S.P., Chen, E.H., Syniar, G.M., Christoffel, K.K. (1997). Prevalence of symptoms of gastroesophageal reflux during infancy. A pediatric practice-based survey. Pediatric Practice Research Group. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 151(6), 569-572.
70. Moss, S.J. (1998). Dental erosion. *Int Dent J*, 48(6), 529-539.
71. Scheutzel, P. (1996). Etiology of dental erosion--intrinsic factors. *Eur J Oral Sci*, 104(2(Pt 2)), 178-190.
72. Gudmundsson, K., Kristleifsson, G., Theodors, A., Holbrook, W.P. (1995). Tooth erosion, gastroesophageal reflux, and salivary buffer capacity. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 79(2), 185-189.
73. Barron, R.P., Carmichael, R.P., Marcon, M.A., Sandor, G.K. (2003). Dental erosion in gastroesophageal reflux disease. *J Can Dent Assoc*, 69(2), 84-89.
74. Wang, G.R., Zhang, H., Wang, Z.G., Jiang, G.S., Guo, C.H. (2010). Relationship between dental erosion and respiratory symptoms in patients with gastro-oesophageal reflux disease. *J Dent*, 38(11), 892-898.
75. Zero, D.T. (1996). Etiology of dental erosion--extrinsic factors. *Eur J Oral Sci*, 104(2), 162-177.
76. Odabaş, M., Tunçbilek, P., Bodur, H. (2012). Diş Hekimliğinde Erozyon. *GÜ Diş Hek Fak Derg*, 29(3), 193-200.
77. Lussi, A., Jaeggi, T. (2006). Occupation and sports. *Monogr Oral Sci*, 20, 106-111.
78. Buczkowska-Radlinska, J., Lagocka, R., Kaczmarek, W., Gorski, M., Nowicka, A. (2013). Prevalence of dental erosion in adolescent competitive swimmers exposed to gas-chlorinated swimming pool water. *Clin Oral Investig*, 17(2), 579-583.
79. Mulic, A., Tveit, A.B., Hove, L.H., Skaare, A.B. (2011). Dental erosive wear among Norwegian wine tasters. *Acta Odontol Scand*, 69(1), 21-26.
80. Auad, S., Moynihan, P. (2007). Diet and dental erosion. *Quintessence Int*, 38(2), 130-133.
81. Lussi, A., Jaeggi, T. (2006). Chemical factors. *Monogr Oral Sci*, 20, 77-87.
82. Grando, L.J., Tames, D.R., Cardoso, A.C., Gabilan, N.H. (1996). 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*, 30(5), 373-378.
83. West, N.X., Hughes, J.A., Addy, M. (2000). Erosion of dentine and enamel in vitro by dietary acids: the effect of temperature, acid character, concentration and exposure time. *J Oral Rehabil*, 27(10), 875-880.
  84. Brunton, P.A., Hussain, A. (2001). The erosive effect of herbal tea on dental enamel. *J Dent*, 29(8), 517-520.
  85. Mirkarimi, M., Toomarian, L. (2012). Effect of green tea extract on the treatment of dentin erosion: an in vitro study. *J Dent*, 9(4), 224-228.
  86. Hellwig, E., Lussi, A. (2006). Oral hygiene products and acidic medicines. *Monogr Oral Sci*, 20, 112-118.
  87. Giunta, J.L. (1983). Dental erosion resulting from chewable vitamin C tablets. *J Am Dent Assoc*, 107(2), 253-256.
  88. Sullivan, R.E., Kramer, W.S. (1983). Iatrogenic erosion of teeth. *ASDC J Dent Child*, 50(3), 192-196.
  89. Soft drinks in schools. (2004). *Pediatrics*, Official Journal of the American Academy of Pediatrics. 113(1), 152-154.
  90. Zero, D.T., Lussi, A. (2006). Behavioral factors. *Monogr Oral Sci*, 20, 100-105.
  91. Johansson, A.K. (2002). On dental erosion and associated factors. *Swed Dent J Suppl* (156), 1-77.
  92. Shah, S.A., Kanval, H. (2013). Intensity Of Dental Erosion In Age Groups. *Pakistan Oral & Dental Journal*, 33(1):131-136.
  93. Civelek, A., Özel, E. (2005). Dental erozyon ve ayırıcı tanısı. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 22, 69-74.
  94. Kargul, B., Bakkal, M. (2009). Prevalence, Etiology, Risk Factors, Diagnosis, and Preventive Strategies of Dental Erosion: Literature Review (Part I & Part II). *Acta stomatologica croatica*, 43(3), 165-187.
  95. McCarthy, R. (2012). Dental erosion-current perspectives for general practice. *J Ir Dent Assoc*, 58(5), 241-244.
  96. Maden, E.A. (2012). Dental erozyonda tanı ve tedavi yöntemleri. *Gülhane Tıp Derg*, 54, 86-91.



97. Huysmans, M.C., Jager, D.H., Ruben, J.L., Unk, D.E., Klijjn, C.P., Vieira, A.M. (2011). Reduction of erosive wear in situ by stannous fluoride-containing toothpaste. *Caries Res*, 45(6), 518-523.
98. Caldeira, E.M., Fidalgo, T.K., Passalini, P., Marquezan, M., Maia, L.C., Nojima, M.C.G. (2012). Effect of fluoride on tooth erosion around orthodontic brackets. *Braz Dent J*, 23(5), 581-585.
99. Faller, R.V., Eversole, S.L., Tzeghai, G.E. (2011). Enamel protection: a comparison of marketed dentifrice performance against dental erosion. *Am J Dent*, 24(4), 205-210.
100. Chersoni, S., Bertacci, A., Pashley, D.H., Tay, F.R., Montebugnoli, L., Prati, C. (2011). In vivo effects of fluoride on enamel permeability. *Clin Oral Investig*, 15(4), 443-449.
101. Abdullah, A.Z., Ireland, A.J., Sandy, J.R., Barbour, M.E. (2012). A Nanomechanical Investigation of Three Putative Anti-Erosion Agents: Remineralisation and Protection against Demineralisation. *Int J Dent*, 768126.
102. Vitale, M.C., Zaffe, D., Botticell, A.R., Caprioglio, C. (2011). Diode laser irradiation and fluoride uptake in human teeth. *Eur Arch Paediatr Dent*, 12(2), 90-92.
103. Dietschi, D., Argente, A. (2011). A comprehensive and conservative approach for the restoration of abrasion and erosion. part II: clinical procedures and case report. *Eur J Esthet Dent*, 6(2), 142-159.
104. Aoki, A., Sasaki, K.M., Watanabe, H., Ishikawa, I. (2004). Lasers in nonsurgical periodontal therapy. *Periodontol 2000*, 36, 59-97.
105. Yiğit, Ş.B., Gürsel, M. (2007). Periodontolojide lazer. *SÜ Dişhek Fak Derg*, 16(1), 67-73.
106. Coluzzi, D.J., (2004). Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dent Clin North Am*, 48(4), 751-770.
107. Yenen, Z. (2008). **İkinci sınıf kompozit kavite preparasyonu ve pürüzlendirme işlemle inde Er,Cr:YSGG lazer kullanımının mine ve dentinin yüzey morfolojisi ve kenar sızıntısı üzerine etkilerinin in vitro olarak incelenmesi.** Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

108. Lasers in periodontics. (2002). *J Periodontol*, Academy Report, 73(10), 1231-1239.
109. Crespi, R., Barone, A., Covani, U., Ciaglia, R.N., Romanos, G.E (2002). Effects of CO2 laser treatment on fibroblast attachment to root surfaces. A scanning electron microscopy analysis. *J Periodontol*, 73(11), 1308-1312.
110. Stabholz, A., Zeltser, R., Sela, M., Peretz, B., Moshonov, J., Ziskind, D. (2003). The use of lasers in dentistry: principles of operation and clinical applications. *Compend Contin Educ Dent*, 24(12), 935-948.
111. Carroll, L., Humphreys, T.R. (2006). LASER-tissue interactions. *Clin Dermatol*, 24(1), 2-7.
112. Dederich, D.N., Bushick, R.D. (2004). Lasers in dentistry: separating science from hype. *J Am Dent Assoc*, 135(2), 204-212.
113. Kutsch, V.K. (1993). Lasers in dentistry: comparing wavelengths. *J Am Dent Assoc*, 124(2), 49-54.
114. Westerman, G.H., Flaitz, C.M., Powell, G.L., Hicks, M.J. (2002). Enamel caries initiation and progression after argon laser irradiation: in vitro argon laser systems comparison. *J Clin Laser Med Surg*, 20(5), 257-262.
115. Miserendino, L.J., Neiburger, E.J., Walia, H., Luebke, N., Brantley, W. (1989). Thermal effects of continuous wave CO2 laser exposure on human teeth: an in vitro study. *J Endod*, 15(7), 302-305.
116. Tepper, S.A., Zehnder, M., Pajarola, G.F., Schmidlin, P.R. (2004). Increased fluoride uptake and acid resistance by CO2 laser-irradiation through topically applied fluoride on human enamel in vitro. *J Dent*, 32(8), 635-641.
117. Lussi, A., Hellwig, E. (2006). Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in vitro. *J Dent*, 34(7), 467-471.
118. Hardee, M.W., Miserendino, L.J., Kos, W., Walia, H. (1994). Evaluation of the antibacterial effects of intracanal Nd:YAG laser irradiation. *J Endod*, 20(8), 377-380.
119. Miserendino, L.J., Levy, G.C., Rizoio, I.M. (1995). Effects of Nd:YAG laser on the permeability of root canal wall dentin. *J Endod*, 21(2), 83-87.
120. Margolis, F.S. (2006). The erbium laser: the "Star Wars" of dentistry. *Alpha Omegan*, 99(3), 128-131.

121. Hibst, R., Keller, U. (1989). Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. *Lasers Surg Med*, 9(4), 338-344.
122. Aoki, A., Ishikawa, I., Yamada, T., Otsuki, M., Watanabe, H., Tagami, J., Ando, Y., Yamamoto, H. (1998). Comparison between Er:YAG laser and conventional technique for root caries treatment in vitro. *J Dent Res*, 77(6), 1404-1414.
123. Keller, U., Hibst, R., Geurtsen, W., Schilke, R., Heidemann, D., Klaiber, B., Raab, W.H. (1998). Erbium:YAG laser application in caries therapy. Evaluation of patient perception and acceptance. *J Dent*, 26(8), 649-656.
124. Manhart, J., Huth, K.C., Chen, H.Y., Hickel, R. (2004). Influence of the pretreatment of occlusal pits and fissures on the retention of a fissure sealant. *Am J Dent*, 17(1), 12-18.
125. Eversole, L.R., Rizoïu, I., Kimmel, A.I. (1997). Pulpal response to cavity preparation by an erbium, chromium:YSGG laser-powered hydrokinetic system. *J Am Dent Assoc*, 128(8), 1099-1106.
126. Hossain, M., Nakamura, Y., Yamada, Y., Murakami, Y., Matsumoto, K. (2002). Compositional and structural changes of human dentin following caries removal by Er,Cr:YSGG laser irradiation in primary teeth. *J Clin Pediatr Dent*, 26(4), 377-382.
127. Hadley, J., Young, D.A., Eversole, L.R., Gornbein, J.A. (2000). A laser-powered hydrokinetic system for caries removal and cavity preparation. *J Am Dent Assoc*, 131(6), 777-785.
128. Alkurt, T.M., Bala, O. (2007). Çürük Teşhisinde Lazer Enerjisi Kullanılması. *Gazi Üniv Diş Hek Fak Derg*, 24 (2), 125-130.
129. Baseren, N.M., Gokalp, S. (2003). Validity of a laser fluorescence system (DIAGNOdent) for detection of occlusal caries in third molars: an in vitro study. *J Oral Rehabil*, 30(12), 1190-1194.
130. Santaella, M.R., Braun, A., Matson, E., Frentzen, M. (2004). Effect of diode laser and fluoride varnish on initial surface demineralization of primary dentition enamel: an in vitro study. *Int J Paediatr Dent*, 14(3), 199-203.

131. Fried, D., Glana, R.E., Featherstone, J.D., Seka, W. (1997). Permanent and transient changes in the reflectance of CO<sub>2</sub> laser-irradiated dental hard tissues at  $\lambda = 9.3, 9.6, 10.3,$  and  $10.6$  microns and at fluences of 1-20 J/cm<sup>2</sup>. *Lasers Surg Med*, 20(1), 22-31.
132. Üşümez S., Orhan, M., Malkoç, S. (2000). Er,Cr:YSGG Hidrokinetik Lazer Sistemiyle Mine Pürüzlendirilmesinin Ortodontik Apareylerin Yapışma Kuvvetine Etkisi. *Cumhuriyet Üniv Dişhek Fak Dergisi*, 3(1), 6-9.
133. Keller, U., Hibst, R. (1989). Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: II. Light microscopic and SEM investigations. *Lasers Surg Med*, 9(4), 345-351.
134. Kantola, S. (1973). Laser-induced effects on tooth structure. VII. X-ray diffraction study of dentine exposed to a CO<sub>2</sub> laser. *Acta Odontol Scand*, 31(6), 381-386.
135. Silberman, J.J., Dederich, D.N., Vargas, M., Denehy, G.E. (1994). SEM comparison of acid-etched, CO<sub>2</sub> laser-irradiated, and combined treatment on dentin surfaces. *Lasers Surg Med*, 15(3), 269-276.
136. Borsatto, M.C., Corona, S.A., Dibb, R.G., Ramos, R.P., Pecora, J.D. (2001). Microleakage of a resin sealant after acid-etching, Er:YAG laser irradiation and air-abrasion of pits and fissures. *J Clin Laser Med Surg*, 19(2), 83-87.
137. Lupi-Pegurier, L., Bertrand, M.F., Muller-Bolla, M., Rocca, J.P., Bolla, M. (2003). Comparative study of microleakage of a pit and fissure sealant placed after preparation by Er:YAG laser in permanent molars. *J Dent Child (Chic)*, 70(2), 134-138.
138. Bertrand, M.F., Hessleyer, D., Muller-Bolla, M., Nammour, S., Rocca, J.P. (2004). Scanning electron microscopic evaluation of resin-dentin interface after Er:YAG laser preparation. *Lasers Surg Med*, 35(1), 51-57.
139. De Munck, J., Van Meerbeek, B., Yudhira, R., Lambrechts, P., Vanherle, G. (2002). Micro-tensile bond strength of two adhesives to Erbium:YAG-lased vs. bur-cut enamel and dentin. *Eur J Oral Sci*, 110(4), 322-329.
140. Adams, T.C., Pang, P.K. (2004). Lasers in aesthetic dentistry. *Dent Clin North Am*, 48(4), 833-860.

141. Schoop, U., Kluger, W., Moritz, A., Nedjelik, N., Georgopoulos, A., Sperr, W. (2004). Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. *Lasers Surg Med*, 35(2), 111-116.
142. Altshuler, G.B., Belikov, A.V., Sinelnik, Y.A. (2001). A laser-abrasive method for the cutting of enamel and dentin. *Lasers Surg Med*, 28(5), 435-444.
143. Gimbel, C.B. (2000). Hard tissue laser procedures. *Dent Clin North Am*, 44(4), 931-953.
144. Klinke, T., Klimm, W., Gutknecht, N. (1997). Antibacterial effects of Nd:YAG laser irradiation within root canal dentin. *J Clin Laser Med Surg*, 15(1), 29-31.
145. Meral, G. (1999). **Nd-YAG Lazerin Oral Florada Bulunan Mikroorganizmalar Üzerindeki Bakterisidal Etkilerinin Deneysel Laboratuvar ve Klinik Olarak İncelenmesi.** Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
146. Kreisler, M., Kohnen, W., Beck, M., Al Haj, H., Christoffers, A.B., Gotz, H., Duschner, H., Jansen, B., D'Hoedt, B. (2003). Efficacy of NaOCl/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> irrigation and GaAlAs laser in decontamination of root canals in vitro. *Lasers Surg Med*, 32(3), 189-196.
147. Franzen, R., Esteves-Oliveira, M., Meister, J., Wallerang, A., Vanweersch, L., Lampert, F., Gutknecht, N. (2009). Decontamination of deep dentin by means of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser irradiation. *Lasers Med Sci*, 24(1), 75-80.
148. Soares, F., Varella, C.H., Pileggi, R., Adewumi, A., Guelmann, M. (2008). Impact of Er,Cr:YSGG laser therapy on the cleanliness of the root canal walls of primary teeth. *J Endod*, 34(4), 474-477.
149. Reddy, V.V., Babu, S. (1993). Prevalence location and patency of accessory canals in primary molars using dye penetration under vacuum suction technique an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 11(1), 28-32.
150. Varella, C.H., Pileggi, R. (2007). Obturation of root canal system treated by Cr, Er: YSGG laser irradiation. *J Endod*, 33(9), 1091-1093.

151. Dababneh, R.H., Khouri, A.T., Addy, M. (1999). Dentine hypersensitivity - an enigma? A review of terminology, mechanisms, aetiology and management. *Br Dent J*, 187(11), 606-611.
152. Ciaramicoli, M.T., Carvalho, R.C., Eduardo, C.P. (2003). Treatment of cervical dentin hypersensitivity using neodymium: Yttrium-aluminum-garnet laser. Clinical evaluation. *Lasers Surg Med*, 33(5), 358-362.
153. Attar, N., Korkmaz, Y. (2006). Dentin aşırı hassasiyeti. *Hacettepe Üniv Diş Hek Fak Derg*, 30 (4), 83-91.
154. Matsumoto, K.F.H., Wakabayashi, H., Oyama, T. (1987). Study on the treatment of hypersensitive dentin by GaAlAr laser. *Japanese J Conserv Dent*, 28, 776-781.
155. Renton-Harper, P., Midda, M. (1992). NdYAG laser treatment of dentinal hypersensitivity. *Br Dent J*, 172(1), 13-16.
156. Uysal, D., Güler, Ç. (2012). Diş Hekimliğinde Lazer: Bir Literatür Derlemesi. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg*, 6, 44-53.
157. Ranly, D.M. (1985). Assessment of the systemic distribution and toxicity of formaldehyde following pulpotomy treatment: Part one. *ASDC J Dent Child*, 52(6), 431-434.
158. Schroder, U. (1978). A 2-year follow-up of primary molars, pulpotomized with a gentle technique and capped with calcium hydroxide. *Scand J Dent Res*, 86(4), 273-278.
159. Tosun, G., Şener Y. (2003). Flor Metabolizması. *Akademik Dental Dergisi*, 3, 8-11.
160. Johansson, A.K. (2012). *Dental Erozyon*. G. Koch, S.Poulsen, (Ed.). In: Çocuk Diş Hekimliğine Klinik Yaklaşım. (G. Aren, Çev.). (141-151). İstanbul: Rotatif Yayınevi.
161. Ertürk, M.S.Ö., (2006). **Florozisli ve Sağlıklı Süt ve Daimi Dişlerde Flor Miktarının ve Dentin Geçirgenliğinin İn Vitro Karşılaştırılması**. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
162. Pinkham, J.R., Casamassimo, P.S., Tigue, D.J., Fields, H.W., Nowak, A.J., (2009). *Çocuk Diş Hekimliği-Bebeklikten Ergenliğe* (Ö. Tulunoğlu, T. Tortop, Çev.) Ankara: Atlas Kitapçılık (2005).

163. Swift, E.J., Jr. (1989). Effects of glass ionomers on recurrent caries. *Oper Dent*, 14(1), 40-43.
164. Vieira, A.R., de Souza, I.P., Modesto, A. (1999). Fluoride uptake and release by composites and glass ionomers in a high caries challenge situation. *Am J Dent*, 12(1), 14-18.
165. Hargreaves, J.A., (1990). Water fluoridation and fluoride supplementation: considerations for the future. *J Dent Res*, 69, 765-770.
166. Hennon, D.K., Stookey, G.K., Muhler, J.C. (1966). The clinical anticariogenic effectiveness of supplementary fluoride-vitamin preparations. Results at the end of three years. *J Dent Child*, 33(1), 3-12.
167. Ivanova, K., Pakhomov, G.N., Moeller, I.J., Vrabcheva, M. (1995). Caries reduction by milk fluoridation in Bulgaria. *Adv Dent Res*, 9(2), 120-121.
168. WHO. (1994). Fluorides and oral health technical reports 846. In: *Report of a WHO expert committee on oral health status and fluoride use*. Geneva: World Health Organization.
169. Kendi, E. (2007). **Flor salan yeni bir örtücü materyalin in vitro değerlendirilmesi**, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
170. Joyston-Bechal, S, Duckworth, R., Braden, M. (1973). The mechanism of uptake of <sup>18</sup>F by enamel from sodium fluoride and acidulated phosphate fluoride solutions labelled with <sup>18</sup>F. *Arch Oral Biol*, 18(9), 1077-1089.
171. Svaton, B., Attramadal, A. (1978). The effect of stannous fluoride on human plaque acidogenicity in situ (Stephan curve). *Acta Odontol Scand*, 36(4), 211-218.
172. Meurman, J.H. (1987). Effect of sodium and amine fluoride treatment on adsorption and ultrastructure of *S. mutans* and *S. sanguis*. *Scand J Dent Res*, 95(5), 389-396.
173. Murakami, C., Bonecker, M., Correa, M.S., Mendes, F.M., Rodrigues, C.R. (2009). Effect of fluoride varnish and gel on dental erosion in primary and permanent teeth. *Arch Oral Biol*, 54(11), 997-1001.
174. Chaet, R., Wei, S.H. (1977). The effect of fluoride impregnated dental floss on enamel fluoride uptake in vitro and streptococcus mutans colonization in vivo. *ASDC J Dent Child*, 44(2), 122-126.

175. Attin, T. (2006). Methods for assessment of dental erosion. *Monogr Oral Sci*, 20, 152-172.
176. Doğan, A. ÖS, Dogan, O.M., Hubbezoglu, I., Cakmak, M., Bolayir, G. (2008). Effect of bleaching on roughness of dental composite resins. *The journal of adhesion* (84), 897-914.
177. Hicks, J., Garcia-Godoy, F., Flaitz, C. (2004). Biological factors in dental caries: role of remineralization and fluoride in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 3). *J Clin Pediatr Dent*, 28(3), 203-214.
178. Barbour, M.E., Rees, J.S (2004), The laboratory assessment of enamel erosion: a review. *J Dent*, 32(8), 591-602.
179. Arnold, W.H., Cerman, M., Neuhaus, K., Gaengler, P. (2003). Volumetric assessment and quantitative element analysis of the effect of fluoridated milk on enamel demineralization. *Arch Oral Biol*, 48(6), 467-473.
180. Love, G., Scott, V.D. (2001). Electron probe microanalysis using soft X rays a review. Part 1: Instrumentation, spectrum processing and detection sensitivity. *J Microsc*, 201(1), 1-32.
181. Topaloğlu, B. (2009). **Kazein fosfopeptid-amorf kalsiyum fosfat içerikli patın mine demineralizasyonu üzerine etkisinin incelenmesi.** Doktora tezi, On dokuz mayıs üniversitesi, Samsun.
182. Arnold, W.H., Dorow, A., Langenhorst, S., Gintner, Z., Banoczy, J., Gaengler, P. (2006). Effect of fluoride toothpastes on enamel demineralization. *BMC Oral Health*, 6, 8.
183. Nassur, C., Alexandria, A.K., Pomarico, L., de Sousa, V.P., Cabral, L.M., Maia, L.C. (2013). Characterization of a new TiF(4) and beta-cyclodextrin inclusion complex and its in vitro evaluation on inhibiting enamel demineralization. *Arch Oral Biol*, 58(3), 239-247.
184. Hegde, M.N., Moany, A. (2012). Remineralization of enamel subsurface lesions with casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate: A quantitative energy dispersive X-ray analysis using scanning electron microscopy: An in vitro study. *J Conserv Dent*, 15(1), 61-67.



185. Neves Ade, A., Coutinho, E., Vivan Cardoso, M., Jaecques, S.V., Van Meerbeek, B. (2010). Micro-CT based quantitative evaluation of caries excavation. *Dent Mater*, 26(6), 579-588.
186. Tanaka, R., Shibata, Y., Manabe, A., Miyazaki, T. (2009). Mineralization potential of polarized dental enamel. *PLoS One*, 4(6), 5986.
187. Balakrishnan, A., Jonathan, R., Benin, P., Kuumar, A. (2013). Evaluation to determine the caries remineralization potential of three dentifrices: An in vitro study. *J Conserv Dent*, 16(4), 375-379.
188. Nakata, K., Nikaido, T., Nakashima, S., Nango, N., Tagami, J. (2012). An approach to normalizing micro-CT depth profiles of mineral density for monitoring enamel remineralization progress. *Dent Mater J*, 31(4), 533-540.
189. Balooch, M., Wu-Magidi, I.C., Balazs, A., Lundkvist, A.S., Marshall, S.J., Marshall, G.W., Siekhaus, W.J., Kinney, J.H. (1998). Viscoelastic properties of demineralized human dentin measured in water with atomic force microscope (AFM)-based indentation. *J Biomed Mater Res*, 40(4), 539-544.
190. Finke, M., Jandt, K.D., Parker, D.M. (2000). The Early Stages of Native Enamel Dissolution Studied with Atomic Force Microscopy. *J Colloid Interface Sci*, 232(1), 156-164.
191. Barbour, M.E., Parker, D.M., Allen, G.C., Jandt, K.D. (2005). Human enamel erosion in constant composition citric acid solutions as a function of degree of saturation with respect to hydroxyapatite. *J Oral Rehabil*, 32(1), 16-21.
192. Hegedus, C., Bistey, T., Flora-Nagy, E., Keszthelyi, G., Jenei, A. (1999). An atomic force microscopy study on the effect of bleaching agents on enamel surface. *J Dent*, 27(7), 509-515.
193. Ramalho, K.M., Eduardo, Cde, P., Heussen, N., Rocha, R.G., Lampert, F., Apel, C., Esteves-Oliveira, M. (2013). Protective effect of CO2 laser (10.6  $\mu\text{m}$ ) and fluoride on enamel erosion in vitro. *Laser Med Sci*, 28(1), 71-78.
194. West, N.X., Davies, M., Amaechi, B.T. (2011). In vitro and in situ erosion models for evaluating tooth substance loss. *Caries Res*, 45(1), 43-52.
195. Reitznerova, E., Amarasiriwardena, D., Kopcakova, M., Barnes, R.M. (2000). Determination of some trace elements in human tooth enamel. *Fresenius J Anal Chem*, 367(8), 748-754.

196. Attin, T., Wegehaupt, F., Gries, D., Wiegand, A. (2007). The potential of deciduous and permanent bovine enamel as substitute for deciduous and permanent human enamel: Erosion-abrasion experiments. *J Dent*, 35(10), 773-777.
197. DeWald, J.P. (1997). The use of extracted teeth for in vitro bonding studies: a review of infection control considerations. *Dent Mater*, 13(2), 74-81.
198. Ziskind, D., Gleitman, J., Rotstein, I., Friedman, M. (2003). Evaluation of cetylpyridinium chloride for infection control in storage solution. *J Oral Rehabil*, 30(5), 477-481.
199. Shellis, R.P., Ganss, C., Ren, Y., Zero, D.T., Lussi, A. (2011). Methodology and models in erosion research: discussion and conclusions. *Caries Res*, 45(1), 69-77.
200. Min, J.H., Kwon, H.K., Kim, B.I. (2011). The addition of nano-sized hydroxyapatite to a sports drink to inhibit dental erosion: in vitro study using bovine enamel. *J Dent*, 39(9), 629-635.
201. Beyer, M., Reichert, J., Sigusch, B.W., Watts, D.C., Jandt, K.D. (2012). Morphology and structure of polymer layers protecting dental enamel against erosion. *Dent Mater*, 28(10), 1089-1097.
202. Lepri, T.P., Colucci, V., Turssi, C.P., Corona, S.A. (2013). Permeability of eroded enamel following application of different fluoride gels and CO<sub>2</sub> laser. *Laser Med Sci*, 28(1), 235-240.
203. Ana, P.A., Bachmann, L., Zezell, D.M. (2006). Lasers effects on enamel for caries prevention. *Laser Phys*, 16(5), 865-875.
204. Oho, T., Morioka, T. (1990). A possible mechanism of acquired acid resistance of human dental enamel by laser irradiation. *Caries Res*, 24(2), 86-92.
205. Villalba-Moreno, J., Gonzalez-Rodriguez, A., Lopez-Gonzalez, J.D., Bolanos-Carmona, M.V., Pedraza-Muriel, V. (2007). Increased fluoride uptake in human dental specimens treated with diode laser. *Laser Med Sci*, 22(3), 137-142.

206. Karlinsky, R.L., Mackey, A.C., Blanken, D.D., Schwandt, C.S. (2012). Remineralization of eroded enamel lesions by simulated saliva in vitro. *Open Dent J*, 6, 170-176.
207. Clasen, A.B., Ogaard, B. (1999). Experimental intra-oral caries models in fluoride research. *Acta Odontol Scand*, 57(6), 334-341.
208. Secilmis, A., Usumez, A., Usumez, S., Berk, G. (2010). Evaluation of mineral content of enamel prepared by erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser. *Laser Med Sci*, 25(4), 467-472.
209. Nelson, D.G., Jongebloed, W.L., Arends, J. (1983). Morphology of enamel surfaces treated with topical fluoride agents: SEM considerations. *J Dent Res*, 62(12), 1201-1208.
210. Okazaki, M., LeGeros, R.Z. (1996). Properties of heterogeneous apatites containing magnesium, fluoride, and carbonate. *Adv Dent Res*, 10(2), 252-259.
211. Queiroz, C.S., Hara, A.T., Paes Leme, A.F., Cury, J.A. (2008). pH-cycling models to evaluate the effect of low fluoride dentifrice on enamel de- and remineralization. *Braz Dent J*, 19(1), 21-27.
212. Souza, C., Hashizume, L.N., Eidelwein, M., Maltz, M. (2010). Effect of different frequencies of fluoride dentifrices and mouthrinse administration: an in situ study. *Braz Oral Res*, 24(4), 388-393.
213. Chin-Ying, S.H., Xiaoli, G., Jisheng, P., Wefel, J.S. (2004). Effects of CO2 laser on fluoride uptake in enamel. *J Dent*, 32(2), 161-167.
214. Nammour, S., Demortier, G., Florio, P., Delhay, Y., Pireaux, J.J., Morciaux, Y., Powell, L. (2003). Increase of enamel fluoride retention by low fluence argon laser in vivo. *Lasers Surg Med*, 33(4), 260-263.
215. Zhang, C., Kimura, Y., Matsumoto, K. (1996). The effects of pulsed Nd:Yag laser irradiation with fluoride on root surface. *J Clin Laser Med Surg*, 14, 199-403.
216. Lasmar, M.F., Reher, V.G., Lalloo, R., Reher, P. (2012). Enamel demineralization and bracket bond strength when etching with acid and /or Er:YAG laser. *Aust Dent J*, 57, 190-195.

217. Sasaki, T., Debari, K., Garant, P.R. (1987). Ameloblast modulation and changes in the Ca, P, and S content of developing enamel matrix as revealed by SEM-EDX. *J Dent Res*, 66(3), 778-783.
218. Reynolds, E.C. (1997). Remineralization of enamel subsurface lesions by casein phosphopeptide-stabilized calcium phosphate solutions. *J Dent Res*, 76(9), 1587-1595.
219. Rosin-Grget, K., Lincir, I., Tudja, M. (2000). Effect of amine fluoride on enamel surface morphology. *Coll Antropol*, 24(2), 501-508.
220. Steiner-Oliveira, C., Nobre-dos-Santos, M., Zero, D.T., Eckert, G., Hara, A.T. (2010). Effect of a pulsed CO<sub>2</sub> laser and fluoride on the prevention of enamel and dentine erosion. *Arch Oral Biol*, 55(2), 127-133.
221. Magalhaes, A.C., Romanelli, A.C., Rios, D., Comar, L.P., Navarro, R.S., Grizzo, L.T., Aranha, A.C., Buzalaf, M.A. (2011). Effect of a single application of TiF<sub>4</sub> and NaF varnishes and solutions combined with Nd:YAG laser irradiation on enamel erosion in vitro. *Photomed Laser Surg*, 29(8), 537-544.
222. Markvart, M., Bjorndal, L., Darvann, T.A., Larsen, P., Dalstra, M., Kreiborg, S. (2012). Three-dimensional analysis of the pulp cavity on surface models of molar teeth, using X-ray micro-computed tomography. *Acta Odontol Scand*, 70(2), 133-139.
223. Bedini, R., Pecci, R., Notarangelo, G., Zuppante, F., Persico, S., Di Carlo, F. (2012). Microtomography evaluation of dental tissue wear surface induced by in vitro simulated chewing cycles on human and composite teeth. *Ann Ist Super Sanita*, 48(1), 65-70.
224. Benyo, B., Szilagy, L., Haidegger, T., Kovacs, L., Nagy-Dobo, C. (2009). Detection of the root canal's centerline from dental micro-CT records. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 3517-3520.
225. Benyo, B. (2012). Identification of dental root canals and their medial line from micro-CT and cone-beam CT records. *Biomed Eng Online*, 11, 81.
226. Bjorndal, L., Carlsen, O., Thuesen, G., Darvann, T., Kreiborg, S. (1999). External and internal macromorphology in 3D-reconstructed maxillary molars using computerized X-ray microtomography. *Int Endod J*, 32(1), 3-9.

227. Madarati, A.A., Qualtrough, A.J., Watts, D.C. (2009). A microcomputed tomography scanning study of root canal space: changes after the ultrasonic removal of fractured files. *J Endod*, 35(1), 125-128.
228. Gandolfi, M.G., Parrilli, A.P., Fini, M., Prati, C., Dummer, P.M. (2013). 3D micro-CT analysis of the interface voids associated with Thermafil root fillings used with AH Plus or a flowable MTA sealer. *Int Endod J*, 46(3), 253-263.
229. Ikram, O.H., Patel, S., Sauro, S., Mannocci, F. (2009). Micro-computed tomography of tooth tissue volume changes following endodontic procedures and post space preparation. *Int Endod J*, 42(12), 1071-1076.
230. Zhang, X., Tu, R., Yin, W., Zhou, X., Li, X., Hu, D. (2013). Micro-computerized tomography assessment of fluorescence aided caries excavation (FACE) technology: comparison with three other caries removal techniques. *Aust Dent J*, 58(4), 461-467.
231. Robinson, J.P., Lumley, P.J., Claridge, E., Cooper, P.R., Grover, L.M., Williams, R.L., Walmsley, A.D. (2012). An analytical Micro CT methodology for quantifying inorganic dentine debris following internal tooth preparation. *J Dent*, 40(11), 999-1005.
232. Suebnukarn, S., Hataidechadusadee, R., Suwannasri, N., Suprasert, N., Rhienmora, P., Haddawy, P. (2011). Access cavity preparation training using haptic virtual reality and microcomputed tomography tooth models. *Int Endod J*, 44(11), 983-989.
233. Zhi, Q.H., Lo, E.C., Kwok, A.C. (2013). An in vitro study of silver and fluoride ions on remineralization of demineralized enamel and dentine. *Aust Dent J*, 58(1), 50-56.

## 8. EKLER



T.C.  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
Tıp Fakültesi

Deney Hayvanları Etik Kurulu Başkanlığı

Sayı : B.30.2.İNÜ.0.20.05.05/07

Konu :Deney Hayvanları Etik Kurulu

MALATYA

28 / 03 / 2014

Sayın: Yrd. Doç. Dr. Çiğdem GÜLER  
Pedodonti AD

“Diyod Lazer ve Florun Mine Erozyonunu Önleyici Etkisinin Değerlendirilmesi” İsimli projenizde çekilmiş sığır dişi kullanılmasından dolayı Etik Kurul izni gerekmemektedir.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

  
Doç. Dr. M. Arif ALADAĞ  
Deney Hayvanları Etik Kurul Başkanı

## 9. ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı: Dilek GÜNEŞ

Doğum Tarihi: 14.05.1986

Doğum Yeri: Mut/Mersin

Medeni Durum: Evli

E-mail: dilek.uysal@inonu.edu.tr

### Eğitim Bilgileri

2010-2014 İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi (Doktora eğitimi )

2009 Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi (Lisans eğitimi)

2002 Karaman Fen Lisesi

### Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Özeti Yayınlanan Bildiri, Poster:

1. Çiğdem Güler, Yücel Yılmaz, Gül Beyret, **Dilek Uysal**. Çocuklarda Renkli Kompomer Tercihinin Davranış Skalası Ve Memnuniyet Derecesi Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi. 18. Türk Pedodonti Derneği Bilimsel Kongresi. 1 - 3 Nisan 2011. Lütfi Kırdar Kongre ve Sergi Sarayı. İstanbul.
2. Çiğdem Güler, **Dilek Uysal**, Veli Alper Görgeç. Malatya İlindeki 7-14 Yaş Arası Çocukların Ağız-Diş Sağlığının Değerlendirilmesi. 18. Türk Pedodonti

Derneği Bilimsel Kongresi. 1 - 3 Nisan 2011. Lutfi Kırdar Kongre ve Sergi Sarayı. İstanbul.

3. Çiğdem Güler, **Dilek Güneş**. Çift Köklü Maksiller Süt Köpek Dişi: Bir Olgu Raporu. 19. Türk Pedodonti Derneği Kongresi. 4-7 Ekim 2012. Gloria Kongre Merkezi, Antalya.
4. Esra Kızılcı, **Dilek Güneş**. Malatya İlinde Yaşayan Bir Grup Çocukta Erozyon Prevelansının Değerlendirmesi. 20. Türk Pedodonti Derneği Bilimsel Kongresi. 07-10 Kasım 2013. Ommer Otel, Kayseri.

<p><b>Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Özeti Yayınlanan Bildiri, Poster:</b></p>
--

1. Çiğdem Güler, **Dilek Güneş**, Pınar Demir. Profilaksi Patlarının Pit Ve Fissür Örtücülerin Mikrosızıntısı Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırılması. İnönü Üniversitesi Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi. 26-28 Nisan 2012. Turgut Özal Kongre Merkezi, Malatya/TÜRKİYE.
2. Cigdem Guler, Ebubekir Toy, Fırat Ozturk, **Dilek Gunes**, Aysun Bay Karabulut, Onder Otlı. The Evaluation of Salivary Total Oxidant-Antioxidant Status and DNA Damage of Children Undergoing Fixed Orthodontic Therapy. 101. Dünya Diş Hekimliği Kongresi (FDI).28-31 Ağustos 2013 İstanbul/Türkiye.
3. Çiğdem Güler, **Dilek Güneş**, Veli Alper Görgeç. Çocuklarda Çürük Dişlerin Bir Renkli Kompomer İle Restore Edilmesinden Sonra Tükürükteki Oksidatif Stres Ve Antioksidan Seviyelerde Meydana Gelen Değişikliklerin Değerlendirilmesi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi 1. Uluslararası Diş hekimliği Sempozyumu. 3-5 Ekim 2013, Rize.
4. Esra Kızılcı, **Dilek Güneş**. İçeceklerin Diş Minesi Üzerine Eroziv Etkilerinin Değerlendirilmesi: Bir Pilot Çalışma. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi 1. Uluslararası Diş hekimliği Sempozyumu. 3-5 Ekim 2013, Rize.



**Katıldığı Kongreler:**

1. 18. Türk Pedodonti Derneği Bilimsel Kongresi. 1 - 3 Nisan 2011. Lütfi Kırdar Kongre ve Sergi Sarayı. İstanbul.
2. İnönü Üniversitesi Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi. 26-28 Nisan 2012. Turgut Özal Kongre Merkezi, Malatya/Türkiye
3. 19. Türk Pedodonti Derneği Kongresi. 4-7 Ekim 2012. Gloria Kongre Merkezi, Antalya.
4. 101. Dünya Diş Hekimliği Kongresi (FDI). 28-31 Ağustos 2013 İstanbul/Türkiye.
5. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi 1. Uluslararası Diş hekimliği Sempozyumu. 3-5 Ekim 2013, Rize.

**Seminerler:**

1. Diş Hekimliğinde Lazer
2. Çocuk Diş Hekimliğinde Lazer

**Yayınlar:**

1. Güler Ç, Eltas A, **Güneş D**, Görgen VA, Ersöz M. Malatya ilindeki 7-14 yaş arası çocukların ağız-diş sağlığının değerlendirilmesi. İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi 2012;1(2):19-24
2. **Uysal D**, Güler Ç. Diş Hekimliğinde Lazer: Bir Literatür Derlemesi. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2012; Supplement 6:44-53.