

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
PEDODONTİ ANABİLİM DALI**

**ER,CR:YSGG LAZER UYGULAMASININ SÜT VE DAİMİ DİŞLERDE MİNE  
DEMİNERALİZASYONUNUN ENGELLENMESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İN VİTRO  
KOŞULLARDA İNCELENMESİ**

**Nur Burcu ULUSOY**

**ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Aylin AKBAY OBA**

**2018 – KIRIKKALE**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
PEDODONTİ ANABİLİM DALI**

**ER,CR:YSGG LAZER UYGULAMASININ SÜT VE DAİMİ DİŞLERDE  
MİNE DEMİNERALİZASYONUNUN ENGELLENMESİ ÜZERİNE  
ETKİSİNİN İN VİTRO KOŞULLARDA İNCELENMESİ**

**Nur Burcu ULUSOY**

**ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Aylin AKBAY OBA**

**Bu çalışma Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi  
tarafından desteklenmiştir.**

**Proje No: 2017/007**

**2018 – KIRIKKALE**

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Pedodonti Ana Bilim Dalında Uzmanlık Programı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 08/05/2018

  
Prof. Dr. Ali ERDEMİR

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

Jüri Başkanı

Prof. Dr. Aylin AKBAY OBA

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği  
Fakültesi

  
Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Volkan ARIKAN

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği  
Fakültesi

  
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Merve ERKMEN ALMAZ

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği  
Fakültesi

  
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Fatih TULUMBACI

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Diş  
Hekimliği Fakültesi

  
Üye

## İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay	II
İçindekiler	III
Önsöz	VI
Simgeler ve Kısaltmalar	VII
Şekiller	X
Çizelgeler	XIII
ÖZET	1
SUMMARY	3
1 GİRİŞ.....	5
1.1 Mine Dokusu.....	7
1.1.1 Minenin Kimyasal İçeriği.....	10
1.1.2 Minenin Histolojik Yapısı.....	20
1.1.3 Minenin Demineralizasyonu ve Remineralizasyonu.....	23
1.1.4 Floridin Mine Demineralizasyonu ve Remineralizasyonuna Etkisi.....	26
1.2 Lazerlerin Mine Dokusunda Kullanımı.....	28
1.2.1 Çürük Tanısı.....	29
1.2.2 Yüzey Pürüzlendirmesi.....	30
1.2.3 Çürüğün Uzaklaştırılması ve Kavite Preparasyonu.....	32
1.2.4 Çürük Oluşumunun Önlenmesi.....	33
1.2.4.1 Argon Lazerin Etkisi.....	34
1.2.4.2 Diyot Lazerin Etkisi.....	35
1.2.4.3 Karbondioksit Lazerin Etkisi.....	36
1.2.4.4 Neodimiyum Yitrium Alüminyum Garnet Lazerin Etkisi.....	37
1.2.4.5 Erbiyum Lazerlerin Etkisi.....	38
1.3 Mine Demineralizasyonunu İnceleme Yöntemleri.....	42
1.3.1 Polarize Işık Mikroskobu.....	42



1.3.2	Mikrosertlik Ölçümü.....	43
1.3.3	Atomik Absorbsiyon Spektrometresi (AAS).....	45
1.3.4	Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FTIR).....	46
1.3.5	İyon Spesifik Elektrot (ISE).....	48
1.3.6	X-Işını Difraksiyonu (XRD).....	49
1.3.7	Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	50
1.3.8	Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi (EDS).....	51
2	GEREÇ VE YÖNTEM .....	53
2.1	İncelenecek Mine Örneklerinin Hazırlanması ve Deneylerin Uygulanması..	53
2.1.1	Mine Örneklerinin Hazırlanması.....	54
2.1.2	Mine Örneklerine Koruyucu Tedavilerin Uygulanması .....	58
2.1.3	Mine Örneklerine pH Döngüsünün Uygulanması .....	60
2.2	Koruyucu Tedavilerin Mine Yüzeyine Etkisinin Değerlendirilmesi .....	62
2.2.1	Mine Örneklerinin SEM ile İncelenmesi .....	62
2.2.2	Mine Örneklerinin EDS Analizi .....	62
2.3	Verilerin İstatistiksel Analizinin Yapılması.....	64
3	BULGULAR .....	65
3.1	EDS Metodu ile Değerlendirme Bulguları.....	65
3.1.1	Daimi Dişlerde EDS Metodu ile Değerlendirme Bulguları.....	65
3.1.2	Süt Dişlerinde EDS Metodu ile Değerlendirme Bulguları.....	79
3.2	SEM Metodu ile Değerlendirme Bulguları .....	93
3.2.1	Daimi Dişlerde SEM Metodu ile Değerlendirme Bulguları .....	93
3.2.2	Süt Dişlerinde SEM Metodu ile Değerlendirme Bulguları.....	98
4	TARTIŞMA.....	104
5	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	123

6	KAYNAKLAR.....	125
7	EKLER.....	152
7.1	EK-1 Etik Kurul Onayı .....	152
7.2	EK-2 Hasta Onam Formu.....	155
8	ÖZGEÇMİŞ.....	157



## ÖNSÖZ

Tez çalışmamda ve uzmanlık eğitimim süresince büyük bir sabır ve anlayış ile bana her zaman yardım eden ve yol gösteren, mesleki gelişimimde büyük emeğe sahip değerli danışman hocam Prof. Dr. Aylin AKBAY OBA'ya,

Tez çalışmamın başından itibaren destek veren, yürütülmesinde büyük emeği geçen, hem akademik hem sosyal hayatımda bana yol gösteren ve öğrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli hocam Prof. Dr. Zafer C. ÇEHRELİ'ye,

Uzmanlık eğitimim süresince bilimsel ve mesleki tecrübelerinden yararlandığım değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Volkan ARIKAN ve Dr. Öğr. Üyesi Merve ERKMEN ALMAZ'a,

Uzmanlık eğitimime başladığım günden beri tecrübeleri ile bana destek olan değerli ağabeyim Dr. Öğr. Üyesi Fatih TULUMBACI'ya,

Sevgisi ve desteği ile hep yanımda olan, gerçek bir dost ve abla olarak hissettiğim beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum çok sevgili Dr. Dt. Hatice KARACA'ya,

Beraber başladığımız bu yolda birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum, gerek iş ortamında gerekse özel hayatımda desteklerini her zaman hissettiğim, dostlukları kadar yaptıkları tüm yardımlar nedeni ile sevgiyle ve özlemle anacağım sevgili çalışma arkadaşlarım Dt. Tuğba SERT, Dt. Damla ŞAHİN ve Dt. Engin MAYA'ya, Beraber çalışmaktan keyif aldığım Kırıkkale Üniversitesi Pedodonti Anabilim Dalındaki tüm asistan arkadaşlarım ve klinik personelimize,

Maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan ve beni bugünlere getiren, aldığım tüm kararlarda arkamda olan, desteklerinden güç aldığım ve bana gösterdikleri sonsuz sevgi için her zaman minnet duyacağım canım annem, babam, kardeşime,

Manevi desteğini her an yanımda hissettiğim, bu zorlu sürecin her anını paylaştığım hayat arkadaşım, canım eşim Melih ULUSOY'a,

Sonsuz Teşekkürler.

## SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
Ort	: Ortalama
SS	: Standart sapma
<	: Küçüktür
>	: Büyüktür
m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
nm	: Nanometre
$\mu\text{m}$	: Mikrometre
MN	: Meganewton
g	: Gram
mg	: Miligram
L	: Litre
ml	: Mililitre
mmol	: Milimol
kV	: Kilovolt
dk	: Dakika
sn	: Saniye
$\mu\text{s}$	: Mikrosaniye
J	: Joule
mJ	: Milijoule
W	: Watt (Güç birimi)
$\text{J}/\text{cm}^2$	: Enerji yoğunluğu birimi
Hz	: Hertz (Frekans)
~	: Yaklaşık
ppm	: Parts per Million
ppb	: Parts per Billion
$^{\circ}\text{C}$	: Derece
F	: Flor

Ca	: Kalsiyum
P	: Fosfor
C	: Karbon
O	: Oksijen
H	: Hidrojen
Al	: Alüminyum
Ni	: Nikel
Na	: Sodyum
Mg	: Magnezyum
K	: Potasyum
Cl	: Klor
Zn	: Çinko
Ca <sup>+2</sup>	: Kalsiyum iyonu
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	: Fosfat iyonu
HPO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	: Asit fosfat iyonu
OH <sup>-</sup>	: Hidroksil iyonu
H <sup>+</sup>	: Hidrojen iyonu
F <sup>-</sup>	: Florid iyonu
T <sub>Ca</sub>	: Kalsiyum İyonu Total Konsantrasyonu
T <sub>P</sub>	: Fosfat İyonu Total Konsantrasyonu
pH	: Power of Hydrogen
DCPA	: Dikalsiyum fosfat
DCPD	: Dikalsiyum fosfat dihidrat (Brushite)
α -TCP	: Alfa-Trikalsiyum fosfat
β-TCP	: Beta-Trikalsiyum fosfat
OCP	: Oktakalsiyum fosfat
CaF <sub>2</sub>	: Kalsiyum Florid
HAP	: Hidroksiapatit
FAP	: Floroapatit
APF	: Asidüle Fosfat Florür
NaF	: Sodyum Florür
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit

Er,Cr:YSGG	: Erbiyum, Kromiyum: Yittrium-Skandiyum-Galyum-Garnet
Nd:YAG	: Neodimiyum: Yittrium Alüminyum Garnet
Er:YAG	: Erbiyum: Yittrium Alüminyum Garnet
Ho:YAG	: Holmiyum: Yittrium Alüminyum Garnet
Ho:YSGG	: Holmiyum: Yittrium-Skandiyum-Galyum-Garnet
LIPD	: Laser-Induced Prevention of Demineralization
EDS	: Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi
AAS	: Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi
ATR	: Attenuated Total Reflectance
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
ISE	: İyon Spesifik Elektrot
TISAB	: Total Ionic Strength Adjustment Buffer
RNA	: Ribo Nükleik Asit
FDA	: Food and Drug Administration

## ŞEKİLLER

Şekil 2.1 Kronları köklerden ayrılan diş örnekleri.....	55
Şekil 2.2 Kronları kesilerek akrile gömülen diş örnekleri .....	55
Şekil 2.3 Tırnak cilası ile çalışma sınırları belirlenen diş örnekleri .....	55
Şekil 2.4 Örneklere APF jel uygulanması .....	59
Şekil 2.5 Örneklere florid cila uygulanması .....	59
Şekil 2.6 Örneklere Er,Cr:YSGG lazer uygulanması .....	59
Şekil 2.7 Polistiren kaplara konulan mine örnekleri.....	61
Şekil 2.8 Örneklerin içerisinde bekletildiği etüv .....	61
Şekil 2.9 Yüzeysel kaplama cihazı.....	62
Şekil 2.10 Taramalı elektron mikroskobu.....	62
Şekil 2.11 Hassas kesme cihazı .....	63
Şekil 2.12 Vertikal olarak ikiye ayrılan örnekler.....	63
Şekil 2.13 Ultrasonik temizleme cihazı .....	64
Şekil 3.1 Daimi dişlerde Ca elementinin mine yüzeyinden (0 µm) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi.....	74
Şekil 3.2 Daimi dişlerde P elementinin mine yüzeyinden (0 µm) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi.....	75
Şekil 3.3 Daimi dişlerde C elementinin mine yüzeyinden (0 µm) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi.....	75
Şekil 3.4 Daimi dişlerde F elementinin mine yüzeyinden (0 µm) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi.....	76
Şekil 3.5 Daimi dişlerde O elementinin mine yüzeyinden (0 µm) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi.....	76
Şekil 3.6 Daimi dişlerde L1 grubuna ait bir örneğin SEM görüntüsü ve EDS analiz grafiği.....	77

<b>Şekil 3.7</b> Daimi dişlerde APF+L1 grubuna ait bir örneğin SEM görüntüsü ve EDS analiz grafiği .....	78
<b>Şekil 3.8</b> Süt dişlerinde Ca elementinin mine yüzeyinden (0 µm) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi.....	88
<b>Şekil 3.9</b> Süt dişlerinde P elementinin mine yüzeyinden (0 µm) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi.....	89
<b>Şekil 3.10</b> Süt dişlerinde C elementinin mine yüzeyinden (0 µm) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi.....	89
<b>Şekil 3.11</b> Süt dişlerinde F elementinin mine yüzeyinden (0 µm) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi.....	90
<b>Şekil 3.12</b> Süt dişlerinde O elementinin mine yüzeyinden (0 µm) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi.....	90
<b>Şekil 3.13</b> Süt dişlerinde APF+L1 grubuna ait bir örneğin SEM görüntüsü ve EDS analiz grafiği .....	91
<b>Şekil 3.14</b> Süt dişlerinde L1 grubuna ait bir örneğin SEM görüntüsü ve EDS analiz grafiği.....	92
<b>Şekil 3.15</b> Daimi diş Kontrol (a) ve Duraphat (b) gruplarının x2000 büyütmede yüzey SEM görüntüleri .....	93
<b>Şekil 3.16</b> Daimi diş APF grubunun x2000 (a) ve x8000 (b) büyütmede yüzey SEM görüntüleri .....	94
<b>Şekil 3.17</b> Daimi diş L2 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri.....	94
<b>Şekil 3.18</b> Daimi diş L3 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri.....	95
<b>Şekil 3.19</b> Daimi diş L4 (a), L5 (b) ve L6 (c) gruplarının x250 yüzey SEM görüntüleri .....	95
<b>Şekil 3.20</b> Daimi diş APF+L1 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri ...	96
<b>Şekil 3.21</b> Daimi diş APF+L3 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri ...	96
<b>Şekil 3.22</b> Daimi diş APF+L4 (a), APF+L5 (b) ve APF+L6 (c) gruplarının x500 yüzey SEM görüntüleri .....	97



<b>Şekil 3.23</b> Süt dişi Kontrol (a) ve Duraphat (b) gruplarının x2000 büyütmede yüzey SEM görüntüleri .....	98
<b>Şekil 3.24</b> Süt dişi APF grubunun x2000 (a) ve x5000 (b) büyütmede yüzey görüntüleri .....	98
<b>Şekil 3.25</b> Süt dişi L1 grubunun x250 (a) ve x1000 (b) büyütmede yüzey SEM görüntüleri .....	99
<b>Şekil 3.26</b> Süt dişi L3 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri .....	100
<b>Şekil 3.27</b> Süt dişi L4 (a), L5 (b) ve L6 (c) gruplarının x250 yüzey SEM görüntüleri	100
<b>Şekil 3.28</b> Süt dişi APF+L1 (a), APF+L2 (b) ve APF+L3 (c) gruplarının x500 yüzey SEM görüntüleri .....	101
<b>Şekil 3.29</b> Süt dişi APF+L4 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri.....	102
<b>Şekil 3.30</b> Süt dişi APF+L5 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri.....	102
<b>Şekil 3.31</b> Süt dişi APF+L6 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri.....	102

## ÇİZELGELER

<b>Çizelge 3.1</b> Daimi dişlerde elementlerin kütle yüzdelerinin gruplardaki ortalama ve standart sapma değerleri.....	66
<b>Çizelge 3.2</b> Daimi dişlerde Ca elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması .....	67
<b>Çizelge 3.3</b> Daimi dişlerde P elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması .....	69
<b>Çizelge 3.4</b> Daimi dişlerde C elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması .....	70
<b>Çizelge 3.5</b> Daimi dişlerde F elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması .....	72
<b>Çizelge 3.6</b> Daimi dişlerde O elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması .....	73
<b>Çizelge 3.7</b> Süt dişlerinde elementlerin kütle yüzdelerinin gruplardaki ortalama ve standart sapma değerleri.....	80
<b>Çizelge 3.8</b> Süt dişlerinde Ca elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması .....	81
<b>Çizelge 3.9</b> Süt dişlerinde P elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması .....	83
<b>Çizelge 3.10</b> Süt dişlerinde C elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması .....	84
<b>Çizelge 3.11</b> Süt dişlerinde F elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması .....	86
<b>Çizelge 3.12</b> Süt dişlerinde O elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması .....	87

## ÖZET

### **Er,Cr:YSGG Lazer Uygulamasının Süt ve Daimi Dişlerde Mine Demineralizasyonunun Engellenmesi Üzerine Etkisinin İn Vitro Koşullarda İncelenmesi**

Bu tez çalışmasının amacı, insan süt ve daimi diş minelerinin, çürük oluşumuna karşı direncinin artırılması amacıyla, farklı parametrelerde uygulanan Er,Cr:YSGG lazerin (Waterlase iPlus) etkinliğinin değerlendirilmesidir. Çalışmamızda, mine demineralizasyonunun engellenmesinde kullanımı araştırılan Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının; farklı güç değerlerinin, su soğutmalı ve soğutmasız koşullarda kullanımının, topikal floridle birlikte ve ayrı uygulanmasının etkinliği in vitro koşullarda karşılaştırılarak incelenmiştir.

Çalışmamızda, 225 adet süt ve 225 adet daimi diş mine örneği hazırlanmış ve mine örneklerinden her grupta 15 adet olacak şekilde 15 süt dişi grubu, 15 daimi diş grubu oluşturulmuştur. Gruplara uygulanan tedavilerin değişken parametreleri; 1- Farklı lazer güçlerinde (0.25 / 0.50 / 0.75 W) ve sabit frekansta (20 Hz) Er,Cr:YSGG lazer uygulaması, 2- Lazerin 2 ml/dk su soğutmalı veya su soğutmasız koşullarda uygulanması ve 3- Lazerin APF ile birlikte veya ayrı uygulanmasıdır. Çalışma protokolüne göre florid uygulanan örneklere önce APF jel, ardından Er,Cr:YSGG lazer uygulanmıştır. Tedavilerden sonra diş örnekleri 14 gün süreyle laboratuvar koşullarında hazırlanan demineralizasyon-remineralizasyon siklusuna tabi tutulmuştur. Mine örneklerinin yüzey ve kesitlerindeki morfolojik değişimler Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ile incelenmiştir. Örneklerdeki kimyasal içeriğin belirlenmesi için Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi (EDS) kullanılmış ve alınan kesitlerde Ca, P, C, F ve O elementlerinin kütle yüzdeleri mine yüzeyinden derine doğru çizgisel olarak ölçülmüştür. Bu çalışmadan elde edilen veriler, istatistiksel olarak, tek yönlü ANOVA testi ve Sheffe anlamlılık testi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Yapılan analizlere göre, hem süt hem daimi dişlerde en yüksek Ca ve P kütle yüzdesi, su soğutmasız-0.75 W lazer grubunda görülmekte olup ( $p<0,05$ ), APF grubu

ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ( $p>0,05$ ). Süt ve daimi dişlerde su soğutmasız-APF+0.75 W lazer grubunun Ca ve P kütle yüzdesi, APF grubu ve su soğutmasız-0.75 W lazer grubundan daha düşüktür. Süt ve daimi dişlerde F kütle yüzdesi, APF+lazer uygulanan gruplarda tek başına lazer uygulanan gruplara kıyasla istatistiksel olarak daha yüksektir ( $p<0,05$ ). Süt ve daimi dişlerde yapılan SEM incelemesinde, lazer uygulanan gruplarda, mine yüzeyinde enerji yoğunluğuna göre değişen boyutlarda çatlaklar, kraterler ve engebeli alanlara rastlanmıştır. Ayrıca su soğutmalı gruplarda ablasyonun arttığı ve daha geniş kraterlerin oluştuğu izlenmiştir.

Sonuç olarak, yaptığımız bu çalışmada süt ve daimi dişlerde Er,Cr:YSGG lazerin 0.75 W gücünde su soğutmasız olarak uygulanmasının mine demineralizasyonuna karşı direnci arttırdığı görülmüştür. Tek başına Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının mine demineralizasyonuna karşı direnci APF uygulamasından belirgin olarak daha fazla arttırmadığı; lazerin APF ile birlikte uygulanmasının ise sinerjistik etki sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Diş çürüğü, Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi, Korunma, Lazerler.

## SUMMARY

### **Effect of Er,Cr:YSGG Laser on the Prevention of Primary and Permanent Teeth Enamel Demineralization: An In Vitro Study**

The aim of this study was to evaluate the effect of Er,Cr:YSGG laser (Waterlase iPlus) on the resistance of human primary and permanent enamel against demineralization under different Er,Cr:YSGG power settings, presence and absence of water cooling and co-application of topical fluoride in vitro.

Enamel specimens from extracted primary and permanent teeth (n=225/each) were prepared. In both primary and permanent teeth, 15 subgroups (n=15/group) were assigned based on: 1- Er,Cr:YSGG laser application in three different power values (0.25 / 0.50 / 0.75 W), 2- Application of laser with and without water-cooling, and 3- Prior application APF gel before laser treatment. All prepared specimens were subjected to demineralization-remineralization cycles for 14 days. Morphological changes were assessed by Scanning electron microscopy (SEM) and the chemical content of specimens were determined with Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS). The data were evaluated with one-way ANOVA and the Sheffe significance test statistically.

In both primary and permanent teeth, the highest Ca and P content was observed in 0.75 W laser group without water-cooling ( $p < 0.05$ ), irrespective of topical APF application ( $p > 0.05$ ). In primary and permanent teeth, the Ca and P mass content of APF+0.75 W laser group without water-cooling were lower than the APF group and the 0.75W laser group without water-cooling. In both dentitions, the F mass content of the APF+laser groups was significantly higher than those treated with laser only ( $p < 0.05$ ). Under the SEM, both primary and permanent enamel exhibited cracks, craters and surface roughness, consistent with increasing power output and absence of water cooling.

It was concluded that Er,Cr:YSGG laser application at 0.75 W output without water-cooling increased enamel resistance to demineralization. Compared to topical APF application, Er,Cr:YSGG laser did not improve enamel resistance against demineralization, and its co-application with APF did not result in synergistic effect.

**Key Words:** Dental Caries, Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy, Lasers, Prevention.



# 1 GİRİŞ

Diş çürüğü, halen çocukluk ve genç erişkin dönemlerinde çok sık karşılaşılan bir hastalıktır. Çürük; diş yüzeyi ile plak sıvısı arasındaki demineralizasyon-remineralizasyon döngüsünün demineralizasyon lehinde bozulması sonucunda, diş yüzeyinden mineral kaybına neden olan dinamik bir olay olarak tanımlanır (Jansen Van Rensburg 1995). Günümüzde diş çürüğünü önlemede çeşitli koruyucu yöntemler uygulanmasına rağmen, bu hastalık tamamen kontrol altına alınamamıştır. Bu sebeple alternatif yeni yöntemlerin geliştirilmesi, çürük oluşumunu ortadan kaldırmak açısından büyük önem taşımaktadır.

Diş minesinin çürük oluşumuna karşı direncinin, lazer indüksiyonu ile arttırıldığını savunan çalışmaların son yıllarda artış gösterdiği izlenmektedir. İnsan daimi dişlerinde yapılan in vitro çalışmalarda; lazerin, minenin çözünürlüğünü azaltarak, demineralizasyona karşı direncini arttırdığı ve çürük oluşumundan korunmayı sağladığı gösterilmiştir.

Diş hekimliğinde geniş kullanım alanı olan, sert doku lazerlerinden Erbiyum, Kromiyum: Yitrium-Skandiyum-Galyum-Garnet (Er,Cr:YSGG) lazerin (2.78 µm), daimi dişlerde minenin yüzey yapısını ve kimyasal içeriğini değiştirerek çürüğe karşı dayanıklılığı arttırdığı öne sürülmüştür. Erbiyum lazerlerin daimi diş minesinin aside karşı direncini arttırdığı ilk kez Morioka ve ark. (1991) tarafından Er:YAG lazer (2.94 µm) kullanılarak gösterilmiştir. Bu çalışmaların ardından birçok araştırmacı erbiyum lazerlerin bu konuyla ilgili etkinliğini farklı yöntemlerle incelemiştir. Son olarak, erbiyum lazerlerin, mine ve dentin yüzeyindeki demineralizasyondan koruma etkileri ile ilgili yapılan kapsamlı bir derlemede, Lazer İndüksiyonuyla Demineralizasyonun Engellenmesi - LIPD (Laser-Induced Prevention of Demineralization) terimi geliştirilmiştir (Ramalho ve ark. 2015). Çürük profilaksisi amacıyla uygulanan bu lazer ışınının, ablazyona neden olmadan, kimyasal ve morfolojik değişikliklerle mine yüzeyini güçlendirmesi istenmektedir. Minede bu etkinin elde edildiği enerji yoğunluğundaki erbiyum lazerin etkinliği, subablasyon

olarak adlandırılmakta olup halen uygun kullanım parametreleri aydınlığa kavuşmamıştır (Apel ve ark. 2005, Freitas ve ark. 2010, Geraldo-Martins ve ark. 2013, Ramalho ve ark. 2015).

Tez çalışmamızın amacı; süt ve daimi dişlerde mine demineralizasyonunun engellenip, çürük oluşumuna karşı korunma sağlanması için uygulanan Er,Cr:YSGG lazerin; farklı güç değerlerinin, su soğutmalı ve soğutmasız koşullarda kullanımının, topikal floridle birlikte ve ayrı uygulanmasının etkinliğinin in vitro koşullarda karşılaştırılarak incelenmesidir. Çalışmamızda yeni geliştirilmekte olan lazer indüksiyonuyla çürükten korunma yönteminin, bilimsel verilere dayanarak uygulanabilirliğinin araştırılması ve en uygun parametrelerin belirlenmesi hedeflenmiştir.



## 1.1 Mine Dokusu

İnsan dişi minesi, ektoderm kökenli, ameloblastlar tarafından oluşturulan ve diş kronunun tüm yüzeyini kaplayan, biyolojik yapılar arasındaki en sert dokudur. Temel olarak kalsiyum hidroksiapatit kristallerinden oluşur ve bu kristaller dokunun hacim olarak % 88-90'ını ve ağırlık olarak % 95-96'sını oluşturur. Minenin yapısını oluşturan hidroksiapatit kristalleri, hegzagonal konfigürasyonda yerleşmiş;  $Ca^{+2}$   $PO_4^{-3}$  ve  $OH^-$  gruplarından oluşan moleküllerden meydana gelir (Cole ve Eastoe 1988, Simmer ve Hu 2001, Berkovitz ve ark. 2002). Hidroksiapatit kristallerinin çapları ortalama 50 nm, uzunlukları ise yaklaşık olarak 100 nm'den fazladır (Silverstone ve ark. 1988).

Mine, kristal yapısının düzenliliği ve çok yüksek mineral içeriği nedeniyle vücuttaki tüm dokular arasında en sert kalsifiye dokudur. Mine, çiğneme basıncı gibi mekanik kuvvetlere karşı yüksek direnç göstermesine rağmen ( $76 \text{ MN m}^{-2}$ ), gerilme direncinin ( $46 \text{ MN m}^{-2}$ ) düşük olması sebebiyle kırılmandır. Fakat altında bulunan dentin dokusunun esnekliği sayesinde kırılma riski azalır. Minenin özgül ağırlığı ise  $2.95 \text{ g/cm}^3$ 'tür (Piesco ve Simmelink 2002, Fejerskov ve Kidd 2008).

Minenin fiziksel özellikleri, dişin bölgelerine göre farklılık göstermektedir. Minenin sertliği ve yoğunluğu, yüzeyden derin tabakalara ve tüberkül tepeleri ile kesici kenardan mine-sement sınırına doğru azalır (Berkovitz ve ark. 2002).

Minenin kalınlığı, tüberkül tepeleri ve kesici kenarlarda daha fazla olup daimi dişlerde yaklaşık 2.5 mm, süt dişlerinde yaklaşık 1.3 mm'dir. Dişin lateral yüzeylerinde ise yaklaşık 1.3 mm'dir. Mine tabakası, mine-sement sınırında keskin bir şekilde sonlanır (Anderson 2001, Nanci 2003).

Mine dokusu translusent olup, rengi hafif sarı, gri-beyaz tonları arasında değişir. Minenin rengindeki bu değişikliklerin sebebi; minenin kalsifikasyon derecesi, homojenitesindeki farklılıklar ve alt tabakada bulunan sarı renkli dentinin minenin ince bölgelerinden daha fazla yansımadır (Bhaskar 1990, Nanci 2003). Daimi dişlerde minenin rengi sarımtırak iken, süt dişlerinde mine dokusu daha opak olduğundan rengi mavimsi-beyazdır (Anderson 2001).

Minenin diğ er bir fiziksel özelliğ i ise yarı geçirgen olmasıdır (Piesco ve Simmelink 2002). Mineye bu özelliğ i kazandıran yapı, prizmalar arasında bulunan ve difüzyon ağı oluşturan por veya mikropor olarak isimlendirilen boşluklardır. Mikroporlar, ayrıca yoğunluk ve sertlik özellikleri üzerinde de etkilidir (Rozzi 1998). Mikroporların ç apı birçok farklı etkene bağı lı olarak değ iş ebilmektedir. Asit atakları ile kristalin kısmen ç özünmesi, kristal boyutlarının kü ç ülmesine, dokunun pörözitesinin ve kristaller arası boşlukların artmasına sebep olur. Artan mikro boşluklar mine yapısında sızıntıya yol açar (Fejerskov ve Thylstrup 1994). Özellikle genç minelerde su ve kü ç ük boyutlu moleküllerin, kristaller arası porlardan yavaş biçimde geç iş yaptığı bilinmektedir (Nanci 2003). Bu özellik yaş ile ters orantılı olup, yaş arttıkça geçirgenlik azalır.

Amelogenesis, mine yapısı ve kimyasal içeriğ inin oluş umunu kapsar ve iki evrede gerçekleş ir; organik matriks formasyonu ve mineralizasyon. (Simmer ve Fincham 1995). Mineralizasyon süreci, matriks formasyonu bitmeden önce baş lar. Dental mine formasyonunda geçirilen aş amaların zamanlaması, kristallerin pozisyonu, kristal yapısı, şek li ve sıralaması genetik olarak kontrol altındadır (Simmer ve Fincham 1995). Embriyolojik geliş im esnasında odontoblastlar tarafından primer dentin tabakasının formasyonunun baş lamasından sonra, ameloblastlar mine formasyonuna baş lar. Ameloblastlar oluş an primer dentin tabakasının üzerine prizmasız mine tabakasını salgı lamaya baş larlar ve mine-dentin sınırı meydana gelir. Daha sonra, ameloblast hücreleri her 24 saatte bir 4 µ m mine matriksi salgı layarak perifere doğru çekilirler (Piesco ve Simmelink 2002).

Organik matriks formasyonu evresinde, ameloblastlar hidroksiapatit kristalleri arasında bir iskelet görevi gören mine matriks proteinlerini salgı layarak minenin organik matriksini oluştururlar. Salgı evresindeki bu ameloblastlar, histolojik incelemelerde Tomes uzantıları olarak adlandırılan, uzun prizmatik epitel hücreleridir ve görevleri mine proteinlerinin üretilmesi ve salgı lanmasıdır (Moradian-Oldak 2012). Bu erken safhada şek illenen hidroksiapatit kristalleri uniform şek il ve boyutta olmayıp, prizma biçimine sahip değ ildirler. Ameloblastlar, dentin yüzeyinden uzaklaş arak matriks sekresyonuna devam ederler. Ameloblastlar mine yüzeyine yaklaşt ıkça sekresyon yavaş lar ve sonunda durur. Organik matriks

salınımı ile maturasyon evreleri arasında geçen sürede, minenin derin tabakalarındaki kristaller büyümesine rağmen, ortalama mineral içeriğinde belirgin bir değişme görülmemektedir (Robinson ve ark. 1995b).

Maturasyon aşamasında mine matriks proteinleri yıkılarak minenin mineralizasyonu gerçekleşir. Bu aşamada ameloblast hücre morfolojisi ve fonksiyonunda major değişiklikler görülür. Mine yapısındaki protein ve su yıkılarak, yerlerini  $Ca^{+2}$  ve  $PO_4^{-3}$ 'a bırakır. Salgılanan proteinin yaklaşık % 90'ı mine maturasyonu sırasında kaybedilir (Bhaskar 1990). Mine proteinlerinin yıkımı sonucu oluşan ürünler, mine prizmalarının periferinde birikirler. Organik mine artıklarının prizma kını ve prizmalar arası bölgelerde birikimi sonucu, kristaller arası boşluklar bu bölgelerde daha fazla görülür. Ayrıca bu durum hidroksiapatit kristalleri arasındaki bağlantının daha zayıf olmasına sebep olur. Daha az kalsifiye olan bölgelerin asit ataklarına direnci de daha düşüktür (Piesco ve Simmelink 2002).

Embriyolojik mine mineralizasyonu tamamlandığında organik matriks bozulmaya uğrar ve ortadan kalkar. Ameloblastlar fonksiyonlarını yitirir ve küçülerek kübik hale gelirler (Moradian-Oldak 2012). Ameloblastlar son olarak kalsifiye olan mine dokusunu etrafındaki bağ dokusundan korumak amacıyla dış mine epiteli ile birleşerek birleşik mine epitelini oluştururlar. Birleşik mine epiteli, dişin erüpsiyonuna kadar mineyi sararak hasar görmesini önler (Bhaskar 1990).

Dişlerin erüpsiyonundan önce, mine yüksek miktarda kalsifikasyona uğramıştır; ancak hacimsel olarak halen % 12-14 su, protein ve lipit içermektedir. Dişlerin ağız ortamına erüpsiyonundan sonra, tükürükte bulunan iyonlar mine yapısına geçerler. Bu mineral geçişi bir süre devam eder ve bu süre sonunda minenin kimyasal içeriği değişerek maturasyonu tamamlanır. Minenin erüpsiyon sonrası maturasyon sürecinde, ağız ortamındaki florid ve diğer mineraller mine yüzeyine çökelerek, çözünürlüğü fazla olan karbonattan zengin hidroksiapatitin yerine aside karşı daha dirençli hidroksiapatit oluşumunu sağlar (Fejerskov ve Thylstrup 1994). Maturasyon aşamasında, mine matriksinin mineralizasyonu artarken, aynı zamanda mine yapısındaki mikroporların çapının azaldığı, hidroksiapatit kristallerinin çapının arttığı bildirilmiştir. Buna bağlı olarak da minenin çözünürlüğünde azalma görülmektedir (Ten Bosch ve ark. 2000).

Mine yüzeyinde demineralizasyon ve remineralizasyon reaksiyonları döngüsel olarak devam etmektedir. Sürmekte olan dişlerde minenin çürüğe karşı duyarlılığı en üst seviyededir. Dişlerin erüpsüyonundan sonra geçen süre arttıkça, çürük oluşumu riskinin yavaşladığı bildirilmiştir (Imanishi ve Nishino 1983, Fejerskov ve Thylstrup 1994, Hicks ve ark. 2005).

### 1.1.1 Minenin Kimyasal İçeriği

Mine ağırlık olarak; % 95 inorganik yapı, % 2-3 su ve % 1'den az organik yapıdan (protein ve lipitler) oluşur. Hacimsel olarak ise yaklaşık % 86 inorganik yapı, % 12 su ve % 2 organik yapıdan oluşur (Jansen Van Rensburg 1995, Simmer ve Hu 2001).

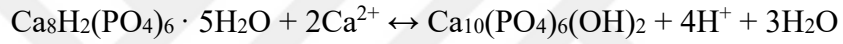
Minenin temel yapısını oluşturan hidroksiapatit kristalleri, kalsiyum iyonu ( $Ca^{+2}$ ), fosfat ( $PO_4^{-3}$ ) ve hidroksil ( $OH^-$ ) gruplarından oluşan moleküllerden meydana gelmektedir (Lazzari 1976, Nanci 2003). Bu iyon gruplarının ağırlığı yaklaşık % 37  $Ca^{+2}$ , % 52  $PO_4^{-3}$  (%18'i P) ve % 3  $OH^-$  olarak sıralanabilir (Axelsson 2004). Ayrıca kristaller % 2 karbonat, % 1 eser elementler (Na, Mg, K, Cl, Zn) ve % 0.01-0.05 florid içerir (Jansen Van Rensburg 1995, Simmer ve Fincham 1995, Fejerskov ve Kidd 2008).

Hidroksiapatit kristalleri, organik matriks ile birbirlerine bağlanmaktadır (Sa ve ark. 2014). Yaklaşık 50 nm çapında, 100 nm uzunluğunda olduğu düşünülen hidroksiapatit kristallerinin sıkıca kenetlenmesi ile mine prizmaları oluşmaktadır (Silverstone ve ark. 1988).

Hidroksiapatit kristalleri, hegzagonal konfigürasyonda yerleşmiştir ve bu yapının merkezinde  $OH^-$  iyonu bulunmaktadır.  $OH^-$  iyonunun çevresine  $Ca^{+2}$  iyonları eşkenar üçgen şeklinde bağlanmaktadır ve aynı çerçevede  $60^\circ$ lik bir kayma açısıyla  $PO_4^{-3}$  iyonları da eşkenar üçgen şeklinde dizilirler. Bu oluşan iç yapıyı  $Ca^{+2}$  iyonları, altıgen şeklinde dıştan sararak çevrelemektedir (Cole ve Eastoe 1988, Robinson ve ark. 1995a).

Oktakalsiyum fosfat, kalsiyum hidroksiapatitin prekürsörü olup, hidroksiapatitin depozisyonu için gerekli yüzeyi sağlar. Oktakalsiyum fosfat ile kalsiyum hidroksiapatitin yüzey özellikleri benzerlik göstermektedir. Farklı olarak oktakalsiyum fosfat, düz plakalar oluşturma eğiliminde iken hidroksiapatit, hegzagonal kristaller oluşturur ve bu sebeple daha stabildir. Ca/P oranı oktakalsiyum fosfatta 1.33, hidroksiapatitte 1.67'dir. Minenin toplam Ca/P oranı ise 1.625'tir (Simmer ve Fincham 1995).

Mine kristalleri iyonların kristal yüzeyine depozisyonu ile büyür. Minede kristallerin büyümesi gerçekleşirken, üç boyutlu büyüme aşamasında ilk basamakta bir birim oktakalsiyum fosfat kristal yüzeyine çöker. Ardından ikinci basamakta oktakalsiyum fosfat, hidrolize olarak hidroksiapatite dönüşür. Bir birim oktakalsiyum fosfat hidrolize olup, 2 birim hidroksiapatit oluşur. Reaksiyon formülü şu şekildedir:



Reaksiyon sırasında, apatit kafesinde tek yönden kontraksiyon gerçekleşir. Eğer, hidroliz basamağı gerçekleşmeden, devamlı olarak ilk basamak olan oktakalsiyum fosfat çökmesi gerçekleşirse, kristalde hidroksiapatitten daha çok oktakalsiyum fosfat şeklinde büyüme olur. F<sup>-</sup> iyonları, oktakalsiyum fosfatın hidrolize olup hidroksiapatite dönüşmesini hızlandırır. Mg iyonları ise inhibe eder (Simmer ve Fincham 1995).

### **İnorganik İçerik**

Ağırlık olarak minedeki mineral miktarı, sekretuar dönemde yaklaşık % 24- % 36 arasında artar. Maturasyon dönemi başladıktan kısa bir süre sonra % 48'e yükselir, proteinlerin büyük bölümü yıkıldıktan sonra % 95-98 değerine ulaşır (Smith 1998).

Mine kristalleri, birçok farklı iyon içermesi sebebiyle saf hidroksiapatit yapısından farklılık gösterir. Apatit kafesi, normalde Ca<sup>+2</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonlarına ait olan bölümlerine farklı iyonların yerleşmesine izin verir. Örneğin; PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> iyonlarının yerine karbonat iyonları ve buna bağlı olarak Ca<sup>+2</sup> yerine Na<sup>+</sup> iyonları geçebilir. OH<sup>-</sup> iyonlarının yerine ise F<sup>-</sup> iyonları geçebilir. Karbonat ve F<sup>-</sup> iyonları

kristal yapısına gömülü haldedir ve apatit kafesinin boyutlarını değiştirir. Sonuç olarak mine apatiti, karbonatlı florohidroksiapatit şeklinde görülebilir. Bu iyonlardan hariç olarak, Mg ve Cl gibi iyonlar da çok az miktarlarda apatit yapısına katılırlar (Fejerskov ve Kidd 2008).

Süt dişlerinin mine yapısı, morfolojik ve kimyasal içerik açısından daimi dişlerden bazı farklılıklar göstermektedir. Daimi dişlerin minesinde inorganik içerik % 98 iken, süt dişlerinde % 92-93'tür. Süt dişi minesinin geriye kalan kısmında ise % 4 organik içerik ve % 3 su bulunur. Süt dişlerinde interprizmatik matriks daha geniş ve organik içerik daha fazladır (Lazzari 1976). Süt dişlerinin yapısındaki karbonat miktarı (% 2.23), daimi dişlere oranla (% 2.15) daha fazladır (Clasen ve Ruyter 1997). Mine yüzeyinden yaklaşık olarak ilk 30 µm derinlikte süt dişlerinin florid konsantrasyonu daimi dişlerden daha az olup, süt dişinin diğer bölgelerindeki florid konsantrasyonu daimi dişlerdeki benzerdir (Lazzari 1976).

### **Kalsiyum ve Fosfat:**

Mine apatitinin yapısına katılan fosfat ( $PO_4^{-3}$ ), minenin gelişim safhalarında asit fosfattan ( $HPO_4^{-2}$ ) gelişmektedir. Mine gelişimi sırasında, sekretuar minenin mineralizasyonu sırasında oluşan en dış tabakanın fosfat miktarı incelendiğinde, yaklaşık % 22 asit fosfat içerdiği, bu miktarın daha derin ve matur tabakalara doğru gidildikçe % 15 ve % 11'e doğru gerilediği görülmüştür. Mine kristallerinin büyümekte olan uçlarında, hidroksiapatit içerisinde fazla miktarda  $HPO_4^{-2}$  bulunmakta olup, daha sonra bunlar  $PO_4^{-3}$ 'e dönüşmektedir (Simmer ve Fincham 1995).

$Ca^{+2}$  ve  $PO_4^{-3}$ 'tan oluşan mineraller karmaşık yapıda olup bu iyonlardan çok sayıda katı fazda kristal oluşabilmektedir. Katı fazdaki bu mineraller: Dikalsiyum fosfat (DCPA), Dikalsiyum fosfat dihidrat - Brushite (DCPD),  $\alpha$ -Trikalsiyum fosfat ( $\alpha$ -TCP),  $\beta$ -Trikalsiyum fosfat ( $\beta$ -TCP), Oktakalsiyum fosfat (OCP), hidroksiapatit ve floroapatit olarak sıralanabilir. Floroapatit hariç olmak üzere, kalsiyum fosfattan oluşan en kararlı ve en düşük çözünürlüğe sahip mineral hidroksiapatittir (Johnsson ve Nancollas 1992, Simmer ve Fincham 1995).

Yapılan in vitro çalışmalarda, mine kalsifikasyonu sırasında,  $Ca^{+2}$  ve  $PO_4^{-3}$ 'ın çözelti içerisindeki konsantrasyonlarına ve ortam pH'ına bağı olarak katı faz minerallerinin kristallerinin çökeldiği görülmüştür (Johnsson ve Nancollas 1992, Simmer ve Fincham 1995). Çalışmalar sonucunda elde edilen bazı minerallerin çökeltme grafiği oluşturulmuştur. Buna göre, çözeltinin konsantrasyonu ve pH'ı herhangi bir kristal eğrisinin üstünde ve sağında ise, o kristal katı halde çökeler. Çözeltinin konsantrasyonu ve pH'ı, herhangi bir kristal eğrisinin altında ise o kristal, çözelti içerisinde çözünür. Ortamın pH'ı 4'ün üstünde iken, en kararlı ve maksimum çökelen kristal tipi hidroksiapatittir (Johnsson ve Nancollas 1992, Simmer ve Fincham 1995).

Doku sıvılarında pH yaklaşık olarak 7.4 olduğundan, doku gelişimi sırasında baskın olarak bulunan kristal hidroksiapatittir. Ancak diş ağız ortamına sürdükten sonra, diyet ve plak etkisi ile pH değişken hale gelir. Ortamın pH'ı çok düşük ise ( $pH < 4$ ), demineralizasyon oluşumunun yanı sıra maturasyonu devam eden minenin kalsifikasyon süreci bozulur ve mine yapısında DCPD (Brushite) minerali saptanabilir. Brushite, bağımsız kristaller halinde çökebilir veya mevcut kristallerin yüzeyini kaplayabilir. Asidik pH'a ek olarak,  $F^-$  veya Mg gibi iyonların ortamda bulunması durumunda, hidroksiapatit yerine floroapatit ya da whitlockite ( $\beta$ -Trikalsiyum fosfat kristallerinden oluşan ve formülü  $Ca_9(MgFe)(PO_4)_6PO_3OH$  olan mineral) gibi kalsiyum fosfat mineralleri çökebilir (Fejerskov ve Kidd 2008).

Apatit kristali, yapısına florid iyonunun katılabildiği tek kalsiyum fosfat kristalidir. Bu sebeple floridin diğer kalsiyum fosfat kristallerinin göreceli olarak kararlılığında önemli etkileri vardır. Örneğin,  $F^-$  iyonu, Brushite ve oktakalsiyum fosfatın apatite dönüşmesini destekler. Bunun yanı sıra asidik koşullar altında Brushite'in oluşması veya Mg mevcutken  $\beta$ -Trikalsiyum fosfatın oluşması durumunda, ortamdaki florid iyonu bu minerallerin florohidroksiapatite dönüşmesine olanak sağlar (Fejerskov ve Kidd 2008).

Sağlam insan dişi minesinin elektron probe mikroanalizi sonucunda, Ca ve P konsantrasyonunun mine-dentin sınırından mine yüzeyine çıkıldıkça hafif bir artış gösterdiği saptanmıştır. Mine prizmalarının, Ca/P oranını çekirdek (kor) bölgesi için 2.07, perifer (kın) bölgesinde 2.16 olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar, Ca, P ve

Ca/P oranının sağlam mineye kıyasla çürük minede daha az olduğunu göstermiştir (Lazzari 1976).

Besic ve ark. (1975), çürüğe dirençli ve çürüğe duyarlı bireylerin dişlerinin minelerindeki 21 elementi karşılaştırmış; minede en yaygın bulunan beş elementten Ca ve P'in çürüğe dirençli bireylerde daha çok bulunduğunu, O, H ve C'un çürüğe duyarlı bireylerde daha fazla bulunduğunu bildirmiştir. Buna ek olarak dişlerin kristal yapısını gösteren X-ışını difraksiyon analizinin sonucuna göre, asite dirençli dişlerin mine kristallerinin, duyarlı olanlara göre iki kat daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

Daimi ve süt dişi minelerinin, enerji dağılımlı x-ışını spektroskopisi (EDS) analiz yöntemi kullanılarak Ca, C, P ve O elementlerinin ağırlık olarak ortalama yüzdelerinin incelendiği çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Arnold ve Gaengler 2007, Sabel ve ark. 2009, de Menezes Oliveira ve ark. 2010, Zamudio-Ortega ve ark. 2014). Arnold ve Gaengler (2007), matur daimi dişlerin mine dokusunda Ca, P ve C elementlerinin yüzde ağırlıklarının sırasıyla  $42.7 \pm 5.1$  Ca,  $19.9 \pm 1.8$  P ve  $10.7 \pm 3.2$  C olduğunu bildirmiştir. Ca/P oranı ise  $2.1 \pm 0.1$  olarak tespit edilmiştir. Sabel ve ark. (2009) ise süt dişlerinin kimyasal kompozisyonunu, mine yüzeyinin 10 µm altından ve mine-dentin sınırının 10 µm üstünden, birbirine paralel ve eşit uzaklıktaki 5 noktadan elementel olarak analiz etmiştir.

EDS analiz yöntemi kullanılarak yapılan diğer bir çalışmada, süt ve daimi molar dişlerin diş yüzeyinde ve mine-dentin sınırındaki Ca ve P'un ortalama kütle yüzdeleri incelenmiştir (de Menezes Oliveira ve ark. 2010). Daimi dişlerin yüzeyinde ortalama kütle olarak % 52.50 Ca, % 21.19 P, mine-dentin sınırında % 56.62 Ca, % 21.11 P; süt dişlerinin yüzeyinde ortalama kütle olarak % 35.11 Ca, % 17.23 P, mine-dentin sınırında % 35.80 Ca, % 17.36 P bulunduğu belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmaya göre, süt dişlerinde, mine tabakası daha ince olup, Ca ve P miktarları daimi dişlerden daha azdır. Bununla beraber, mine-dentin sınırında, süt dişlerinin mine prizmalarının daimi dişlerden daha yoğun olduğu bildirilmiştir. Zamudio-Ortega ve ark. (2014) ise süt keser ve kanin dişlerin minesinde yaptıkları EDS analizi sonucunda Ca, P, C ve O'nin ortalama kütle yüzdelerini sırasıyla  $14.38 \pm 1.96$  Ca,



10.46±1.03 P, 17.29±7.04 C ve 57.18±6.83 O olarak belirtmiştir. Bu çalışmada, Ca/P oranı ise 1.37±0.11 olarak bulunmuştur.

### **Karbonat:**

Karbonat, mine kristallerinin ağırlık olarak % 3-4'ü oluşturur. Karbonat, hidroksiapatit kafesinde amorf bir faz halinde bulunmaktan ziyade, kristal ağı içerisinde iyon değişimi meydana getirerek bileşik yapmış bir halde bulunmaktadır. Mine gelişimi sırasında karbonat iyonlarının % 10-15'i hidroksiapatit yapısındaki OH<sup>-</sup> iyonlarının yerini alır, geriye kalan % 85-90'ı da PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> 'ün yerine geçer. Karbonat iyonu, OH<sup>-</sup> iyonunun yerini aldığı anda, yük dengesinin sağlanabilmesi için Ca<sup>+2</sup> iyonunun yerine de daha düşük değerlikli bir katyon (Ör: Na<sup>+</sup>) geçer veya ikinci OH<sup>-</sup> iyonu bölgesi boş kalır. Karbonat iyonu, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>'ün yerine geçtiğinde ise mutlaka ikinci bir yer değiştirme daha gerçekleşir (Ca<sup>+2</sup> yerine Na<sup>+</sup> geçer.) (Simmer ve Fincham 1995).

Karbonat iyonunun mine kristallerine girişi, mineralizasyon sürecinde hem nicelik hem de niteliksel olarak değişmektedir. Karbonatın toplam miktarı, mine- sement sınırından dış yüzeyine gidildikçe (ağırlıkça) % 3.9'dan % 2.25'e kadar azalır. Mine-sement sınırında karbonatın OH<sup>-</sup> iyonu yerine geçmesi sıklıkla görülürken, mine yüzeyinde neredeyse hiç rastlanmamaktadır. Bu durum bikarbonatın dentinden mineye doğru azalarak diffüze olması ile açıklanabilir. Karbonatın hidroksiapatit kafesine girmesi, apatitin çözünürlüğünü artırır. Minenin dış yüzeyinde karbonat konsantrasyonu yaş ile birlikte azalırken, iç kısmında bir değişiklik gözlenmemektedir. Bu durum, mine formasyonunun bitimine doğru ameloblastik aktivitedeki azalmadan dolayı meydana gelebilir (Simmer ve Fincham 1995).

Asitler karşısında direnci en az olan apatit yapısının karbonattan zengin hidroksiapatit [(Ca)<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>CO<sub>3</sub>] olduğu bilinmektedir. Matur minede, kristallerin kor kısmı, kın bölgesine oranla daha fazla karbonat apatiti içermektedir. Mine kristallerinin çekirdek kısmında karbonat apatitin bulunması asitler karşısında

çekirdeğin periferiyal bölgelere oranla daha kolay çözünmesine neden olmaktadır (Nanci 2003).

Normal mine yapısı ile gelişimi sırasında anomali görülen maturasyonunu tamamlayamamış dişlerin kimyasal yapısı çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Sa ve ark. 2014, Melin ve ark. 2015). Hipomature mine ve normal minenin kimyasal yapısının EDS yöntemi ile analiz edildiği bir çalışmada, Ca ve P elementlerinin miktarlarında istatistiksel olarak fark görülmezken, hipomature minede C oranı anlamlı olarak fazla ve O oranı anlamlı olarak az bulunmuştur (Sa ve ark. 2014). Yapılan önceki çalışmalara benzer olarak Melin ve ark. (2015), molar-kesici hipomineralizasyonu görülen dişlerin minesinde ve normal minenin yapısında bulunan elementleri araştırmıştır. Bu çalışma sonucunda, C elementi hipomineralize minede daha fazla bulunmuştur. Ölçülen C miktarının minenin organik veya inorganik kısımlarından hangisinden köken aldığı bu yöntem ile tespit edilememekle beraber, organik kısımda bulunan proteinlerin karbon içeriği ile daha çok ilişkili olduğu bildirilmiştir. Buna ek olarak, apatit yapısındaki karbonat iyonunun da önemli bir karbon kaynağı olduğu ve Ca ve P'un azalması ile birlikte görülen C artışının hipomineralize minede belirgin bir pöroziteye sebep olduğu rapor edilmiştir.

### **Florid:**

Dişlerdeki florid konsantrasyonu, diş gelişimi sırasında bulunan florid miktarına ve maruz kalma süresine bağlı olarak değişir. Mine ağırlık olarak % 0.01-0.07 arasında değişen, düşük konsantrasyonlarda florid içerir (Schemehorn ve ark. 1999). Minedeki en yüksek florid konsantrasyonu yüzeyinin en dış 10-20 µm kısmında bulunur. Bu derinliğin altına inildiğinde, florid konsantrasyonu aniden düşer ve maturasyonunu tamamlamış dişlerde mine-dentin sınırına kadar olan mine tabakasında yaşam boyu değişmeden sabit kalır. Bununla birlikte, en dıştaki yüzey tabakasında florid konsantrasyonu, sistemik florid kaynakları, terapötik ve topikal ajanlar, tükürük ve diş plağı kaynaklı oral florid difüzyonuna bağlı olarak artabilir (O Mullane ve ark. 2016). Sistemik florid uygulaması ile elde edilen mine yapısındaki florid miktarı, dişin ağza sürmesinden sonra ortamdaki demineralizasyon-

remineralizasyon döngüleri sebebiyle azalır. Bu nedenle, sistemik florid uygulamasının çürük önlemede sınırlı bir rol oynadığı kabul edilmektedir (Huang ve ark. 2010). Bu sebeple düzenli aralıklarla yapılan topikal florid uygulaması mine yüzeyinde koruyucu etkinliği devam ettirmeye yardımcı olur. Minenin yüzey bölgesinde, floridin daha yüksek konsantrasyonda olması, çürük önleyici etkinlik sağlar (Simmer ve Fincham 1995).

Floroapatit,  $F^-$  iyonlarının  $OH^-$  iyonlarının yerine geçmesi ile oluşur. Floroapatit, hidroksiapatitten daha kararlı haldedir ve floridin dış yapısına girmesi ile kristal büyüklüğü ve hacminde artış görülür. Böylece karyojenik ataklar sırasında aside daha dirençli bir yapı ortaya çıkmaktadır (Hicks ve ark. 2005).

### **Organik İçerik**

Salgı evresinde ise mine yapısının % 30'u protein içermektedir. Maturasyonu tamamlanmış minenin organik içeriği, çoğunlukla su (toplam mine ağırlığının % 2-3'ü) ve proteinden (% 1'den daha az) oluşmaktadır. (Berkovitz ve ark. 2002).

Hidroksiapatit kristalleri, komşu kristallerden mikro düzeydeki kristaller arası boşluklarla ayrılmaktadır. Bu boşluklar, su ve organik materyal ile doludur (Fejerskov ve Thylstrup 1994). Minenin organik yapısı, kristallerin birbiri ile bağlanmasına yardımcı olmakla beraber minenin kırılmalara karşı direncini de arttırmaktadır (Nanci 2003).

Ameloblastlar, mine proteinlerini ilk dentin oluşumundan itibaren salgılamaya başlar ve salgı evresi bitene kadar devam ederler. En önemli üç yapı proteini; amelogenin (mine proteininin % 80-90'ı), ameloblastin (% 5-10) ve enamelin (% 1-5)'dir. Bu proteinler, kristallerin boyunun inkremental olarak artışının görüldüğü bölgelere mineralizasyondan önce salgılanırlar. Daha sonra ise organik yapı hidrolize olarak uzaklaşır ve yerini mineraller alır (Simmer ve Hu 2001).

**Amelogenin:**

Amelogenin proteini, sadece mine epitel hücreleri tarafından sentezlenen ve vücuttaki diğer dokuların hiçbirinde benzeri olmayan, özgün bir proteindir (Berkovitz ve ark. 2002). Bu protein, ameloblastların baskın salgı ürünüdür ve kristaller arasındaki boşluklarda bulunur ve onları bir araya getirerek destekler. Böylece mineral büyümesi için bir şablon oluşturur. Mine formasyonunda en fazla bulunan protein tipi olup mine tam kalınlığa eriştiğinde sentezi durur (Simmer ve Hu 2001, Nanci 2003).

Amelogenin proteini, prolin ve glutaminden zengin olup 178 aminoasitten oluşur. Hidrofobik yapıdadır ve agregasyona eğilimlidir. Mine matriksine girdiğinde, dentin ve kemikteki matriks proteinleri gibi ayrık bir apozisyonel bant oluşturmaz, gelişmekte olan tüm mine kalınlığı boyunca dağılır (Berkovitz ve ark. 2002). Çözünürlüğü, sıcaklık, pH ve  $Ca^{2+}$  iyon konsantrasyonuna göre değişmektedir ve bu proteinin çözeltileri fizyolojik koşullar altında jel haline dönüşebilmektedir (Nanci 2003).

Başlangıçta ilk sentezlenen bozulmamış amelogenin, mine kristallerine sıkıca bağlıdır. Bu bağlanmayı sağlayan proteinin C-terminal segmenti, sekresyondan kısa süre sonra proteinazlar tarafından yıkılır. Bunun sonucunda oluşan amelogeninin parçalanma ürünlerinin, mine kristallerine karşı afinitesi düşüktür. Amelogenin aynı zamanda histidin amino asitinden de zengindir ve bu sayede  $H^{+}$  iyon absorpsiyonu fazladır. Böylece mine sıvısını tamponlama kapasitesi sağlar (Simmer ve Hu 2001). Amelogenin fonksiyon bozukluğunda ise, mine prizmalarından yoksun ince hipoplastik bir mine tabakası izlenir (Nanci 2003).

**Ameloblastin:**

Ameloblastin, prolin, lösin ve glisin gibi aminoasitleri içeren bir glikoproteindir. Ameloblastin proteini, amelogeninden çok daha az miktarda olup matriksin yaklaşık % 10'unu oluşturur. Genellikle sekresyon aşamasında yeni gelişmekte olan minede bulunur ve dış yüzeyde mine-dentin birleşimine yakın alanlardan daha fazladır

Ameloblastin, gelişmekte olan mine yüzeyinin ilk 30 mikronunda ve yalnızca mine kılıfı ve prizmalar arası bölgede görülür. Ayrıca molekül ağırlığı, amelogeninden 2.5 kat fazladır (Simmer ve Hu 2001, Nanci 2003, Moradian-Oldak 2012).

Ameloblastin, ameloblastlardan salgıladıktan kısa süre sonra hızla birkaç parçaya bölünür; bir fragmanın kalsiyuma bağlanma özelliği vardır ve bu fragmanın mineralizasyon sürecine katıldığı düşünülmektedir. Ameloblastlar, maturasyon evresi boyunca ameloblastin ekspresyonuna devam ederler. Ancak ameloblastin, matur mine yapısına girmemektedir. Bu protein, ameloblastlara sekresyon aşamasında, gelişmekte olan mine yüzeyine bağlanmada yardımcı olmaktadır. Amelogeninden farklı olarak, ameloblastin kendi kendine veya diğer mine proteinleri ile protein-protein arası oluşan reaksiyonlara girmemektedir. Ameloblastin mutasyonunda ise, terminal farklılaşan ameloblastlar dentinden ayrılır ve mine oluşumu duraksar. Mine organı gerileyerek kistik hale gelir (Nanci 2003).

### **Enamelin:**

Enamelin, en büyük ve mine matriksinde en az bulunan (% 5) proteindir. Mine kristallerine kuvvetli yapışma yeteneğinden dolayı bu isimle adlandırılmaktadır. Molekül ağırlığının üçte biri glikolizasyonlardan gelmektedir (Nanci 2003).

Enamelin ve ameloblastin gibi non-amelogenin mine matriks proteinleri, mine formasyonunda önemli rol oynamaktadır. Bu proteinler hidroksiapatit yapısını oluşturan mine kristallerinin uzamasını katalize ederler. İlk oluşan bozulmamış enamelin, mineralizasyon bölgelerine yayılmamaktadır ve kristallerin uzamasına dahil olmaktadır. Enamelinin parçalanma ürünlerinin çoğu kararsızdır ve mine matriksinde birikim göstermezler. Birikenler ise, mine-dentin sınırından yüzeye kadar prizmatik ve interprizmatik alanda lokalize olurlar ve kılıf alanında nispeten yoksundurlar (Simmer ve Fincham 1995, Simmer ve Hu 2001).

### 1.1.2 Minenin Histolojik Yapısı

Mine yapısı, mine prizmaları (rod), prizma kını ve interprizmatik matriksten (interrod) meydana gelir. Mine prizmaları, 5-6 µm çapında, 2.5 mm boyunda olup, horizontal kesitlerde hegzagonal ve çapraz kesitlerde prizma şeklinde görülür. Mine kristalleri normalde şeffaf bir kristal görünümüne sahiptir ve ışığın içerisinden geçişine izin vermektedirler. İnterprizmatik matriks ise, organik materyalden zengindir ve her bir prizmayı çevresinden sarar (Nanci 2003).

Horizontal kesitler, ışık mikroskobu ile incelendiğinde çoğunlukla altıgen şeklinde görülmekte iken, kimi zaman da yuvarlak veya oval şekilde görülebilmektedir. İnsan dişi minesinde her üç tipe de rastlanabilmektedir; ancak daha sıklıkla anahtar deliği görünümü izlenir (Berkovitz ve ark. 2002, Nanci 2003, Hicks ve ark. 2004). Anahtar deliği şekli, prizmanın baş ve kuyruk kısımlarından oluşan görünüm olarak tarif edilir. Baş kısmı tüberkül tepesine, ince olan kuyruk kısmı dişin apikaline doğru hizalanacak biçimde pozisyonlanır. Anahtar deliği şeklinde kenetlenen mine prizmaları, baş ve kuyruk kısımlarında farklı dizilime sahip hidroksiapatit kristalleri içerir. Prizma kını, mine prizması ve interprizmatik matriks arasında kalan ve organik materyal içeren dar bir boşluktur. Prizma sınırındaki kristaller merkezdekilere kıyasla 40-60 derece eğimli olduğundan, sınır bölgelerinde optik değişimler görülür (Bhaskar 1990, Berkovitz ve ark. 2002, Piesco ve Simmelink 2002).

Mine prizmalarının seyri, tüm mine kalınlığı boyunca dalgalı ve spiral şekildedir. Prizmalar, mine-dentin birleşiminden başlayarak minenin üçte birinde kıvrımlı şekilde ilerler ve daha sonra minenin kalan üçte ikisinde daha düz bir doğrultu izlerler. Prizmalar, servikal bölgelerde yaklaşık olarak dişin uzun aksına dik sonlanırken, tüberkül bölgelerinde daha eğimli sonlanır. Prizmaların eğimi, süt ve daimi dişlerde farklılık gösterir. Mine prizmaları, süt dişlerinde kronun orta ve servikal bölgelerinde, daimi dişlerde ise kronun okluzal 2/3 bölgesinde dişin uzun aksına dik konumlanırlar (Piesco ve Simmelink 2002, Theodore ve ark. 2006).

Mine-dentin sınırından başlayıp kesintiye uğramadan yüzeye doğru seyreden prizmalar, dişin en dış yüzeyinde aprizmatik tabaka ile son bulur. Bu tabaka altında

bulunan prizmatik mine tabakasından daha fazla mineralizedir. Ayrıca, prizma içermeyen bu aprizmatik tabaka, yaklaşık 20-40 mikron kalınlığında olup süt dişlerinde daimi dişlerden daha kalındır (Bhaskar 1990, Piesco ve Simmelink 2002).

Mine boğumları; prizmaların tüberkül tepeleri ve insizal kenarlarda sonlandığı alanlarda düzensiz demetler halinde birbirlerine dolaşması ile oluşan mine yapısıdır. Oluşan bu yapı çiğneme fonksiyonu sırasında mineye direnç sağlar (Bhaskar 1990).

Hunter-Schreger çizgileri; mine prizmalarının seyir yönünün değişmesi ile oluşan, longitudinal kesitlerde oblik ışık altında farklı kalınlıklarda görülen açık ve koyu bantlardır. Prizmaların seyir yönünde değişiklik olması fonksiyonel bir adaptasyon olup, okluzal çiğneme kuvvetleri etkisi ile aksiyel yönde yarıma oluşma riskini en aza indirir. Mine-dentin sınırından başlayarak, mine dış yüzeyine kadar uzanır. Bazı araştırmacılar, bu çizgilerin optik bir görüntüden ibaret olmadığını, minenin çeşitli bölgelerinin kalsifikasyonundan kaynaklandığını ve bantlar arasında çözünürlük ve organik materyal içeriği açısından düşük seviyede farklılık olduğunu öne sürmüştür (Bhaskar 1990).

Retzius çizgileri; inkramental çizgiler olup longitudinal kesitlerde servikal bölgeden başlayarak insizal yönde mine yüzeyine doğru oblik biçimde uzanırlar. Ameloblastların sekresyon evresinde, ağaç halkaları gibi iç içe tabakalar meydana gelir. Büyüme çizgileri olan Retzius çizgileri, kron formasyonu evresinde minenin periyodik apozisyonu sonucu ortaya çıkarlar. Horizontal kesitlerde birbirine paralel halkalar şeklinde izlenirler. Kron boyutsal olarak büyüdükçe, yeni hücre toplulukları bu boyut artışını telafi etmek için dişin servikaline eklenmektedir. Süt dişi minesinde apozisyon doğumdan önce ve sonra olmak üzere iki aşamada gerçekleşir. Neonatal çizgi; doğum sırasında hormonal ve beslenme değişikliklerine bağlı olarak oluşan geniş bir Retzius çizgisidir (Bhaskar 1990, Nanci 2003).

Perikimata; dalga şeklinde transvers oluklar olup Retzius çizgilerinin dış yüzeydeki sonlanım noktalarından oluşur. Diş yüzeyi boyunca devamlılık gösterir ve oluklar mine-dentin sınırına kadar birbirlerine paralel izlenir. Mine-sement sınır bölgesinde her milimetrede 30 perikimata bulunmaktadır ve okluzal/insizal kenara

gidildikçe yoğunluğu 10 perikimataya düşer. Genellikle düzgün sıralanırlar, ancak bazen servikal bölgede oldukça düzensiz hale gelebilirler (Bhaskar 1990).

Mine lamelleri; ince yaprak benzeri yapılar olup mineden mine-dentin sınırına doğru uzanırlar. Bazen dentine kadar ilerler ve penetre olabilirler. Mine lamelleri, organik materyalden zengindir ve az miktarda mineral içerirler. Lameller, gerilim olan düzlemlerde oluşurlar. Prizmalar gerilime uğradığında prizmanın küçük bir parçası tamamen kalsifiye olamaz ve lameller oluşur. Eğer bozukluk artarsa, çatlaklar meydana gelir. Mine çatlağı dişin erüpsüyondan önce meydana gelirse çevresel dokularla, erüpsüyondan sonra meydana gelirse oral kavitedeki organik materyallerle dolar. Lameller ve çatlaklar, diş yapısını zayıflatır, bakterilerin girişi ve çürük oluşumu için yol oluştururlar (Bhaskar 1990).

Mine tuğları; mine-dentin sınırından başlayarak mineye doğru uzanırlar ve minenin 1/5 veya 1/3 kalınlığına kadar ilerlerler. Enine kesitlerde çimensi kümelere benzerler. Mine tuğları, hipokalsifiye mine prizmalarından ve interprizmatik matriksten oluşur. Lamellere benzer olarak dişin uzun aksı boyunca uzanırlar. Tuğların oluşumu ve gelişimi, mine yapısındaki değişken koşullara bağlıdır (Bhaskar 1990).

Mine kütikülü; Nazmit membranı olarak da adlandırılan ince, narin bir membrandır. Yeni süren dişlerde kronun tüm mine yüzeyini kaplayan ve çiğneme ile uzaklaşan bir zardır. Nazmit membranı, mine formasyonu tamamlandığında ameloblastlar tarafından sentezlenen bir bazal laminadan oluşur (Bhaskar 1990).

Süt dişlerinin histolojik olarak daimi dişlerden temel farkı, daha ince ve daha az mineralize bir mine tabakasına sahip olmasıdır (Mortimer 1970). Süt dişlerinin mineralizasyonu gebeliğin üçüncü ayında başlar ve doğumdan sonra postnatal yaklaşık 12. ayda tamamlanır (Rythén ve ark. 2010). Süt dişi kronunun ortalama gelişim süresi 6-14 ay iken, daimi diş kronunun gelişimi 3-4 yıl devam eder; bu sebeple süt dişi minesinin kalınlığı, daimi dişten daha incedir (de Menezes Oliveira ve ark. 2010).

Buna ek olarak süt dişlerinde, daimi dişlerden daha kalın ve uniform bir aprizmatik mine tabakası bulunmaktadır (de Menezes Oliveira ve ark. 2010). Süt



dişlerinde aprizmatik mine tabakası, yaklaşık olarak 15 µm kalınlığında olup en yoğun servikal bölgede görülür (Hosoya 1994). Daimi dişlerde ise bu tabaka daha sıklıkla aşınmanın az olduğu servikal ve proksimal bölgelerde izlenir. Aprizmatik tabakanın süt dişi minesinde daha kalın olması, mineye bağlanma kuvvetinin de azalmasına neden olmaktadır (Pashley ve Tay 2001).

Mine prizmaları süt dişlerinin servikal bölgesinde dişin uzun aksına dik olarak uzanırken, daimi dişlerde apikale doğru geniş açıyla sonlanır. Bununla birlikte prizmalar, hem daimi hem de süt dişlerinde tüberkül tepelerinde çiğneme yüzeyiyle dik açı yapmaktadır (Bhaskar 1990).

### **1.1.3 Minenin Demineralizasyonu ve Remineralizasyonu**

Ağız ortamında, fizyolojik koşullarda mine yüzeyi ile plak ve tükürük sıvısı arasında, gün boyunca devam eden sürekli bir iyon değişimi gerçekleşmektedir. Minede hücresel düzeyde bir tamir mekanizması bulunmadığından, çürüğün başlama ve ilerlemesi diş ve pelikül/plak arasındaki fizikokimyasal olaylarla şekillenir (Axelsson 2000). Çürük; diş yüzeyi ile plak sıvısı arasındaki demineralizasyon-remineralizasyon döngüsünün, demineralizasyon lehinde bozulması sonucunda, diş yüzeyinden mineral kaybına neden olan dinamik bir olay olarak tanımlanır (Jansen Van Rensburg 1995). Çürük oluşumu; dental biyofilm içerisindeki, mikroorganizmalar tarafından oluşturulan asitlerin, mine yüzeyine veya içerisine difüzyonu ile gerçekleşir.

Başlangıç mine çürüğü, yüzeyde 20-50 µm kalınlığında iyi mineralize olmuş mine tabakasının mevcut olduğu ve yüzey altında % 30-50 mineral kaybı görülen çürük lezyonudur (Fejerskov ve Kidd 2008). Çürüğün mekanizması, asidojenik plak bakterilerinin, diyetle alınan karbonhidratları fermente ederek organik asit üretmesine ve bu asitlerin mineye difüzyonu ile kristallerin çözünmesine dayanmaktadır. Minenin demineralizasyonu ile  $Ca^{+2}$  ve  $PO_4^{-3}$  iyonları diş yüzeyinden uzaklaşırken; remineralizasyonda bu iyonlar diş yüzeyine tekrar çökelir ve başlangıç

çürük lezyonunun yüzeyini kaplar. Demineralizasyon ve remineralizasyon arasındaki dengeye göre kaviteasyon ya da tamir süreci gerçekleşir (Featherstone 2004).

Başlangıç mine lezyonunda dört tabaka izlenir; Saydam tabaka, karanlık tabaka, lezyon gövdesi, yüzey tabakası. Saydam tabaka, lezyonun ilerleyen kısmında görülen ve sağlam mineden (% 0.1) daha poröz yapıda olan (% 1) tabakadır. Karanlık tabaka, saydam tabakanın yüzeyindeki ve daha fazla pora sahip (% 2-4) tabakadır. Lezyon gövdesinde minenin porözitesi çok artar (% 25). Yüzey tabakası ise derin tabakalardan daha az demineralize olduğundan, por hacmi % 1'in altına düşer (Jacobsen 2008).

### **Mine Demineralizasyonu**

Nötr pH'da tükürük ve ağız sıvıları  $Ca^{+2}$ ,  $PO_4^{-3}$  ve  $F^-$  iyonlarına aşırı doygundur. Ortam pH'ı düştüğü zaman, tükürük ve plak sıvısının hidroksiapatite doygunluğu azalır ve kritik pH'ta aşırı doygunluk durumu, doygunluk haline dönüşür (Fejerskov ve Kidd 2008). Kritik pH değeri; plak sıvısının  $Ca^{+2}$  ve  $PO_4^{-3}$  iyonları açısından doymamış olduğu koşullarda, minede çözünmenin başladığı, ortalama olarak 5.2-5.5 olarak kabul edilen pH değeridir (Fosdick ve Starke Jr 1939). Bu değer sabit olmayıp, ortamdaki; asit tipi, F konsantrasyonu,  $Ca^{+2}$  ve  $PO_4^{-3}$  iyonları ve minerallerin çözünürlük özelliklerine göre değişebilmektedir. Kritik pH'ın altına düşüldüğünde, ağız içi sıvılar  $Ca^{+2}$  ve  $PO_4^{-3}$ 'a doymamış hale gelir. Bu koşullar altında dahi plak sıvısı F'a aşırı doygun haldedir; bunun sebebi floropatitin, hidroksiapatitten daha az çözünür olmasıdır (Fejerskov ve Kidd 2008).

Kritik pH'ın altında, demineralizasyon gerçekleşir ve çürük lezyonları meydana gelir. Demineralizasyonun mekanizması ise şu şekildedir: Plak bakterilerinin ürettiği organik asitlerden ayrılan  $H^+$  iyonları, plak pH'ını düşürerek ortamdaki  $OH^-$  konsantrasyonunu azaltır. Buna ek olarak  $H^+$  iyonları, plaktaki  $PO_4^{-3}$  iyonları ile de reaksiyona girerek asit fosfat oluşturur ve ortamdaki  $PO_4^{-3}$  iyonunun konsantrasyonu düşer. Bu sebeplerle yüzeydeki iyon dengesini sağlayabilmek için dişin yüzeyinden  $PO_4^{-3}$  ve  $OH^-$  iyonları çözünür. Nötralizasyonun sağlanması amacıyla gerçekleşen bu olaylar, diş yapısındaki minerallerin çözünmesi ve

demineralizasyon ile sonuçlanır (Axelsson 2000, Dawes 2003). pH ne kadar çok düşerse ve plak sıvısı hidroksiapatite ne kadar az doymuş hale gelirse, mine apatiti o kadar fazla çözünür.

Plak sıvısının floroapatite aşırı doymuş olması, mine yüzey tabakasının bütünlüğünü korumasını sağlar. Yüzey altında hidroksiapatit çözünürken, mine yüzeyinde florohidroksiapatit oluşur. Floroapatite doymuşluk arttıkça, daha kalın ve daha az demineralize yüzey tabakası oluşur. Böylece, kaybolan hidroksiapatitin yerini zamanla florohidroksiapatit alır. Ancak önemli bir diğer konu ise, yüzey altı tabakada florid konsantrasyonunda artış olmamasıdır. Yüzey sağlam kaldığı ve yeterli mineral konsantrasyonu mevcut olduğu sürece, florid lezyon gövdesine doğru difüze olamamaktadır. Florohidroksiapatitten zengin bu yüzey tabakası, lezyon gövdesinin daha fazla çözünmesini engelleyici bir bariyer görevi görür. Bu sebeple mine yüzeyi sağlam olmasına rağmen, alt tabakalarda dentinde ilerleyen çürüğe rastlanabilir. Sağlam yüzeyi olan lezyonların gövdesi, plak pH'ındaki artış ve düşüşlerden minimal düzeyde etkilenmektedir. Bunun aksine yüzeyi kırılarak kaybedilmiş lezyonlar pH'ın düşmesinden fazlaca etkilenir (Fejerskov ve Kidd 2008).

### **Mine Remineralizasyonu**

Kısmi olarak demineralize olmuş apatit kristalleri, apatite aşırı doymuş çözeltilere maruz kaldığında orijinal boyutlarına kadar geri büyüme eğilimindedir ve bu reaksiyonlar remineralizasyon olarak adlandırılır.

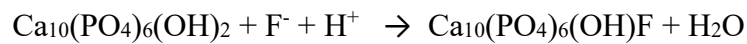
Tükürüğün pH'ının nötr olduğu, yeterli  $Ca^{+2}$  ve  $PO_4^{-3}$  iyonu içerdiği durumda demineralizasyon reaksiyonunun yönü tersine döner. Plak pH'ı nötr hale geldiğinde mineden çözünen mineraller nedeniyle plak ve tükürük, apatit kristallerine oranla daha doymuş hale gelir. Apatit kristallerinin çözünmesi, tükürüğün içeriğindeki  $Ca^{+2}$  ve  $PO_4^{-3}$  iyonlarının tamponlama kapasitesi sayesinde inhibe olur. Böylece çözünen mineraller yeniden çökelmeye başlar ve remineralizasyon gerçekleşir (Srivastava 2011).

Çürük lezyonlarındaki demineralize kristallerde, plak bulunmayan mine yüzeyinde önemli ölçüde remineralizasyon izlenir. Ancak lezyon gövdesinde yeterli doygunluk elde edilemediği için remineralizasyon gerçekleşemez. Sonuçta lezyon yüzeyi, altında bulunan lezyonun gövdesini demineralizasyondan korurken, remineralizasyonuna da engel olur (Fejerskov ve Kidd 2008).

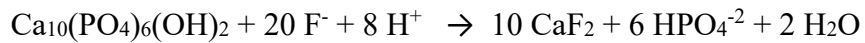
Sağlam yüzeyin kaybedildiği ve lezyonun pürüzlü tabakalarında plak oluşumu kontrol altında alınabildiği nadir durumlarda, tükürükteki  $Ca^{+2}$ ,  $PO_4^{-3}$  ve  $F^-$  lezyona geçebilir. Ancak bu durum, aynı zamanda karyojenik asitlerin de lezyona kolayca geçişine izin vermektedir ve bunun sonucunda demineralizasyon hızı da artabilir. Bu sebeple, remineralizasyonu arttırmak için mine yüzeyinin uzaklaştırılması önerilen bir uygulama değildir (Fejerskov ve Kidd 2008).

#### 1.1.4 Floridin Mine Demineralizasyonu ve Remineralizasyonuna Etkisi

$F^-$  iyonu, florohidroksiapatit olarak mine yapısına katılabilir veya kalsiyum florid ( $CaF_2$ ) olarak mine yüzeyine çökebilir. Fizyolojik koşullarda, mineralizasyon aşamasında florid alımı sonucu ve mineralizasyon tamamlandıktan sonra minenin düşük florid konsantrasyonuna (50 ppm'den az) sahip asidik ortama maruz kalması sonucu florohidroksiapatit oluşur. Sentez reaksiyonu ise şu şekildedir:



Ortamın florid konsantrasyonu 100 ppm'in üstünde ise  $CaF_2$  oluşumu gerçekleşir.  $CaF_2$ , dişlere florid içeren diş macunu veya topikal florid uygulandığında meydana gelir. Ortamın pH'ı düştüğünde, diştten çözünen  $Ca^{+2}$ ,  $CaF_2$  oluşumu için kaynak sağlar. Bu nedenle Asidüle Fosfat Florid (APF) jel uygulamasında, % 2 florid içeren nötral sodyum florid ( $NaF$ ) uygulamasına kıyasla daha fazla  $CaF_2$  çökelir (Fejerskov ve Kidd 2008).  $CaF_2$  oluşumu sırasında gerçekleşen reaksiyon ise şu şekildedir:



CaF<sub>2</sub> yüzeye dağılmış küresel formda globüller halinde izlenir. Globüller fosfat ve proteinden zengin bir tabakayla çevrili halde bulunur. Yüzeye çökelen CaF<sub>2</sub>, F<sup>-</sup> iyonu için geçici bir depo görevi görür. Aktif F<sup>-</sup> iyonu kademeli olarak salınır ve çürük oluşumuna karşı koruyucu etki sağlar (Fejerskov ve Kidd 2008). Ağız içinde ortaya çıkan asitler, minedeki kristaller arasına penetre olurken, CaF<sub>2</sub>'ten çözünen F<sup>-</sup> iyonu bu asit atağını geciktirir ya da inhibe eder (Fejerskov ve Kidd 2008). Ortamın pH'ının düşmesi sonucunda, CaF<sub>2</sub>'in etrafındaki protein tabaka kalkar. CaF<sub>2</sub> yavaş yavaş çözünerek tükürük ve plağın Ca<sup>+2</sup> seviyesini artırır. Bu sayede demineralizasyon engellenirken, remineralizasyon da artmaktadır (Øgaard 1999).

Salınan F<sup>-</sup> iyonunun çürük inhibe edici etkisi, ortamın florid konsantrasyonu arttırılabildiği sürece devam eder. Bu durum ancak, yüzeyde uygun miktarda çözünebilir bir florid formu mevcutsa mümkündür. Fakat bakteriyel asit atağı çok şiddetliyse, floridin bu atağı tamamen engellemesi mümkün değildir. Bununla beraber ağız sıvıları kalsiyum floride doymun halde olmadığı için, kalsiyum florid ağız içinde uzun süre kararlı halde kalamaz. Belirli bir süre sonra mine yüzeyinden tamamen yok olarak çözünür (Axelsson 2004, Fejerskov ve Kidd 2008).

Floridli ürünler olan diş macunu, ağız gargarası ve jel/cila gibi profesyonel topikal florid uygulamalarının çürüğü % 30-70 oranında azalttığı bilinmektedir (Featherstone 2004). Florid jeller, hekimlerin profesyonel uygulamasına uygun olup, yüksek viskoziteli topikal florid preparatlarıdır. Jellerin florid konsantrasyonu 5,000-12,300 ppm arasında değişmektedir. Düşük pH'a sahip olan tipi asidüle fosfat florür (APF) olarak adlandırılmaktadır (12,300 ppm F). Florid jellerin çocuklarda süt ve daimi dişlerin çürüğe karşı korunmasında etkili olduğu bilinmektedir (Marinho ve ark. 2002); fakat düşük çürük riskli çocuklarda florid jellerin ek bir faydası olmayabilir (O Mullane ve ark. 2016). Profesyonel topikal jel uygulama süresi 4 dakikadır ve uygulama sıklığı çürük riskine bağlı olarak yılda 4 kez tekrarlanabilir. Florid jelin fazlasının yutulma ihtimaline karşı 6 yaş altındaki çocuklarda önerilmemektedir (European Academy of Paediatric Dentistry 2009, Weyant ve ark. 2013).

Florid cila floridin diř yzeyine temas szuresini arttırmak zere geliştirilmiş, dűřuk veya yzkek viskoziteli tipleri olan, 1,000-56,300 ppm aralığında yzkek konsantrasyonda florid iğeren profesyonel topikal florid preparatlarıdır. % 5 florid iğerikli sodyum florid (NaF) sık kullanılan bir cila formudur (22,600 ppm F). Yapılan son yayınlarda floridli cilaların yılda 2-4 arasında uygulanması sonucunda ęocuklarda ęuruk oluşumunu daimi dişlerde % 43 ve szt dişlerinde % 37 oranda azalttığı belirtilmiştir (Marinho ve ark. 2002). Cila uygulanmasının hızlı ve kolay olması nedeniyle kűçük ve kooperasyon sağlanamayan ęocuklarda kullanılması znerilmektedir (Poulsen 2009, Carvalho ve ark. 2010). Cilaların florid konsantrasyonu ęok yzkek olmasına rağmen, kontrollű biğimde uygulanabilir ve her bir diř yzeyine dikkatlice tatbik edilebilir. Optimum uygulama sıklığı kesin olmamakla birlikte, biręok ęalıřmada yılda 1-4 kez tekrarlandığı bildirilmiştir (O Mullane ve ark. 2016).

## **1.2 Lazerlerin Mine Dokusunda Kullanımı**

Diř hekimliği alanında, en sık kullanılan yzkek yoğunluklu lazer sistemleri, Nd:YAG (1064 nm), Argon (488 nm), Er:YAG (2940 nm), Er,Cr:YSGG (2780 nm), diyot (810 nm) ve CO<sub>2</sub> (9300 nm, 9600 nm, 10600 nm) lazerlerdir (Zezell ve Ana 2015). ęocuk diř hekimliğinde, bu lazerler, szt ve daimi dişlerde diř ęurűęünün tanısı, znenmesi ve uzaklaştırılmasında, kavite preparasyonunda, minenin pűrzlendirilmesinde, beyazlatma tedavisinde ve ęuruk oluşumunun engellenmesi gibi mine yzzeyindeki uygulamalarda kullanılmaktadır (Parkins 2000).

Diř sert dokularında kullanılan yzkek yoğunluklu lazerler, fototermal ve fotomekanik etki oluşturarak etki ederler (Seka ve ark. 1996). Klinik uygulamalarda lazerlerle mekanik ve/veya termal etki sağlanabilmesi ięin, lazer parametrelerinin, mine ve dentin yzzeylerinde belirgin sıcaklık artışı ve pulpa/ęevre dokulara sınırlı yan etki oluşturacak dozlarda uygulanması gerekir (Ana ve ark. 2007). Sıcaklık artışı, mine ve dentinin iğeriği ve mekanik zelliklerinde değişime sebep olur. Bu değişimden yararlanılarak ęurukten korunma, yzzey pűrzlendirmesi gibi klinik uygulamalar geręekleřtirilir (Zezell ve Ana 2015).

Lazerlerin sert dokularla etkileşim mekanizması, hidroksiapatit kristalinin merkezinde ve interkristalin boşluklarda bulunan hidroksil gruplarının; ışınım sonucunda absorbe ettikleri enerji ile ısınarak, hızla buharlaşmaya çalışması temeline dayanmaktadır. Bu buharlaşma sırasında su molekülü, hacimsel olarak ekspansiyona uğrar ve kristal yapıda mikro patlamalara sebep olur. Bu patlamalar sonucunda ise kristalin dayanıklılığı bozularak “Dental Ablazyon” (bağların kopması yoluyla doku kaybı) meydana gelir (Coluzzi 2004, Van As 2004). Termal ablazyon olarak da adlandırılan bu mekanizma ile diş sert dokuları kesilerek uzaklaştırılabilir (Zezell ve Ana 2015). Ablazyon olayının gerçekleştiği yüzey sıcaklığı, uygulanan lazerin dalga boyuna göre değişmektedir. Ablazyonda yüzey sıcaklığı Er:YAG lazerde 300°C, Er,Cr:YSGG lazerde 800°C ve CO<sub>2</sub> lazerde 1000°C'ye ulaşır (Zezell ve Ana 2015). Diş sert dokularının erimeye başladığı sıcaklık ise yaklaşık 1200°C olup, bu sıcaklık ablazyon eşik değer sıcaklığının üstündedir (Fowler ve Kuroda 1986). Apel ve ark. (2002b), ablazyon eşik değerinin Er:YAG lazerde 9-11 J/cm<sup>2</sup>, Er,Cr:YSGG lazerde 10-14 J/cm<sup>2</sup> olduğunu bildirmiştir.

### 1.2.1 Çürük Tanısı

Çürüğün klinik teşhisinde, geleneksel olarak gözle muayene, sondla muayene ve bitewing radyografi yöntemleri kullanılmaktadır. Ara yüz çürüklerinde ve kavitasyonsuz okluzal çürüklerin teşhisinde gözle muayenenin yetersiz kalması, sond kullanımının minenin kırılarak remineralizasyon şansının ortadan kalkmasına ve çürük bakterilerinin daha derine ilerlemesine sebep olması riski ve okluzal çürüğün teşhisinde bite-wing radyografilerin yetersizliği sebebiyle yeni yöntem arayışları gündeme gelmiştir (Verdonschot ve ark. 1992, Lussi 1993). Bu amaçla çürük teşhisi için Diagnodent ve Diagnocam (Kavo, ABD) gibi lazer cihazları geliştirilmiştir.

Diagnodent, en yaygın kullanılan lazer floresans çürük teşhis cihazıdır. Çalışma prensibi, 655 nm'lik diyot lazer ışığının uygulanması ile dişin mineral yapısı tarafından emilen floresansın miktarını ölçmeye dayanmaktadır (Najeeb ve ark. 2015). Cihaz, sağlıklı/çürük mine ve dentinin farklı floresan özellikleri olmasından faydalanarak diş çürüğünü 0-99 arası bir skalada sınıflandırmaktadır. Yapılan

çalışmalarda lazer kullanımı ile yapılan çürük teşhisi yönteminin yeterliliği ve ölçüm sonuçlarına etki eden faktörler incelenmiştir. Shi ve ark. (2000), okluzal çürüklerin teşhisinde Diagnodent'in radyograflardan belirgin olarak daha etkili olduğunu ve ölçüm sonuçlarının diş yüzeyindeki birikintiler, plak, diştaşı gibi faktörlerden etkilendiğini belirtmiştir. Diagnodent cihazın, yüzeyin rengi ve ıslaklığından da etkilenir (Başeren ve Gokalp 2003, Bader ve Shugars 2004). Buna ek olarak cihazın tek başına kullanımında yanlış pozitif yanıt verme ihtimalinin yüksek olduğunu, radyografik teşhis yöntemleri ile birlikte kullanılabileceğini savunan araştırmacılar da mevcuttur (Lussi ve ark. 2001, Bader ve Shugars 2004). Gomez ve ark. (2013) yaptıkları derlemede, Diagnodent skorlarının eşik değeri, doğrulama yöntemleri ve elde edilen sonuçlarında geniş bir çeşitlilik olduğunu tespit etmiştir. Genel olarak, Diagnodent'in aproksimal yüzeylere kıyasla düz yüzey ve okluzal çürüklerin teşhisinde daha başarılı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca daimi dişlerde, süt dişlerinden daha iyi bulgu verdiği gösterilmiştir.

### **1.2.2 Yüzey Pürüzlendirmesi**

Diş dokusu ile rezin restorasyonlar arasında güçlü bir bağlanma sağlanabilmesi için mine ve dentinin pürüzlendirilerek karakteristik bir yüzey oluşturulması gerekmektedir (Najeeb ve ark. 2015). Konvansiyonel yöntem olan % 37'lik fosforik asit uygulaması, mikroskobik olarak minede prizma ve sınırlarının izlendiği homojen bir yapı oluşturur. Lazer uygulaması sonrası ise mine yüzey morfolojisi, mikro patlamalara bağlı olarak, farklı büyüklükte ve derinlikte yüzey şekillerinin olduğu düzensiz ve pürüzlü bir görünüm verir (Hobson ve ark. 2002).

Yapılan bazı çalışmalarda Nd:YAG lazer ile pürüzlendirmenin, konvansiyonel asitle pürüzlendirme yöntemlerine benzer sonuçlar verdiği görülmüştür (Von Fraunhofer ve ark. 1993). Bunun yanı sıra yapılan bir çalışmaya göre, Er:YAG lazer ile pürüzlendirmede, fosforik asit pürüzlendirmesinden daha iyi retansiyon ve ortalama olarak daha düşük makaslama bağlanma dayanımı elde edilebileceğini savunulmaktadır (Attrill ve ark. 2000). Ancak literatürde, Erbiyum lazerle elde edilen yüzeydeki aşırı düzensizliğin ve fissürleşmenin, mikromekanik



retansiyonu etkileyeceğini ve adezyon açısından dezavantajlı olduğunu belirten araştırmalar da yer almaktadır (Martínez-Insua ve ark. 2000, Gonçalves ve ark. 2003). Bunların yanı sıra, Er:YAG lazer ve asitle pürüzlendirme işleminin bir arada uygulanması da değerlendirilmiştir. Er:YAG lazer uygulamasını takiben yapılacak asitle pürüzlendirme işlemi sonunda, diş ile rezin arasındaki bağlanmanın arttığı ve tek başına yapılan asit pürüzlendirmesi işlemine kıyasla daha yüksek bağlanma kuvveti değerlerine ulaşıldığı bildirilmiştir (Sasaki ve ark. 2008, Svizero ve ark. 2010, Ansari ve ark. 2012).

Youssef ve ark. (2006), fissür örtücü uygulamalarında lazer kullanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, premolar dişlere invaziv fissür örtücü uygulamasında lazer+asit, yüksek hızda dönen el aleti+asit yöntemleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığını bildirmiştir. En fazla mikrosızıntı ise Er:YAG lazer uygulamasında görülmüştür. Buna benzer olarak Moshonov ve ark. (2005) Er:YAG lazer ve geleneksel asitle pürüzlendirme yöntemleri arasında fark olmadığını ve lazer yöntemin etkili olabileceğini bildirmiştir. Er,Cr:YSGG lazer ile yapılan çalışmalardan birinde ise, süt dişlerinin okluzal yüzeyinde lazer pürüzlendirme yapılarak pit ve fissür örtücülerdeki mikrosızıntı değerlendirilmiştir. Bu inceleme sonucunda mikrosızıntının Er,Cr:YSGG lazer ve asitle pürüzlendirmede eşdeğer olduğu ve lazer yönteminin asitle pürüzlendirme yerine kullanılabilirliği vurgulanmıştır (Cehreli ve ark. 2006).

Mine yüzeyine CO<sub>2</sub> lazer uygulamasının, diş dokusu ile rezin restorasyonlar arasındaki bağlanma kuvvetine etkisi az sayıda çalışmada incelenmiştir. Walsh ve ark. (1994)'nın yaptığı çalışmada, daimi dişlerde, CO<sub>2</sub> lazer pürüzlendirmesinin farklı parametrelerini ortofosforik asit pürüzlendirmesi ile karşılaştırmıştır. Buna göre, en yüksek bağlanma kuvvetinin 23.8 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğundaki CO<sub>2</sub> lazer pürüzlendirmesi ile elde edildiğini saptamıştır. Whitters ve Strang (2000)'a göre, bağlanma güçleri açısından, CO<sub>2</sub> lazer ve asitle pürüzlendirme kombinasyonu ile, Er:YAG lazer ve konvansiyonel asitle pürüzlendirme yöntemleri arasında anlamlı bir fark yoktur. Ortodontik braketleme öncesi, pürüzlendirme amacıyla CO<sub>2</sub> lazer ve Nd:YAG lazerin kullanıldığı üç aşamalı bir in vitro çalışmada; CO<sub>2</sub> lazer uygulanan

grubun bağlanma kuvveti, Nd:YAG lazer ve konvansiyonel asitle pürüzlendirme yöntemine göre istatistiksel olarak düşük bulunmuştur (Fuhrmann ve ark. 2001).

### 1.2.3 Çürüğün Uzaklaştırılması ve Kavite Preparasyonu

Geleneksel yöntemlerle yapılan kavite preparasyonu ve çürüğün uzaklaştırılması sırasında, döner alet kullanımındaki basınç, titreşim, ses gibi etkiler çocuk hastaları ve dental anksiyetesi olan yetişkin hastaları olumsuz etkileyebilmektedir. Lazerle yapılan tedavilerde bu olumsuz etkiler sonucu oluşabilecek korku, endişe ve ağrı hissi elimine edilebilmektedir (Uysal ve Güler 2012).

Er:YAG lazerin çürük uzaklaştırılması ve kavite preparasyonunda etkin olarak kullanılabilirliği, 1997 yılında FDA tarafından onaylanmıştır. Buna göre, bu işlemler sırasında, pulpa canlılığının azalmadığı, uygulama alanı dışındaki yüzey morfolojisinin değişmediği, kontrol grubuna kıyasla lazer uygulanan dişlerde yapısal farklılık oluşmadığı bildirilmiştir. Lazer uygulanan yüzeylerde smear tabakasının olmadığı ve lazerle çürük uzaklaştırılması yöntemiyle, restore edilecek diş yüzeylerinin steril edilebildiği de belirtilmiştir (Gimbel 2000, Matsumoto ve ark. 2007, Krause ve ark. 2008).

Er:YAG lazerlerin sert dokulara olan etkinliği incelenirken daimi ve süt dişlerindeki mine ve dentin dokusunun anatomik ve histolojik yapısal farklılıkları göz önünde bulundurulmalıdır (Kornblit ve ark. 2009). Er:YAG lazerlerin, süt dişi sert dokuları üzerinde kabul edilebilir bir ablasyon etkisi olduğu, bu etkinliğin süt dişlerinde daimi dişlere kıyasla daha fazla olduğu düşünülmektedir (Martens 2003). Benzer bir lazer olan Er:YSGG de dental dokular üzerinde aynı etkileri gösterir (Harashima ve ark. 2005). Lazerin diş sert dokularınca zayıf absorpsiyonu, yüksek enerji kullanımını gerektirir ki bu durum intrapulpal hasara sebep olabilecek bir ısı birikimi oluşturur. Ancak su soğutması altında yapılan kavite preparasyonu ve çürük temizliği işlemleri sırasında meydana gelen intrapulpal sıcaklık değişimleri hasara yol açmamaktadır (Park ve ark. 2007, Freitas ve ark. 2008).

Jacobsen ve ark. (2011) yaptıkları derlemede, erbiyum lazerlerle yapılan bilimsel ve klinik araştırmaları incelemiş; bunun sonucunda, lazerlerin çürük uzaklaştırmada konvansiyonel döner aletler kadar efektif olduğunu vurgulamıştır. Hastalar, konfor açısından lazer tedavisini tercih ettiği ve birçok vakada lokal anesteziye gerek duyulmadığı bildirilmiştir. Ancak vakalardaki takip yetersizliği nedeniyle, işlem sırasında oluşabilecek pulpada termal hasar ve restorasyonların uzun süre ağızda kalmaları konularında kesin bir görüş belirtilememektedir. Benzer olarak yapılan bir çalışmada, kavite preperasyonu amacıyla Er:YAG lazerin uygulanması sırasında hoř olmayan bir koku oluşması ve daha uzun preperasyon süresi gerekmesine rağmen, yetişkin hastaların Er:YAG lazeri, yüksek devirli frezlerden % 62.9 kat fazla tercih ettiği ortaya konulmuştur (Mosskull Hjertton ve Bågesund 2013).

Al-Batayneh ve ark. (2014), süt dişi kavite preperasyonunda Er:YAG lazer kullanımının etkili bir yöntem olduğunu savunurken, Valerio ve ark. (2016), kavitenin periferel duvarlarından çürük uzaklaştırılmasının frezler ile daha etkili yapıldığını bildirmiştir. Ayrıca preperasyon sırasında, pulpada termal hasar görülen eşik değer sıcaklığının (5.5°C) üzerine çıkılmadığı belirtilmiştir (Al-Batayneh ve ark. 2014).

Kavite preperasyonu amacıyla CO<sub>2</sub>, Ho:YAG, Ho:YSGG, Nd:YAG, diyot ve Excimer gibi alternatif lazerlerin klinik uygulanabilirliği ile ilgili yeterli kanıtlanmış veri bulunmamaktadır (Walsh 2003). Ayrıca CO<sub>2</sub> lazer bir sert doku lazeri olmayıp, çürük uzaklaştırılması ve kavite preperasyonunda CO<sub>2</sub> lazerlerin kullanımıyla ilgili erbiyum lazerler kadar çalışma yapılmamıştır.

#### **1.2.4 Çürük Oluşumunun Önlenmesi**

Lazerlerin diş sert dokularını daha dirençli yüzeyler haline getirmek amacıyla kullanılabilereği, ilk kez Ruby lazer ile 1965 yılında rapor edilmiş (Sognaes ve Stern 1965, Stern 1965), günümüze değin bu alanda farklı dalga boylarındaki

Nd:YAG, Argon, CO<sub>2</sub> ve Erbiyum lazerler kullanılmıştır (McCormack ve ark. 1995, Blankenau ve ark. 1999, Hossain ve ark. 2001a, Apel ve ark. 2003).

Lazerlerin çürük profilaksisinde etkinliği ile ilgili daimi dişlerde yapılan in vitro çalışmalarda; minenin çözünürlüğünü azalttığı, asit ataklarına ve demineralizasyona karşı direncini arttırdığı gösterilmiştir. Lazer ışınına maruz kalan dişte Ca ve P miktarları artarken, karbonat iyonunun konsantrasyonu düşmekte ve asitte çözülmeye karşı daha dayanıklı bileşiklerin oluştuğu düşünülmektedir (Bevilacqua ve ark. 2008). Mine yüzeyindeki sıcaklık artışına bağlı olarak termal kristalizasyon görülebilmektedir. Buna ek olarak, mine direncini arttırmak amacıyla lazer ışığının oluşturduğu mikro boşluklara, demineralizasyon esnasında salınan minerallerin yeniden çökmesi sağlanarak remineralizasyonun desteklenmesi amaçlanmaktadır (Flaitz ve ark. 1994).

#### **1.2.4.1 Argon Lazerin Etkisi**

Argon lazerler, 488 veya 514 nm dalga boyunda, aktif maddesi argon gazı olan ve görünür ışık yayan tek lazer tipidir. 488 nm'lik dalga boyuna sahip olan tipi mavi ışık yayar ve sıklıkla kompozit rezinlerin polimerizasyonunda kullanılmaktadır. Argon lazerler, çocuk diş hekimliğinde başlangıç çürüklerinin engellenmesi ve çürük teşhisi kullanım alanlarına sahiptir (Coluzzi 2004).

Argon lazerlerin daimi ve süt dişi minesinde çürük formasyonuna etkisi, çeşitli çalışmalarda tek başına ve APF ile birlikte uygulanarak incelenmiştir. Flaitz ve ark. (1994), yaptıkları çalışmalarında, APF ve lazer uygulanan daimi dişlerde, sadece APF uygulanan dişlerdeki lezyonlara kıyasla lezyon derinliğinde % 50 azalma ve sadece lazer uygulanan gruptaki lezyonlara kıyasla % 32 azalma gözlemlenmiştir. Westerman ve ark. (2004), süt dişleri üzerinde yaptıkları in vitro çalışmada, başlangıç çürüklerinde argon lazerlerin APF ile beraber kullanımında, çürük derinliklerinde % 50'ye varan azalma sağlandığını ve APF'nin lazer uygulanmasından önce ya da sonra kullanılmasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmiştir.

Yapılan bir in vivo çalışmada, daimi dişlere argon lazer ( $100 \text{ J/cm}^2$ ) ve asitle pürüzlendirme işlemleri birlikte ve ayrı olarak uygulanmış, 5 hafta sonunda dişler çekilerek lezyon derinliği değerlendirilmiş, buna göre lazer uygulamasının mine dekalsifikasyonunun engellenmesinde etkili bir metod olduğu gösterilmiştir (Anderson ve ark. 2002). Hicks ve ark. (2004) yaptıkları in vivo çalışmada, dişlere argon lazer, topikal florid ve her ikisini birden uygulayarak braketleme yapmış, 5 hafta bekledikten sonra dişleri çekerek polarize ışık mikroskopunda incelemiştir. Buna göre, in vivo olarak mine çürüğü oluşumuna karşı en yüksek asit direnci, argon lazerin topikal floridle kombine kullanıldığı dişlerde (% 62) gözlenmiştir.

Bunlara ek olarak argon lazer ve Nd:YAG lazerin mine demineralizasyonuna etkisinin karşılaştırıldığı çalışmalar da mevcuttur. Yapay çürük oluşturulan daimi dişlerde yapılan bir çalışmada, argon lazer ( $12 \text{ J/cm}^2$ ) uygulanan dişlerin minesinde Nd:YAG lazerden ( $47.77 \text{ J/cm}^2$ ) daha küçük bir demineralizasyon alanı oluştuğu ve çürükten korunmada argon lazer uygulamasının daha efektif bir yöntem olduğu belirtilmiştir (Tavares ve ark. 2012).

#### **1.2.4.2 Diyet Lazerin Etkisi**

Diyot lazer, dalga boyu 800-980 nm arasında olan, aktif maddesi alüminyum, indiyum, galyum, arsenik elementlerinin kombinasyonundan oluşan katı, yarı iletken lazerdir (Coluzzi 2004). Diyet lazerin, diş dokuları tarafından absorpsiyonu çok zayıftır. Hemoglobin ve diğer pigmentler tarafından yüksek oranda absorbe edildiğinden yumuşak dokularda derin penetrasyon gösterir. Bu sebeple yumuşak doku cerrahisinde kullanıma uygundur (Coluzzi 2000).

Yumuşak doku lazeri olan diyet lazerin başlangıç mine çürüğünü engelleme etkinliği, tek başına ve topikal floridlerle karşılaştırılarak çeşitli çalışmalarda değerlendirilmiştir. Santaella ve ark. (2004), süt dişlerinde yaptıkları in vitro çalışmada, topikal florid verniğin (Duraphat), 809 nm dalga boyunda diyet lazerden daha etkin biçimde çürük rezistansı sağladığı sonucuna ulaşmıştır. Kato ve ark. (2006), 960 nm dalga boyunda diyet lazerin APF ile birlikte ve ayrı kullanımında

daimi diş minesinde kalsiyum çözünlüğüne etkisini araştırmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre diyet lazer, kalsiyum çözünlüğünde belirgin bir azalma ya da artmaya sebep olmamaktadır.

Diyet lazer ve Nd:YAG lazerin dişlerin aside karşı direncini arttırma üzerindeki etkinliği karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Chand ve ark. (2016), daimi molar dişlerin aside karşı direncini arttırmak için yaptığı in vitro çalışmada, diyet ve Nd:YAG lazeri, APF ile birlikte mine yüzeyine uygulayarak atomik absorpsiyon spektrometresi (AAS) ile değerlendirmiştir. Minedeki demineralizasyonda, önce Nd:YAG lazer sonra APF uygulanan dişlerde, diğer tüm gruplardaki dişlere oranla belirgin azalma görölmüştür. Sonuç olarak çürükten korunmada, diyet lazerin, Nd:YAG lazer kadar etkili olamadığı bildirilmiştir.

#### **1.2.4.3 Karbondioksit Lazerin Etkisi**

Karbondioksit lazer, 10,600 nm dalga boyunda aktif maddesi karbondioksit, helyum ve azot gazları olan kızılötesi lazerdir (Kutsch 1993). Su tarafından çok iyi absorbe edilir; bu nedenle daha çok yumuşak doku cerrahisinde kullanılmaktadır (Coluzzi 2004). Doku penetrasyonu çok düşüktür. CO<sub>2</sub> lazerin hidroksiapatit kristali tarafından emilme miktarı erbiyum lazerlerden 1000 kat daha fazladır. Sert dokudaki inorganik içerik tarafından emilerek ısı akümülyasyonu yapar ve organik içeriklerde karbonizasyona sebep olur. Bunun sonucunda ise pulpada termal hasar, dentinde karbonizasyon ve minede çatlaklar oluşturabilir. Bu nedenle emilim miktarı fazla olmasına rağmen sert dokuda kullanımı sınırlı kalmıştır (Sandford ve Walsh 1994).

CO<sub>2</sub> lazer yumuşak doku lazeri olmasına rağmen, minede demineralizasyonu engelleme etkinliğinin olup olmadığı birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır. CO<sub>2</sub> lazerin, tek başına ve florid ile birlikte etkisinin incelendiği bir çalışmada, floridle birlikte lazer uygulanan gruplarda minenin demineralizasyonunun belirgin olarak azaldığının tespit edildiği, enerji yoğunluğu arttıka aside direncin de arttığı bildirilmiştir (Hsu ve ark. 1998). Bir diğer çalışmada CO<sub>2</sub> lazerin, florlu diş macunu ve florlu ağız gargarası ile birlikte kullanımında, mine çürüğünün ilerlemesini

engelleme etkinliği mikrosertlik testi ile değerlendirilerek minenin mineral kaybı ölçülmüştür (Steiner-Oliveira ve ark. 2008). Buna göre, CO<sub>2</sub> lazerin tek başına veya floridli ürünlerle birlikte kullanımında demineralizasyonda azalma gözlenmiş; ancak lazerin belirgin bir katkısı olmadığı belirtilmiştir. Poosti ve ark. (2014), fraksiyonel CO<sub>2</sub> lazerin; tek başına ve APF uygulamasından önce ve sonra uygulanmasının minedeki beyaz lezyonlara etkisini incelemiştir. Yüzey mikrosertliğinde en belirgin artış, önce CO<sub>2</sub> lazer sonra APF jel uygulanan dişlerde gözlemlenmiş ve bu yöntemle demineralize minenin sertliğinin artması ve sağlamlaşmasının mümkün olduğu ortaya konulmuştur. Yapılan bir çalışmada ortodontik brakelerin çevresinde oluşan başlangıç çürüklerinin önlenmesinde CO<sub>2</sub> lazer ve Nd:YAG lazerin etkinliği topikal floridle karşılaştırılarak incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda en fazla demineralizasyon miktarı Nd:YAG lazer uygulanan dişlerde gözlemlenmiş, CO<sub>2</sub> lazer uygulanan dişlerde ise yalnızca topikal florid uygulanan dişlere eşdeğer oranda demineralizasyonda azalma tespit edilmiştir (Seino ve ark. 2015).

#### **1.2.4.4 Neodimiyum Yittrium Alüminyum Garnet Lazerin Etkisi**

Neodimiyum Yittrium Alüminyum Garnet (Nd:YAG) lazer, 1064 nm dalga boyuna sahip olup, aktif maddesi yittriyum-alüminyum-garnet katı kristali olan lazerdir. En fazla melanin ve hemoglobin tarafından absorbe edilir (Coluzzi 2000). Bu nedenle CO<sub>2</sub> lazer gibi bu lazer sistemi de yumuşak doku uygulamalarında daha çok kullanılmaktadır. Nd:YAG lazer, su ve diş sert dokuları tarafından ise çok düşük miktarlarda absorbe edilir. Uygulama sırasında oluşan ısının kolaylıkla daha derin tabakalara iletilebilmesi sebebiyle, minede erime ve çatlak oluşumuna ve pulpada olumsuz termal değişikliklere neden olabilir.

Nd:YAG lazer yumuşak dokularda kullanıma uygun olmasına rağmen, çürük inhibisyonu amacıyla mineye uygulanması son yıllarda araştırılmakta olan bir konudur. Çeşitli araştırmacılar, Nd:YAG lazer ile topikal florürleri birlikte ve ayrı olarak çekilmiş süt dişlerinin mine yüzeyine uygulamış ve farklı inceleme yöntemleriyle değerlendirmiştir. Reddy Banda ve ark. (2011), APF jeli Nd:YAG lazerden önce ve sonra uygulayarak, yüzey morfolojisindeki değişimi mikrosertlik

testi ve taramalı elektron mikroskobunda incelemiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda, Nd:YAG+APF jel uygulamasının süt dişi yüzeyini güçlendirdiği ve karyojenik ataklara karşı koruyucu bir bariyer sağladığı gösterilmiştir. Minenin aside karşı direncinin ölçüldüğü bir diğer in vitro çalışmada, Nd:YAG lazer ile birlikte NaF cila veya APF jel uygulanarak, demineralizasyon derinliği longitudinal mikrosertlik testi ile ölçülmüştür. En az değişim APF jelin yalnız ve lazerle birlikte uygulandığı dişlerde gözlemlenmiş ve bunun sonucunda çürükten korunmada Nd:YAG lazerin, florürlerin etkisine ilave bir etkisi olmadığı belirtilmiştir (Azevedo ve ark. 2012). Yüksek çürük riskli çocuklarda yapılan bir ex-vivo çalışmada, 186 süt dişine Nd:YAG lazer ile APF jel birlikte/ayrı olarak uygulanmış ve bir yıllık takipte eksfoliasyon sonrası dişler toplanarak Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR), EDS ve ışık mikroskobu ile incelenmiştir. EDS incelemesinde Ca, P ve F miktarlarında kontrol grubuna kıyasla hiçbir fark görülmezken, FTIR analizinde lazer uygulanan dişlerde kontrol grubundan daha yüksek konsantrasyonda fosfat ve karbonat iyonu varlığı tespit edilmiştir. Işık mikroskobu incelemesinde ise çürük oluşumunda, lazer ve lazer+APF gruplarında belirgin olarak azalma gözlenmiştir. Sonuç olarak, çürük inhibisyonu amacıyla, süt dişlerinde Nd:YAG lazer uygulamasının bir yıllık takipte başarılı sonuç verdiği vurgulanmıştır (Neto ve ark. 2015).

Chen ve Huang (2009), Nd:YAG ve CO<sub>2</sub> lazerin daimi dişlerin demineralizasyona karşı direncini artırma özelliklerini karşılaştırdıkları bir çalışmada, bu lazerlerin kalsiyum iyon konsantrasyonunu arttırdığını; ancak bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmiştir.

#### **1.2.4.5 Erbiyum Lazerlerin Etkisi**

Diş hekimliğinde Erbiyum ailesi lazerler, diş dokularındaki birçok tedavide özellikle diş sert dokularının tedavisinde etkinliği yüksek olan ve son yıllarda önemli gelişmeler göstererek yaygın kullanılmaya başlanan lazerler olarak bilinmektedir. Erbiyum sınıfında iki farklı dalga boyuna sahip lazer bulunmakta olup bunlar; Erbiyum Yitrium Alüminyum Garnet (Er:YAG) lazer (2940 nm) ve Erbiyum,



Kromiyum: Yitrium-Skandiyum-Galyum-Garnet (Er,Cr:YSGG) (2780 nm) lazerdir. Er:YAG lazerin yalnızca dişteki su moleküllerinde bulunan OH<sup>-</sup> ile etkileşime girmesi, Er,Cr:YSGG lazerin ise hem su hem hidroksiapatit ile etkileşime girmesi sebebiyle Er,Cr:YSGG lazer diş sert dokuları tarafından daha fazla absorbe edilebilmektedir. Bu nedenle ablasyon meydana gelirken yüzey sıcaklığı Er:YAG lazerde 300°C'ye kadar ulaşırken, Er,Cr:YSGG lazerde 800°C'ye ulaşmaktadır (Fried ve ark. 1996). Er,Cr:YSGG lazer, hidroksiapatit yapısında daha yüksek absorpsiyona sahip olması nedeniyle Er:YAG'a kıyasla daha avantajlıdır ve çürük önlemede daha etkili olduğu düşünülmektedir (Ana ve ark. 2006).

Erbiyum lazerlerin daimi diş minesinin aside karşı direncini arttırdığı ilk kez Morioka ve ark. (1991) tarafından Er:YAG lazer kullanılarak gösterilmiştir. Bu çalışmaya göre ne kadar yüksek yoğunlukta enerji aktarılırsa, minede o kadar iyi asit rezistansı sağlanmaktadır. Ardından Fried ve ark. (1996) yaptığı çalışmada, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerlerin termal hasar yaratmadan demineralizasyonu engelleme özelliğini araştırmıştır. Bu çalışmaların ardından erbiyum lazerlerin bu konuyla ilgili etkinliği farklı yöntemlerle incelenmiştir.

Demineralizasyonun engellenmesinde Erbiyum lazerlerin etki mekanizmaları şunlardır: Kristal yapısındaki karbonat ve suyun azalması, organik matriksin dekompozisyonu, morfolojik değişim, kristal yapısının iyileştirilmesi ve yeni kristal fazların oluşumu (Ramalho ve ark. 2015).

Daha az çözünür ve çürük oluşumuna daha dirençli mine yapısının oluşmasını sağlayan temel mekanizmalar; kristal yapısındaki karbonat ve suyun azalması, organik matriksin dekompozisyonudur (Holcomb ve Young 1980, Fowler ve Kuroda 1986). Kristal yapısındaki karbonat, daha az kararlı ve asitte daha fazla çözünen bir apatit fazı oluşturduğundan, minenin demineralizasyona karşı direncini düşürür (Bachra ve ark. 1965). Yapılan araştırmalarda karbonat iyonunun ve su molekülünün sıcaklık artışıyla mine yapısından uzaklaştığı bildirilmiştir (Holcomb ve Young 1980, Liu ve ark. 2013). Yapılan bir çalışmada hidroksil iyonunun 400°C üstündeki sıcaklıklarda azaldığı, karbonat gruplarının ise 800°C üstündeki sıcaklıklarda azaldığı bildirilmiştir (Rabelo ve ark. 2010). Bu etkinin elde edilebilmesi ve demineralizasyonun engellenebilmesi için Er,Cr:YSGG lazerin 10.95 J/cm<sup>2</sup> enerji

yoğunluğunun üzerinde uygulanması gerektiği savunan araştırmacılar (Rabelo ve ark. 2010) mevcutken,  $8.5 \text{ J/cm}^2$  enerji yoğunluğunun üstünde mine yapısındaki karbonat, su ve organik içeriğin azaldığını bildiren araştırmacılar da bulunmaktadır (Zezell ve ark. 2010).

Organik matriksin kısmi dekompozisyonu, lazer uygulaması sırasında inter ve intraprizmatik boşluklardaki organik mine yapısının denatürasyonu ile gerçekleşir (Hsu ve ark. 2000). Ying ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada Er:YAG lazerin çürük önleyici etkisini, organik matriksin parsiyel denatürasyonu sonucu “Organik matriksi bloke etme” teorisine dayandırmıştır. Bu teoriye göre, organik matrikste yaklaşık olarak  $100\text{-}350^\circ\text{C}$  arasındaki sıcaklık artışlarında proteinler denatüre olur ve minede difüzyona sebep olan porların miktarı azalır (Hsu ve ark. 2000, Liu ve ark. 2012). Yaklaşık  $350\text{-}400^\circ\text{C}$ 'ye varıldığında bu etki maksimum seviyeye çıkar. Bu sıcaklığın üstüne çıkıldığında ise aşırı denatürasyon sebebiyle istenilen etki elde edilememektedir. Organik matriksin, lazerle indüklenen lezyon derinliği ve mineral kaybında azalmaya katkısı sırasıyla % 55 ve % 25'tir (Hsu ve ark. 2000). Maung ve ark. (2007) ise organik matriksin, lazer uygulaması ile mine difüzyonunun değiştirilmesinde büyük katkısı bulunduğunu ve bu etkinin mine yüzeyinde % 34, iç tabakalarında % 75 olduğunu belirtmiştir.

Erbiyum lazerlerin su ve hidroksiapatitte yüksek absorpsiyonu sonucu morfolojik değişimler meydana gelir (Seka ve ark. 1996). Erbiyum lazerler düşük enerji yoğunluğu kullanıldığında bile mikro düzeyde ablasyon meydana geldiği bildirilmiştir (Ramalho ve ark. 2015). Yapılan çalışmalarda minenin çözünürlüğünün azaltılması için kimyasal değişimin daha önemli olduğunu ve morfolojik değişimin gerekli olmadığını savunan araştırmacılar mevcuttur (Yu ve ark. 2000, Delbem ve ark. 2003). Bunun aksine minenin aside karşı direncinin, düşük enerji yoğunluğundaki lazerlerle küçük morfolojik değişimler yapılarak arttırılabileceğini bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (Hossain ve ark. 1999, Hossain ve ark. 2001b). Lazer uygulaması sonrasında mine yüzeyinde mikro boşluklar meydana gelir ve bu boşlukların boyutu uygulanan enerji yoğunluğuna bağlıdır (Cecchini ve ark. 2005, Kim ve ark. 2006). Bazı araştırmacılar bu boşlukların iyon çökmesi için alan sağladığını düşünürken, bazıları ise asit ataklarına karşı açık kanallar oluşturduğunu ve mineral kaybını arttırdığını savunmaktadır (Kwon ve ark. 2005, Kim ve ark.

2006). Uygun lazer parametreleri sağlanmazsa, minede zararlı etkiler ortaya çıkabilir. Yüksek enerjili uygulamalarda ekspozite mine prizmaları, düzensiz yüzey, farklı büyüklüklerde kraterler izlenmektedir (Cecchini ve ark. 2005). Zamataro ve ark. (2013), Er,Cr:YSGG lazer ( $8.5 \text{ J/cm}^2$ ) ile hidroksiapatit prizmalarının ekspozite olduğunu ve minenin düzensizliğinin arttığını; bunlara ek olarak Ana ve ark. (2007) Er,Cr:YSGG lazerin ( $2.8, 5.6, 8.5 \text{ J/cm}^2$ ) minenin dış yüzeyini uzaklaştırarak hafif derecede ablazyona sebep olduğunu öne sürmüştür. Ayrıca erbiyum lazerlerin  $100 \mu\text{m}$  derinliğinde ince çatlaklara yol açtığı ve bu çatlakların, lazer indüksiyonuyla demineralizasyonun engellenmesi yönteminin pozitif etkilerini azalttığı bildirilmiştir (Apel ve ark. 2005). Bunlara rağmen, bazı araştırmacılar yüzeyinde erime gerçekleşen minenin, asit atağı sonrasında değişmeden kaldığını ve bunun aside karşı direnci arttırmada majör etken olduğunu düşünmektedir (Hossain ve ark. 2001b).

Demineralizasyonun engellenmesinde lazerlerin son etki mekanizması, kristal yapısının iyileştirilmesi ve yeni kristal fazların oluşumudur. Minenin aside karşı direnci, lazer uygulaması ile yüzey sıcaklığının artışına ve dolaylı olarak meydana gelen fototermal etkilere ve kimyasal değişime bağlı olarak artar (Ramalho ve ark. 2015). Yüzey sıcaklığı  $650-1100^\circ\text{C}$ 'ye ulaştığında termal olarak yeniden kristalizasyon, kristal boyutunda artış ve beta-trikalsiyum fosfat oluşumu görülür (Kawasaki ve ark. 2000).  $1100^\circ\text{C}$ 'nin üstündeki sıcaklıklarda beta-trikalsiyum fosfat fazı; alfa-trikalsiyum fosfat ve tetrakalsiyum fosfata dönüşür (Ramalho ve ark. 2015). Yapılan bazı çalışmalarda lazer uygulaması sonrası yeni kristal fazlarının oluşumu sayesinde çürüğe karşı direncin arttığı bildirilmiştir (de Andrade ve ark. 2006, Bachmann ve ark. 2008).

Son olarak, Ramalho ve ark. (2015) dental lazerler arasından en son geliştirilen ve sert doku lazeri olan erbiyum lazerlerin, mine ve dentin yüzeyindeki demineralizasyondan koruma etkileri ile ilgili yaptıkları kapsamlı derlemede, Lazer İndüksiyonuyla Demineralizasyonun Engellenmesi - LIPD (Laser-Induced Prevention of Demineralization) terimini geliştirmiştir. Çürük profilaksisi amacıyla uygulanan lazer ışınının, erime veya ablazyona neden olmadan, kimyasal ve morfolojik değişikliklerle mine yüzeyini güçlendirmesi istenmektedir. Minede bu etkinin elde edildiği enerji yoğunluğundaki erbiyum lazerin etkinliği, subablasyon olarak adlandırılmakta olup halen uygun kullanım parametreleri aydınlığa

kavuşmamıştır (Apel ve ark. 2005, Freitas ve ark. 2010, Geraldo-Martins ve ark. 2013, Ramalho ve ark. 2015).

### **1.3 Mine Demineralizasyonunu İnceleme Yöntemleri**

Lazer indüksiyonuyla mine direncinin artırılması amacıyla yapılan çalışmalarda, kullanılan lazerin etkinliği çeşitli değerlendirme yöntemleriyle incelenmektedir. Bu değerlendirme yöntemleriyle, demineralizasyon derinliği, yüzey sertliği, toplam mineral kaybı, florid alım ve salınım miktarı, kalsiyum çözünürlüğü ölçülebildiği gibi, mine yüzeyi topografisinin incelenmesi, kristal yapısının ve bağların analizi, elementel analizinin yapılması da mümkündür. Bu amaçlarla demineralizasyonun incelenmesinde çok sayıda yöntem kullanılmakta olup, sıklıkla tercih edilenler aşağıda özetlenmiştir.

#### **1.3.1 Polarize Işık Mikroskobu**

Titreşimleri tek bir doğrultuda olan ışık dalgalarına polarize ışık adı verilmektedir. Polarize mikroskop, ışığın kutuplaşmasından yararlanarak yapılan mikroskoptur. Demineralizasyon derinliği ölçümünde sıklıkla kullanılmaktadır (Ana ve ark. 2006).

Polarizasyon mikroskobu, materyallerin optik anizotropik özelliğinden faydalanılarak incelenmesinde kullanılır. İnceleme sırasında materyallerin çift kırılma özelliğinden yararlanır. Normal ışık, kutuplaştırıcı bir filtreden geçerek yalnızca bir yönde titreşerek ilerler. İkinci filtre, ana eksenini ikinci filtreye dik olacak şekilde konumlandırıldığından, karanlık alan etkisi sağlanır. Sabit bir yöne doğru yönlendirilen moleküller içeren dokular, polarize edici iki filtre arasına konduğunda, belirli düzende tekrarlanan yapılar polarizörden çıkan ışığın eksenini değiştirir. Bunun sonucunda bu yapılar, koyu zemin üzerinde parlak biçimde izlenir (Karakoç ve ark. 2016). Diş minesinin kırılma değerlerinin ölçüldüğü bu teknikte, sağlam mine alanları negatif kırılma ve minenin poröz alanları ve organik kısımları pozitif kırılma gösterir (Silverstone 1973).

Liu ve ark. (2006), daimi üçüncü molar dişlerde, mine yüzeyine, farklı güç değerlerinde Er:YAG lazer uygulayarak, mine demineralizasyonundan korunma etkinliğini araştırmıştır. Deneylein uygulanmasının ardından örnekler 120 µm kalınlığında kesilerek lezyon derinliği polarize ışık mikroskopunda incelenmiş ve 100 ve 200 mJ gücündeki lazerin çürük oluşumunu engellemede etkili olduğu gösterilmiştir.

Chimello ve ark. (2008), daimi üçüncü molar dişlerde, farklı güç ve frekans değerlerinde Er:YAG lazer ile yapılan kavite preperasyonunun çürük oluşumuna etkisini in situ olarak incelemiştir. Deneyle sonunda apareylere gömülü dişler çıkarılarak, 600 µm kalınlığında serviko-okluzal yönde kesitler alınmıştır. Örnek yüzeyleri 120 gritlik silikon karbid kağıtla polisajlanarak 24 saat deiyonize suda bekletilmiş ve ardından restorasyona komşu bölgelerde demineralizasyon zonu polarize ışık mikroskobu ile incelenmiştir. Sonuç olarak, kavite preperasyonunda yüksek devirli döner aletler veya Er:YAG lazer kullanımı arasında fark olmadığı bildirilmiştir.

Correa-Afonso ve ark. (2010), Er:YAG lazerin diş yüzeyine farklı uzaklıklarda ve su soğutmalı/soğutmasız koşullarda kullanımında oluşan asit direncini in vitro olarak araştırmıştır. Deneyle tamandıktan sonra, örnekler 80-100 mikron kalınlığında kesilerek, çürük derinliği polarize ışık mikroskobu ile ölçülmüştür. Buna göre en az lezyon derinliği 4 mm uzaklıkta ve 2 mL/dk su ile lazer uygulanan grupta tespit edilmiştir.

### **1.3.2 Mikrosertlik Ölçümü**

Mikrosertlik ölçümleri, ince bir mikro yapıya sahip materyallerin yüzey özelliklerini tanımlamak için uygulanan ve malzemeler üzerinde yapılan en yaygın inceleme yöntemidir. Materyallerin yüzeyine bir batıcı uç batırılarak malzemenin buna karşı gösterdiği direnç ölçülür. Bu amaçla kullanılan ölçüm uçları, eşkenar dörtgen şeklindeki “Vickers” elmas ucu veya paralel kenar şeklindeki “Knoop” ucudur (Attin 2006).

Knoop ve Vickers mikrosertlik testlerinde, belli zaman süresince yük altındaki mikro elmas ucun, test edilen materyal yüzeyine kuvvet uygulamasıyla elde edilen izdüşüm uzunluğu mikroskop ile ölçülür (Poskus ve ark. 2004). Malzemenin sertliği, bu izdüşüm uzunluğu ile ters orantılıdır. Bu testte elde edilen değerlerin doğru ve güvenilir olduğu kabul edilir. Bu yöntemle dişlerdeki demineralizasyona bağlı oluşan mineral kaybı, yüzey sertliğindeki azalma ve ucun dokuya penetrasyonuna dokunun gösterdiği dirençle ölçülmektedir (Attin 2006).

Castellan ve ark. (2007), süt molar dişlerde, Nd:YAG lazer, Er:YAG lazer ve APF jel uygulamasının demineralizasyonu engelleme üzerine etkinliğini karşılaştırmıştır. Çalışmada örnekler, longitudinal yönde ikiye ayrılmış ve 600-1200 gritlik alüminyum oksit zımparalarla polisajlanmıştır. Ardından 25 g statik kuvvetin 5 sn süreyle yüklenmesi ile Knoop mikrosertlik testi uygulanmıştır. Buna göre Er:YAG lazer grubunda % 35.7, Nd:YAG grubunda % 40.4 oranla mineral kaybında azalma olduğu ve bu yöntemlerin APF jele alternatif bir yöntem olabileceği vurgulanmıştır.

Freitas ve ark. (2010), daimi üçüncü molar dişlerde yaptıkları çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerin farklı enerji yoğunluklarında uygulanmasının demineralizasyon üzerine etkinliğini değerlendirmiştir. Minedeki mineral kaybını ölçmek için, örnekler longitudinal olarak ikiye ayrılmış ve Knoop mikrosertlik testi ile incelenmiştir. Sonuç olarak, en yüksek çürük inhibisyonu değerinin  $8.5 \text{ J/cm}^2$  enerji yoğunluğundaki grupta olduğu bildirilmiştir.

Geraldo-Martins ve ark. (2013), daimi üçüncü molar dişlerde, Er,Cr:YSGG lazerin farklı güç değerlerinin, su soğutmalı/soğutmasız olarak çürükten koruma üzerine etkisini araştırmıştır. Lazer uygulaması sonrasında, örnekler longitudinal olarak ikiye ayrılarak, Knoop mikrosertlik ölçümüne tabi tutulmuş ve farklı derinliklerde yüzey sertlikleri ölçülmüştür. Buna göre; Er,Cr:YSGG lazerin daha yüzeyel tabakalarda etkili olduğu ve kontrol grubuna kıyasla,  $62.5 \text{ J/cm}^2$  enerji yoğunluğunda (su soğutmasız) lazerin minenin aside karşı direncini % 23 daha fazla arttırdığı belirtilmiştir.

Santos Jr ve ark. (2014), sığır kesici dişlerinde yaptıkları çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerden önce ve sonra topikal florid (%5 NaF içeren cila) uygulamasını değerlendirmiştir. Deneyler sonrasında dişler longitudinal olarak ikiye ayrılmış ve bir yarısı mikrosertlik testi, diğer yarısı SEM ve polarize ışık mikroskobu ile incelenmiştir. Knoop mikrosertlik testi için 25 g kuvvet 10 sn süreyle uygulanmış ve derinliğe göre yüzey sertliği ölçülmüştür. Sonuç olarak, uygulamaların başarısız olduğu ve lazer uygulamasının floridlerle beraber veya ayrı kullanımında çürük inhibisyonu sağlanamadığı belirtilmiştir.

### 1.3.3 Atomik Absorbsiyon Spektrometresi (AAS)

Atomik absorpsiyon spektrometresi (AAS), elementlerin derişimlerini ölçen bir elementel analiz tekniğidir. AAS, gaz halindeki ve temel enerji düzeyinde bulunan atomların, ultraviyole ve görünür bölgedeki ışığı absorblaması temeline dayanmaktadır. Örneğin içerisindeki bileşikler, elementel hale dönüştürüldükten sonra buharlaştırılır ve kaynaktan gelen ışın demetine maruz bırakılır. Örneğin içinde ilgili element mevcutsa, katot lambadan gelen o elemente özgü dalga boyundaki ışığı absorbe eder ve böylece ışınımın şiddeti azalır. Örneğin içinde bulunan elementin miktarı, absorbe edilen ışınım miktarı ile belirlenir (Attin 2006). Çözelti içerisindeki elementlerin tayinleri, AAS ile gerçekleştirilmektedir ve analizde elementin çözeltinde bulunma miktarına göre alev, grafit fırın ve hidrür tekniklerinden uygun olan teknikten faydalanılır.

Atomik absorpsiyon spektrometresinde metallerin çoğu ile az sayıda ametal ppm ve ppb düzeyinde analiz edilir. Diş hekimliğinde yapılan çalışmalarda, genellikle solüsyonlara  $Ca^{+2}$  ve  $PO_4^{-3}$  minerallerinin salınım miktarının ölçülmesinde kullanılmaktadır (Attin 2006). Hassas bir yöntem olmasına rağmen solüsyonda başka bir ajan olması veya ortamın pH'ının uygun olmaması durumunda doğru sonuç vermeyebilir.

Apel ve ark. (2002a), sığır dişlerinde yaptıkları çalışmada, farklı güç değerlerindeki Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazeri topikal floridle beraber/ayrı

uygulamıştır. Örnekler demineralizasyon solüsyonuna tabi tutulduktan sonra, solüsyonun Ca iyon içeriği AAS ile ölçülmüştür. Sonuç olarak, lazer ışınının, florid uygulamasına ek olarak bir etkinliğinin olmadığı belirtilmiştir.

Anaraki ve ark. (2012), daimi molar dişlerde, Er,Cr:YSGG ve CO<sub>2</sub> lazerin, APF jel ile birlikte/ayrı uygulanmasının mine demineralizasyonuna etkisini incelemiştir. Yapılan deneyleri takiben, demineralizasyon solüsyonuna salınan Ca miktarını ppm olarak analiz etmesi için AAS yöntemi kullanılmıştır. Değerlendirme sonucunda mine demineralizasyonunda en belirgin azalma, CO<sub>2</sub> lazerin ardından APF jel uygulanan grupta görülmüştür.

Fekrazad ve Ebrahimpour (2014), Er,Cr:YSGG lazerin floridlerle birlikte/ayrı uygulamasının ortodontik braketlerin çevresinde, minenin aside karşı direncini artırma etkinliğini in vitro olarak incelemiştir. Uygulamaların ardından, AAS ile demineralizasyon solüsyonuna salınan Ca miktarını ölçülmüş ve en az Ca konsantrasyonu salınımının, florid+lazer grubunda olduğu tespit edilmiştir.

#### **1.3.4 Fourier Transform Infrared Spektroskopi (FTIR)**

FTIR, matematiksel Fourier dönüşümü yöntemi ile ışığın kızılötesi yoğunluğundaki dalga sayısını ölçen bir kimyasal analitik yöntemdir. Optik izomerler hariç bütün bileşiklerin kızılötesi (infrared) spektrumu birbirinden farklıdır. Bu yöntem ile moleküler bağ karakterizasyonu yapılarak; katı, sıvı, gaz veya çözelti halindeki organik bileşiklerin yapısındaki fonksiyonel grupların tanımlanması, iki bileşiğin aynı olup olmadığının ayırt edilmesi, yapıdaki bağların durumu, bağlanma yerleri ve yapının aromatik yada alifatik olup olmadığı belirlenebilir. Ancak bu yöntem bir maddenin saf olup olmadığı hakkında bilgi vermez (Kılıç ve Karahan 2010). FTIR Spektrum Cihazı, organik bileşiklerin tanımlanmasında kullanılır (Skoog ve ark. 1998).

Başlangıç çürük oluşumlarının engellenmesi amacıyla yapılan lazer çalışmalarında, mine kompozisyonunun yapısal olarak dirençli olup olmadığı birçok araştırmacı tarafından araştırılan bir konudur. Lazer uygulanmasını takiben



örneklerin kimyasal karakterinde değişimler olmaktadır. FTIR diş sert dokularının analizinde başarılı bir yöntemdir (Aminzadeh ve ark. 1999) ve kimyasal yapı hakkında bilgiler vermektedir. Bu yöntemle elde edilen bilgiler dokuları tanımlamada parmak izi gibi işlev görmektedir. Yapılan çalışmaların bazılarında FTIR ölçümü için örnekler çok ince diskler (yaklaşık 40-50 mikron) haline getirilip cihaza yerleştirilmektedir (Bachmann ve ark. 2005). Bazı çalışmalarda ise örnekler toz haline getirilip potasyum bromür ile karıştırılarak disk halinde preslenerek elde edilmektedir (Antunes ve ark. 2006).

Lee ve ark. (2003), daimi dişlerin dentininde Er:YAG lazerin farklı değerlerinin ve su soğutmalı/soğutmasız koşullarda uygulanmasının ardından, kompozisyonel ve morfolojik değişimi FTIR ile değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda su soğutmasız grupta, FTIR analizi spektrumunda 2200 ve 2015  $\text{cm}^{-1}$  bantları gözlenmiştir. Ayrıca OH bandı, spektrumda 1630  $\text{cm}^{-1}$  'da kaybolmuştur.

Bachmann ve ark. (2005), Er:YAG lazerin dentinin kimyasal kompozisyonu ve kollajen yapısına etkisini FTIR ile değerlendirmiştir. Çalışmada, dentinin yapısındaki suyun azaldığı, kollajen ve proteinlerin yapısının değiştiği ve hidroksil radikallerinin arttığı izlenmiştir.

Zamudio-Ortega ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, süt dişlerinin minesinin yapısal özelliklerini incelemek amacıyla her bir diş örneğinden 5 mg mine tozu elde edip potasyum bromür ile karıştırarak FTIR'da incelemiştir. Çalışma sonunda farklı fonksiyonel grupların varlığı tespit edilmiş ve OH bandı 3566  $\text{cm}^{-1}$ 'de gözlenmiştir.

Wheeler ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada, 355 nm dalga boyundaki lazerin, diş yüzeyi morfolojisine, florid absorpsiyonuna ve kompozit rezin adezyonuna etkisini incelemiştir. Kompozit-diş bağlantısının, lazer uygulanan yüzeyde, uygulamayan yüzeyden daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, yalnız florid ve yalnız lazer uygulamalarının aside karşı direnci arttırmada etkili rol oynamadığı, lazer+florid uygulamasının ise % 50 oranında asit çözünürlüğünü azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. FTIR yöntemiyle yapılan ölçümlerde, normal diş dokusundan farklı bir yapıya rastlanmamıştır.

### 1.3.5 İyon Spesifik Elektrot (ISE)

İyon spesifik elektrot, iyon seçici elektrot olarak da bilinen, solüsyonlarda çözünür halde bulunan belirli bir iyonun aktivitesini elektrik potansiyeline çeviren bir sensördür. Teorik olarak bu elektrik potansiyeli (voltaj), iyonik aktivitenin logaritmasının Nerst eşitliğine göre hesaplanmasıyla bulunur (Bard ve ark. 1980).

Ölçümü yapılacak olan iyon ISE membranı ile etkileşirken; ölçüm elektrodu ile referans elektrot arasında oluşan potansiyel değişiklikler, voltaj ölçen bir devre içinde belirlenir. İyon selektif elektrotun indirekt inceleme yönteminde, örnek yüksek iyonik dirence sahip büyük hacimli bir seyreltici ile karıştırılarak seyreltilir. Direkt yöntemlerde ise seyreltme uygulanmaz. Ölçüm sistemi, bilinen miktarlarda ilgili spesifik iyonu içeren kalibratör çözeltileri kullanılarak kalibre edilir (Bard ve ark. 1980).

ISE yöntemi, mine demineralizasyonu çalışmalarında, dış mine örneklerinin içerdiği florid miktarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Florid miktarı, demineralizasyon solüsyonundan veya mine biyopsisi ile direkt mineden ölçülebilir. Mine biyopsisi yönteminde, mine belirli miktardaki perklorik asit içerisinde eritilir ve yapısındaki elementlerin miktarı belirlenir (McCann 1968, Clarkson ve ark. 1986, Tanaka ve ark. 1987). Düşük pH'a sahip bu solüsyonun, pH'ını düzenlemek ve içerisindeki floridin iyonlaşmasını sağlamak için birebir oranında TISAB (Total Ionic Strength Adjustment Buffer) çözeltisi kullanılır. Elektrodun ölçümden önce standart florid solüsyonlarıyla kalibre edilmesi önerilmektedir (Tanaka ve ark. 1987).

Ana ve ark. (2012), daimi dış minesinde Er,Cr:YSGG lazerin APF jel ile birlikte uygulanmasının demineralizasyon üzerindeki etkinliğini araştırmıştır. Deneyle takiben minedeki florid miktarını değerlendirmek amacıyla, iyon selektif elektrot yöntemi ile hem demineralizasyon solüsyonundan hem de mineden direkt biyopsi ile ölçüm yapılmıştır. Çalışma sonucunda, lazer+APF gruplarında, APF grubuna kıyasla daha fazla kalsiyum florid konsantrasyonu tespit edilmiştir.

### 1.3.6 X-Işını Difraksiyonu (XRD)

X-ışını difraksiyonu yöntemi (XRD), her bir kristal fazının kendine özgü atomik dizilimlerine göre değişen X-ışınlarının karakteristik bir düzen içerisinde kırılması temeline dayanmaktadır. Her bir kristal fazında kırınım değiştiğinden, kristallerin kırınım profilleri parmak izi gibidir. XRD yönteminin çalışma prensibi şu şekildedir: X-ışınları kristalin üzerine geldiğinde elektronlar tarafından soğurulur ve elektronlar salınım yapmaya başlar. Salınan bu elektronlar, bir X-ışını kaynağı gibi davranarak her yöne fotonlar yayar. Kristalin farklı bölümlerinden salınan bu fotonlar toplanır ve ölçülebilir bir X-ışını şiddeti oluştururlar (Skoog ve ark. 1998).

Örnekler hazırlanırken, öncelikle çelik havanda kırılır, ardından havanda iyice öğütülüp toz haline getirilir. Toz haline getirilen örnekler plastik kaplarda saklanır ve analiz sırasında cam lamlara konularak incelenir. Bu yöntem ile çok az miktardaki numunelerin bile analizlerinin yapılması mümkündür. Ancak X-ışını kırınım analiz metodunda, element aralığı düşük atom numarasına sahip elementlerin tespiti zor olabilir. Yapılan mine demineralizasyonu çalışmalarında, minenin kristalografik yapısı incelenerek kristal fazları değerlendirilmektedir.

Bachmann ve ark. (2008) daimi dişlerin minesinde Er,Cr:YSGG lazer (2.8 J/cm<sup>2</sup>) uygulaması sonucu oluşan kristalografik yapıyı XRD yöntemiyle incelemiştir. Analiz sonucunda lazer uygulanan minedeki hidroksiapatit kristallerinde tetra kalsiyum fosfat bileşiklerinin daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Liu ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, Er:YAG lazerin mine demineralizasyonunu engelleme etkinliğini % 2'lik NaF içeren topikal florid ile karşılaştırmıştır. Deneyleerin ardından yapılan XRD analizi, mikro X-ışını kırınım sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda hiçbir örnekte yeni bir kristal fazına rastlanmamıştır.

### 1.3.7 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Taramalı elektron mikroskobu (SEM - Scanning Electron Microscope), odaklanmış bir elektron demeti ile örnek yüzeyini tarayarak görüntü elde eden bir elektron mikroskobu türüdür. Elektronlar, örneklerdeki atomlarla etkileşerek, örnek yüzeyindeki topografi ve kompozisyon hakkında bilgiler içeren farklı sinyaller üretir. Elektron demeti raster tarama düzeni ile yüzeyi tarar ve demetin konumu, algılanan sinyalle eşleştirilerek görüntü oluşturulur (Karakoç ve ark. 2016).

SEM tekniklerinin kullanılması, görüntülerde mükemmel alan derinliği sağlar ve yüzey morfolojisindeki değişim çok iyi incelenir (Yañez ve Barbosa 2003). Bu yöntem ile mine prizmalarının görüntüsü niteliksel olarak değerlendirilir. Çözünmüş minerallerin mine yüzeyini kaplaması durumunda ise, minenin prizmatik yapısı izlenemeyebilir (Attin 2006).

Hossain ve ark. (2001b), yaptıkları çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerle, minede  $67.9 \text{ J/cm}^2$  ve dentinde  $56.6 \text{ J/cm}^2$  enerji yoğunluğunda su soğutmalı/soğutmasız koşullarda daimi dişlerin aside karşı direncini araştırmıştır. Morfolojik değişimlerin SEM ile değerlendirilmesi sonucu, hem mine hem dentin yüzeylerinde erime ve termal dejenerasyon gözlemlenmiştir.

Bevilacqua ve ark. (2008), sığır dişi minelerine, önce farklı güç değerlerinde Er:YAG lazer ardından APF uygulayarak, aside karşı direnci değerlendirmiştir. Deneyleri takiben yapılan SEM incelemesinde, tüm gruplarda, çukurlar, keskin kenarlar izlenmiştir.  $25.47$  ve  $19.10 \text{ J/cm}^2$  enerji yoğunluğunda lazer uygulanan gruplarda mine prizmaları açığa çıkmıştır.  $2.08$ ,  $1.8$  ve  $0.9 \text{ J/cm}^2$  enerji yoğunluğu uygulanan gruplarda ise mine prizmaları ekspozel olmamıştır ve yüzeyleri kontrol grubundaki ışınlanmamış dişlere benzer biçimde düzgündür. Hiçbir grupta termal hasar, çatlak veya erime görülmemiştir.

Olivi ve ark. (2010), daimi üçüncü molar dişlerde, Er,Cr:YSGG lazer ile farklı güç ve hava/su değerlerinde çalışarak lazerin mine yüzeyinde yaptığı morfolojik değişimi incelemiştir. Bu amaçla deney sonrası örnekler metal ile kaplanmış ve SEM ile  $\times 46.4$  büyütmede incelenerek analog fotoğraflar alınmıştır. Bu

incelemede mikro patlamaların klasik bulgusu olan kraterler ve keskin kenarlar izlenmiştir. Mine prizmalarının ise çoğunlukla Silverstone tip 2 ve 3 yapıda olduğu tespit edilmiştir. Yüzey yapısının hava/su değerlerinin değişiminden etkilendiği ve daha yüksek hava/su değerleriyle çalışıldığında termal etkinin azalarak daha düzgün bir prizmatik yapı elde edildiği bildirilmiştir.

### 1.3.8 Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi (EDS)

Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi (EDS), herhangi bir örnek veya örnek üzerindeki ilgili küçük bir alanda elementel kompozisyonu tanımlamak için kullanılan bir tekniktir. Elektron mikroskopunun (SEM) aracılığı ile yapılan EDS analizi, örnek üzerine taramalı bir elektron demeti düşürülerek gerçekleştirilir. Örnek yüzeyine yüksek enerjili elektronlar çarptığında, örnek yüzeyinden bazı elektronlar kopar. Dış orbitallerdeki elektronların enerjileri, iç orbitallerdeki elektronların enerjilerinden daha yüksek olduğu için, dış orbital elektronları iç orbitalleri doldururken belli bir miktar enerji kaybetmek zorundadır. Bu kaybedilen enerji X-ışını şeklinde ortaya çıkar. Örnekten yayılan X-ışınları yarı iletken dedektör tarafından algılanır. İletkenlik bandına geçen elektronlar, elektrik sinyaline dönüştürülür (Skoog ve ark. 1998). Böylece yayılan X-ışınları analiz edilerek, incelenen örneğin elementel kompozisyonu tespit edilebilmektedir. Örnek içerisindeki elementlerin yüzdeleri, elementlerin piklerinin altındaki alanlarla orantılıdır. İncelenen örneğin bileşimindeki elementler, 3 tür kimyasal analiz yöntemi ile belirlenebilir: Nokta analizi, alan analizi ve çizgi analizi.

Sadece incelenmek istenen elementin sahip olduğu piklerin temsil ettiği X-ışınlarının seçilmesi ve EDS detektöründe sayılması sonucu, örnek yüzeyindeki her bir nokta için o elementin göreceli oranı tespit edilebilir. Alan analizi, bu sayımların iki boyutlu dağılımı gösterimi olup, o elementin X-ışınları haritasını verir (Özsaçmacı 2016).

Rodríguez-Vilchis ve ark. (2011), daimi üçüncü molar dişlere Er:YAG lazeri farklı enerji yoğunluklarında uygulayarak minenin yüzey yapısındaki morfolojik ve

kimyasal değişimleri değerlendirmiştir. Örnekler SEM ile yapılan morfolojik incelemelerin ardından, 15 KeV, 100 sn süreyle EDS ile analiz edilmiştir. Bu yöntemle örneklerin krater ve periferel bölgelerindeki 12 ayrı noktada Ca, P, O ve Cl minerallerinin yoğunluğu tespit edilmiştir. 7.5 ve 11 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğundaki gruplarda hem krater hem periferel bölgede Ca yoğunluğunda belirgin olarak azalma görülmüştür.

Ana ve ark. (2012), daimi üçüncü molar dişlerde yaptıkları çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerin (su soğutmasız) 2.8, 5.6 ve 8.5 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluklarında, yalnız lazer ve lazer+APF jel şeklinde uygulanması sonrasında mine demineralizasyonundaki değişimi incelemiştir. Morfolojik analiz amacıyla düşük vakumlu modda yapılan SEM incelemesi öncesinde, örnekler kırılarak ikiye ayrılmıştır. Hem lazer uygulanan yüzey hem de kırılarak açığa çıkarılan yüzey, SEM ile incelenmiştir. Daha sonra elementel kompozisyonun incelenmesi için lazer uygulanan yüzeyde 15 kV ile EDS analizi yapılarak, Ca, F ve O elementlerinin kütle yüzdesi belirlenmiştir. Buna göre, globüllerin fazla olduğu bölgede F elementi konsantrasyonu daha fazladır ve 5.6 / 8.5 J/cm<sup>2</sup> lazer+APF uygulanan gruplarda daha büyük globüller meydana gelmiştir.

Zamudio-Ortega ve ark. (2014), farklı enerji yoğunluklarında Er:YAG lazeri APF jel ile birlikte ve ayrı olarak süt molar dişlerden elde edilen mine örneklerine uygulamış ve örneklerin yüzey morfolojisini düşük vakumlu modda x400 büyütmede SEM ile incelemiştir. Ardından mikroskoba bağlı olan X-ışını dedektörü ile EDS analizi yapılmıştır ve x100 büyütmede C, O, F, Ca ve P elementlerinin atomik yoğunlukları ölçülerek yüzde olarak miktarları belirlenmiştir. Sonuç olarak, 12.7 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğunda topikal floridle birlikte uygulanan Er:YAG lazer ışığının, C yoğunluğunda azalma, F alımında artış, Ca/P oranında artışı sağladığı bildirilmiştir.

## 2 GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, süt ve daimi diş minelerinin, çürük oluşumuna karşı direncinin artırılması ve çürük oluşumunun önlenmesi amacıyla uygulanan Er,Cr:YSGG lazerin,

- i. Farklı güç değerlerinin,
- ii. Su soğutmalı ve soğutmasız koşullarda kullanımının,
- iii. Topikal floridle birlikte ve ayrı uygulanmasının etkinliğinin in vitro olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

Araştırmamız için Kırıkkale Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan etik kurul onayı (Karar No: 23/22) (Ek-1) alınmıştır.

### 2.1 İncelenecek Mine Örneklerinin Hazırlanması ve Deneylerin Uygulanması

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı Kliniği ve Sağlık Bakanlığı Kırıkkale Ağız ve Diş Sağlığı Merkezine başvuran hastalardan;

- i. Çalışma hakkında bilgilendirilmeyi takiben araştırmaya gönüllü olarak katılmayı kabul ederek bilgilendirilmiş onam formunu kendisi veya velisi imzalamış olanlar,
- ii. Çekim endikasyonu olan daimi üçüncü molar dişi/dişleri bulunanlar,
- iii. Fizyolojik kök rezorbsiyonu sebebiyle çekim endikasyonu olan süt molar dişi/dişleri bulunanlar çalışmaya dahil edilmiştir.

Dahil edilmeme kriterleri;

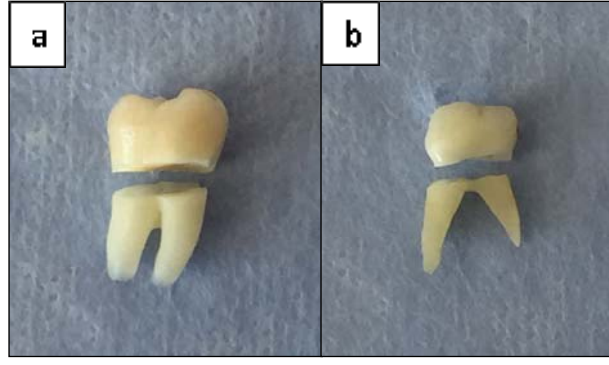
- i. Hastaların ve velilerin çalışmaya katılmayı kabul etmemesi,
- ii. Dişlerin bukkal ve lingual/palatinal yüzeylerinde çürük, hipomineralizasyon, hipoplazi, malformasyon, kırık, çatlak veya önceden yapılmış bir restorasyon varlığı,
- iii. Hastaların yapılacak işleme uyum göstermemesidir.

Dişlerin toplanmasından önce hasta ve/veya velisinden bilgilendirilmiş yazılı onam formu (Ek-2) alınmıştır. Yapılan Power analizine göre, yukarıdaki kriterlere uygun hastalardan 113 adet süt molar ve 113 adet daimi üçüncü molar diş toplanmıştır.

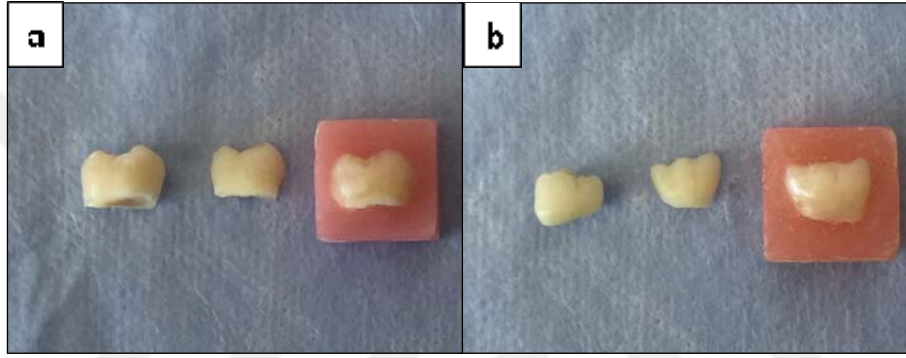
### **2.1.1 Mine Örneklerinin Hazırlanması**

Dişler, önce mekanik olarak el aletleri yardımıyla, daha sonra florid içermeyen pomza ve polisaj fırçası ile temizlenmiştir. Deney sürecine kadar dişler yıkıcı etkiler oluşturmadan antimikrobiyal etki gösterebilmesi sebebiyle % 0.1'lik timol solüsyonu (A.D.R. Group, İstanbul, Türkiye) içinde bekletilmiştir (Freitas ve ark. 2010). Dişlerin kronları, mine-sement sınırından elmas separe ile su soğutması altında köklerinden ayrılmış (Şekil 2.1) ve dişlerin kron pulpası ekskavatör yardımı ile uzaklaştırılmıştır. Daha sonra dişler mezio-distal yönde kesilerek her diştten iki yüzey elde edilmiştir (Şekil 2.2). Çalışmamızda tüm deneyler dişlerin bukkal/labial ve lingual/palatinal mine yüzeyleri üzerinde yürütülmüştür. Her bir diş örneği diş yüzeyi dışarıda kalacak şekilde akril (Orthocryl EQ, Dentaurum, İspringen, Almanya) bloklara gömülmüştür (Şekil 2.2). Dişlerin yüzeyi, gren boyutu gittikçe azalan silikon karbid zımparalarla (Struers, Ballerup, İngiltere) 4000 grite kadar zımparalanarak yaklaşık 150 µm'lik diş mine tabakası kaldırılmıştır (Zhang ve ark. 2011). Mine yüzeyleri 4x4 mm'lik (Mehta ve ark. 2014) standart boyutlarda etiketler yapıştırılarak etiket dışında kalan kısımlar iki kat tırnak cilası (Flormar Matte, Kocaeli, Türkiye) ile kaplanmıştır (Şekil 2.3).

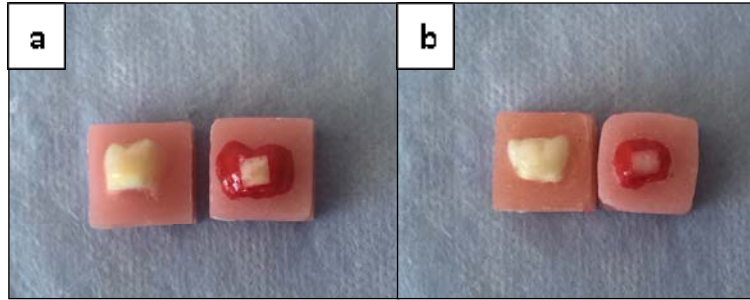




Şekil 2.1 Kronları köklerden ayrılan diş örnekleri (a: Daimi diş, b: Süt dişi)



Şekil 2.2 Kronları kesilerek akrile gömülen diş örnekleri (a: Daimi diş, b: Süt dişi)



Şekil 2.3 Tırnak cilası ile çalışma sınırları belirlenen diş örnekleri (a: Daimi diş, b: Süt dişi)

Elde edilen 225 adet daimi diş ve 225 adet süt dişi mine örneğinden her grupta 15 adet olacak şekilde, toplam 30 grup oluşturulmuştur.

## **Deney Grupları:**

### **DAİMİ DİŞLER**

**K:** Negatif kontrol grubu; herhangi bir tedavi uygulanmamıştır.

**APF:** APF jel grubu (Topex APF jel, % 1.23 F)

**DU:** Florid cila grubu (Duraphat cila, % 5 F)

**L1:** Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.25 W) Su Soğutmasız

**L2:** Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.50 W) Su Soğutmasız

**L3:** Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.75 W) Su Soğutmasız

**L4:** Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.25 W) Su Soğutmalı

**L5:** Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.50 W) Su Soğutmalı

**L6:** Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.75 W) Su Soğutmalı

**APF+L1:** APF jel + Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.25 W) Su Soğutmasız

**APF+L2:** APF jel + Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.50 W) Su Soğutmasız

**APF+L3:** APF jel + Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.75 W) Su Soğutmasız

**APF+L4:** APF jel + Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.25 W) Su Soğutmalı

**APF+L5:** APF jel + Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.50 W) Su Soğutmalı

**APF+L6:** APF jel + Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.75 W) Su Soğutmalı

## SÜT DİŞLERİ

**K:** Negatif kontrol grubu; herhangi bir tedavi uygulanmamıştır.

**APF:** APF jel grubu (Topex APF jel, % 1.23 F)

**DU:** Florid cila grubu (Duraphat cila, % 5 F)

**L1:** Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.25 W) Su Soğutmasız

**L2:** Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.50 W) Su Soğutmasız

**L3:** Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.75 W) Su Soğutmasız

**L4:** Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.25 W) Su Soğutmalı

**L5:** Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.50 W) Su Soğutmalı

**L6:** Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.75 W) Su Soğutmalı

**APF+L1:** APF jel + Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.25 W) Su Soğutmasız

**APF+L2:** APF jel + Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.50 W) Su Soğutmasız

**APF+L3:** APF jel + Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.75 W) Su Soğutmasız

**APF+L4:** APF jel + Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.25 W) Su Soğutmalı

**APF+L5:** APF jel + Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.50 W) Su Soğutmalı

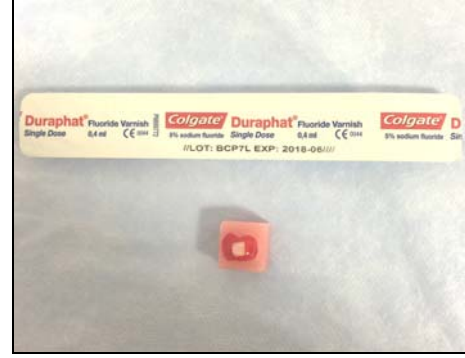
**APF+L6:** APF jel + Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz - 0.75 W) Su Soğutmalı

### 2.1.2 Mine Örneklerine Koruyucu Tedavilerin Uygulanması

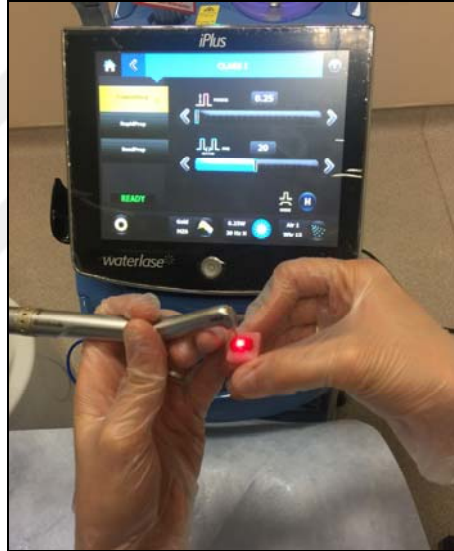
- a. Negatif kontrol grubu; herhangi bir tedavi uygulanmamıştır.
- b. APF jel grubu; topikal florid olan % 1.23 florid içeren asidüle fosfat florid jel (Topex APF Flouride Gel, Sultan Healthcare Inc, Kaliforniya, ABD) (pH 3.6-3.9) 4 dakika uygulanıp, distile su ile yıkanmış ve kurutulmuştur (Şekil 2.5) (Delbem ve ark. 2003, Moslemi ve ark. 2009, Ana ve ark. 2012).
- c. Florid cila grubu; % 5 sodyum florid içeren cila (Duraphat, Colgate-Palmolive Ltd, İngiltere) kendi fırçası ile ince bir tabaka olarak 10 saniye süresince uygulanmıştır ve 2 dakika sonra distile suya konulmuştur (Şekil 2.6) (Santos Jr ve ark. 2014).
- d. Yalnızca lazer uygulanan gruplarda; APF jel uygulanmadan yalnızca Er,Cr:YSGG lazer, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı Kliniği'nde mevcut olan Er,Cr:YSGG lazer cihazı (Waterlase iPlus, Biolase Technologies, ABD) kullanılarak uygulanmıştır. Lazer ucunun dişten uzaklığı, 1 mm olacak şekilde kanal eğesi kullanılarak sabitlenmiştir (Freitas ve ark. 2010, Anaraki ve ark. 2012). Lazer ucu dik tutularak, focused modda, non-kontakt olarak tüm mine yüzeyi, 20 saniye süreyle vertikal ve horizontal yönde homojen biçimde taranmıştır (Şekil 2.7) (Freitas ve ark. 2008). Cihazdan çıkan output güç değeri, lazer powermetre (Ophir Optronics Ltd, Jerusalem, İsrail) ile ölçülmüştür.
- e. APF jel + lazer gruplarında; mine örneklerine ilk olarak, topikal florid olan % 1.23 florid içeren asidüle fosfat florid jel (Topex APF Flouride Gel, Sultan Healthcare Inc, Kaliforniya, ABD) (pH 3.6-3.9) 4 dakika uygulanıp, distile su ile yıkanmış ve kurutulmuştur (Delbem ve ark. 2003, Moslemi ve ark. 2009, Ana ve ark. 2012). Daha sonra Er,Cr:YSGG lazer yukarıdaki gibi uygulanmıştır.



Şekil 2.4 Örneklere APF jel uygulanması



Şekil 2.5 Örneklere florid cila uygulanması



Şekil 2.6 Örneklere Er,Cr:YSGG lazer uygulanması

### **Er,Cr:YSGG Lazer Parametreleri:**

- Güç: 0.25, 0.50 ve 0.75 W (Freitas ve ark. 2010)
- Frekans: 20 Hz
- Atım enerjisi: 12.5, 25 ve 37.5 mJ
- Atım genişliği: 60  $\mu$ s
- Enerji Yoğunluğu: 4.42, 8.84 ve 13.26 J/cm<sup>2</sup>
- Uygulama Ucu: MZ6 ucu (600  $\mu$ m çaplı fiber uç) (Geraldo-Martins ve ark. 2013)

- Hava/Su: Su soğutmalı gruplarda: hava: 0, su: 2 ml/dk (Correa-Afonso ve ark. 2010), su soğutmasız gruplarda: hava:0, su:0 (Ana ve ark. 2012, Zamataro ve ark. 2013)

### 2.1.3 Mine Örneklerine pH Döngüsünün Uygulanması

Deneylerin yürütülmesi esnasında mine örneklerine, ağız ortamında gün boyu oluşan pH değişimlerini taklit etmek amacıyla demineralizasyon-remineralizasyon döngüsü (pH siklusu) uygulanmıştır. pH döngüsünde kullanılan demineralizasyon ve remineralizasyon solüsyonları Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Laboratuvarında hazırlanmıştır. Hazırlanan demineralizasyon ve remineralizasyon solüsyonlarının kimyasal bileşenleri aşağıda belirtilmiştir (Featherstone ve ark. 1986, Featherstone 1996, Apel ve ark. 2004, Geraldo-Martins ve ark. 2013).

#### **Demineralizasyon solüsyonu:**

2.0 mmol/L kalsiyum,

2.0 mmol/L fosfat,

0.075 mol/L asetat içermektedir ve pH'ı 4.3 olacak şekilde hazırlanmıştır.

#### **Remineralizasyon solüsyonu:**

1.5 mmol/L kalsiyum,

0.9 mmol/L fosfat,

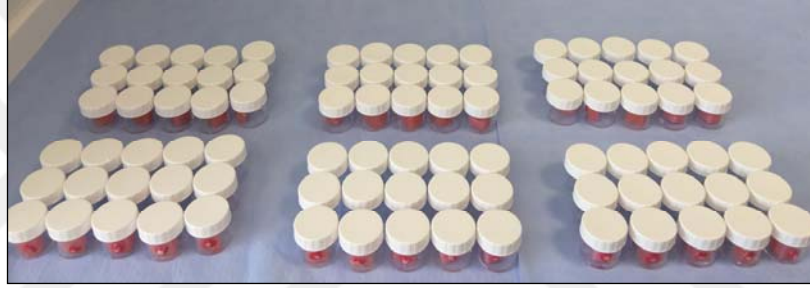
150 mmol/L potasyum klorit içermektedir ve pH'ı 7.0 olacak şekilde hazırlanmıştır.

**a.** pH döngüsü (Featherstone ve ark. 1986, Featherstone 1996, Apel ve ark. 2004, Geraldo-Martins ve ark. 2013): Örnekler ilk olarak 6 saat boyunca, 5 ml'lik demineralizasyon solüsyonunda, her bir örnek için ayrı olan kaplar içerisinde 37°C'ye ayarlanan etüvde (Incubator EN 120, Nüve, Türkiye) bekletilmiştir (Şekil 2.8, 2.9).

**b.** Daha sonra örnekler bu solüsyondan çıkarılarak distile su ile yıkanmıştır.

c. Örnekler sonraki 17 saat boyunca, 5 ml'lik remineralizasyon solüsyonunda, her bir örnek için ayrı olan kaplar içerisinde 37°C'ye ayarlanan etüvde (Incubator EN 120, Nüve, Türkiye) bekletilmiştir.

Bu pH döngüsü işlemine 14 gün boyunca devam edilmiş ve her 5 günün sonunda örnekler, remineralizasyon solüsyonunda 2 gün boyunca bekletilmiştir. Öncelikle süt daha sonra daimi diş grupları döngüye tabi tutulmuştur. 14 günlük pH siklusunun ardından mine örnekleri oda sıcaklığında % 100 oranda nem içeren plastik bir kaptaki bekletilmiştir (Liu ve ark. 2012).



Şekil 2.7 Polistiren kaplara konulan mine örnekleri



Şekil 2.8 Örneklerin içerisinde bekletildiği etüv

## 2.2 Koruyucu Tedavilerin Mine Yüzeyine Etkisinin Değerlendirilmesi

### 2.2.1 Mine Örneklerinin SEM ile İncelenmesi

Her gruptan 5’şer adet diş örneği, yüzeyinde oluşan mikro boşluklar, çatlaklar, erime veya termal hasar bölgeleri gibi morfolojik değişimlerin incelenmesi için Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) (Şekil 2.11) kullanılarak yüzeydeki hasar derecesi analiz edilmiştir (Bevilacqua ve ark. 2008). SEM incelemesi yapılmadan önce örnek yüzeyleri yüzey kaplama cihazı (Şekil 2.10) yardımıyla altın ile kaplanmıştır.



Şekil 2.9 Yüzey kaplama cihazı



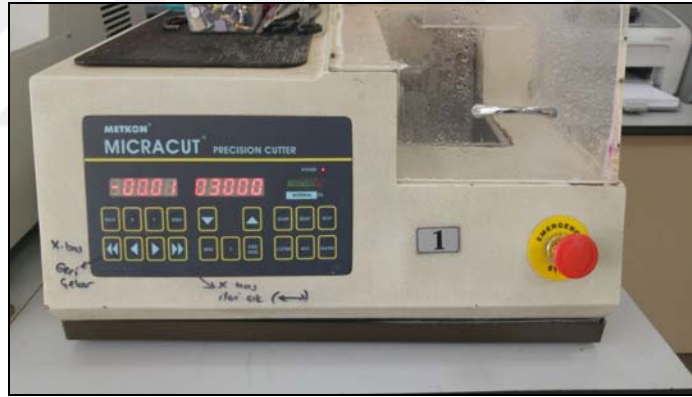
Şekil 2.10 Taramalı elektron mikroskobu

### 2.2.2 Mine Örneklerinin EDS Analizi

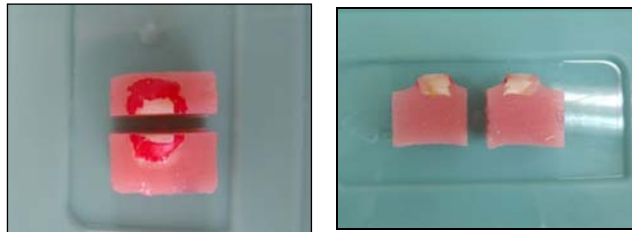
Tüm diş örnekleri, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Laboratuvarı’nda, tedavilerin uygulandığı alanın tam ortasından hassas kesme cihazı (Micracut 201, Metkon, Türkiye) (Şekil 2.12) ile vertikal yönde ikiye ayrılmıştır (Şekil 2.13) (Mei



ve ark. 2014). Elde edilen yüzeyler, sırasıyla 500, 1200 gritlik silikon karbidler (Struers, Ballerup, İngiltere) ile zımparalandıktan sonra (Correa-Afonso ve ark. 2010) ultrasonik temizleme cihazında 2 kez 5'şer dakika süreyle yıkanmıştır (Şekil 2.14) (Santos Jr ve ark. 2014). Hazırlanan örnekler, Ca, P, C, F ve O elementleri kütle yüzdelerinin ölçülmesi amacıyla, Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde, SEM cihazına bağlı olarak bulunan Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi (EDS) ile kimyasal olarak analiz edilmiştir (Zamudio-Ortega ve ark. 2014). EDS analizi, line scan modunda gerçekleştirilmiştir. Elementlerin örnekler içerisinde bulunan, mine yüzeyinden (0  $\mu\text{m}$ ), mine-dentin birleşimine doğru 30  $\mu\text{m}$  aralıklarla; 30  $\mu\text{m}$ , 60  $\mu\text{m}$ , 90  $\mu\text{m}$  ve 120  $\mu\text{m}$  derinliklerdeki kütle yüzdeleri ölçülmüştür. Daha sonra elementlerin tüm örneklerde kütle yüzdelerinin ortalamaları hesaplanmıştır.



Şekil 2.11 Hassas kesme cihazı



Şekil 2.12 Vertikal olarak ikiye ayrılan örnekler



**Şekil 2.13** Ultrasonik temizleme cihazı

### **2.3 Verilerin İstatistiksel Analizinin Yapılması**

Bu çalışmada elde edilen veriler SPSS 20 paket programı ile analiz edilmiştir. Elde edilen verilerin ölçüm içermeleri nedeniyle Kolmogorov-Smirnov testi ile verilerin dağılım normalliği değerlendirilmiş ve bütün gruptaki verilerin normal dağılıma sahip olduğu belirlenmiştir. Çok gruplu karşılaştırmalarda tek yönlü ANOVA testi kullanılmış ve post hoc testi olarak Sheffe testi ile anlamlılık değerlendirmesi yapılmıştır ( $p < 0,05$  istatistiksel olarak anlamlılık ifade etmektedir).

### 3 BULGULAR

#### 3.1 EDS Metodu ile Değerlendirme Bulguları

##### 3.1.1 Daimi Dişlerde EDS Metodu ile Değerlendirme Bulguları

Daimi dişlerde tüm elementlerin kütle yüzdelerinin gruptaki ortalama (ort) ve standart sapma (SS) değerleri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Ca elementinde, en yüksek değer L3 (0.75 W-Susuz) grubunda görülürken, en düşük değer L1 (0.25 W-Susuz) grubunda görülmektedir. P elementinde Ca elementine benzer olarak en yüksek değer L3 (0.75 W-Susuz) grubunda görülürken, en düşük değer L1 (0.25 W-Susuz) grubunda görülmektedir. C elementinde en yüksek değer APF+L6 (APF+0.75 W-Sulu) grubunda görülürken, en düşük değer APF+L4 (APF+0.25 W-Sulu) grubunda görülmektedir. F elementinde en yüksek değer APF+L2 (APF+0.50 W-Susuz) ve APF+L3 (APF+0.75 W-Susuz) gruplarında görülürken, en düşük değer kontrol grubunda görülmektedir. O elementinde en yüksek değer APF+L4 (APF+0.25 W-Sulu) grubunda görülürken, en düşük değer APF+L1 (APF+0.25 W-Susuz) grubunda görülmektedir.

**Çizelge 3.1 Daimi dişlerde elementlerin kütle yüzdelerinin gruptaki ortalama ve standart sapma değerleri**

<b>ELEMENTLER (%kütle)</b>	<b>Ca (Kalsiyum)</b>	<b>P (Fosfor)</b>	<b>C (Karbon)</b>	<b>F (Flor)</b>	<b>O (Oksijen)</b>
<b>GRUPLAR</b>	<b>Ort (±SS)</b>	<b>Ort (±SS)</b>	<b>Ort (±SS)</b>	<b>Ort (±SS)</b>	<b>Ort (±SS)</b>
<b>K (Kontrol)</b>	32,3(±4,3)	16,1(±2,1)	5,6(±4,8)	1,0(±0,7)	43,6(±3,4)
<b>DU (Duraphat)</b>	35,7(±5,6)	19,1(±4,2)	4,7(±3,2)	3,5(±3,1)	38,5(±7,5)
<b>APF (APF jel)</b>	43,7(±13,8)	22,6(±10,8)	6,1(±4,2)	3,1(±2,8)	30,5(±10,0)
<b>L1 (0.25 W-Susuz)</b>	30,9(±9,8)	15,5(±4,9)	7,0(±5,2)	1,9(±2,5)	41,6(±10,5)
<b>L2 (0.50 W-Susuz)</b>	43,5(±25,8)	24,7(±20,5)	5,5(±4,2)	1,4(±2,3)	34,3(±12,7)
<b>L3 (0.75 W-Susuz)</b>	47,0(±25,8)	27,2(±22,1)	4,5(±3,2)	2,4(±1,7)	31,9(±12,5)
<b>L4 (0.25 W-Sulu)</b>	33,4(±9,2)	19,5(±6,3)	6,4(±5,0)	2,1(±2,9)	35,1(±10,3)
<b>L5 (0.50 W-Sulu)</b>	32,6(±7,2)	16,7(±3,4)	6,9(±5,8)	2,4(±2,9)	41,4(±8,3)
<b>L6 (0.75 W-Sulu)</b>	31,1(±6,1)	17,4(±4,3)	7,4(±6,0)	2,4(±1,9)	40,7(±7,3)
<b>APF+L1 (APF+0.25 W-Susuz)</b>	37,0(±13,3)	17,2(±6,3)	8,6(±9,8)	5,0(±3,9)	29,5(±14,1)
<b>APF+L2 (APF+0.50 W-Susuz)</b>	37,4(±4,6)	19,7(±3,0)	7,0(±5,5)	7,3(±5,3)	34,9(±5,1)
<b>APF+L3 (APF+0.75 W-Susuz)</b>	39,5(±7,7)	20,4(±4,8)	8,1(±8,2)	7,3(±5,3)	29,5(±6,1)
<b>APF+L4 (APF+0.25 W-Sulu)</b>	36,4(±16,7)	19,5(±14,7)	3,3(±1,5)	5,7(±5,3)	44,7(±8,5)
<b>APF+L5 (APF+0.50 W-Sulu)</b>	33,6(±15,4)	17,3(±12)	5,4(±3,6)	5,6(±6,4)	44,2(±9,9)
<b>APF+L6 (APF+0.75 W-Sulu)</b>	39,7(±29,2)	26,8(±24,9)	9,9(±9,6)	2,5(±5,3)	39,9(±13,7)

Daimi dişlerde Ca elementinin kütle yüzdelерinin ANOVA analizinin Sheffe post-hoc testi sonucu gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalardan elde edilen ortalama fark değerleri Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Daimi dişlerde Ca elementi kütle yüzdelерinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması															
	K	DU	APF	L1	L2	L3	L4	L5	L6	APF +L1	APF +L2	APF +L3	APF +L4	APF +L5	APF +L6
K		-3,4	-11,5*	1,3	-11,2*	-14,7*	-1,1	-0,3	1,2	-4,8	-5,2	-7,2	-4,1	-1,4	-7,5
DU			-8,1	4,7	-7,8	-11,3*	2,3	3,1	4,6	-1,4	-1,8	-3,8	-0,7	2,0	-4,1
APF				12,8*	0,2	-3,2	10,4	11,2*	12,6*	6,7	6,3	4,3	7,4	10,1	4,0
L1					-12,6*	-16,0*	-2,4	-1,6	-0,2	-6,1	-6,5	-8,5	-5,4	-2,7	-8,8
L2						-3,5	10,1	10,9	12,4*	6,4	6,1	4,0	7,1	9,9	3,8
L3							13,6*	14,4*	15,9*	9,9	9,6	7,5	10,6	13,4*	7,3
L4								0,8	2,3	-3,7	-4,1	-6,1	-3,0	-0,3	-6,4
L5									1,5	-4,5	-4,9	-6,9	-3,8	-1,1	-7,2
L6										-6,0	-6,3	-8,4	-5,3	-2,5	-8,6
APF +L1											-0,4	-2,4	0,7	3,4	-2,7
APF +L2												-2,0	1,0	3,8	-2,3
APF +L3													3,1	5,8	-0,3
APF +L4														2,7	-3,3
APF +L5															-6,1
APF +L6															

“\*”; kütle yüzdeleri arasındaki ortalama fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05).

Ca elementinin kütle yüzdesinde gruplar arasında anlamlı farklılık mevcuttur ( $p<0,05$ ). L3 (0.75 W-Susuz) grubunun Ca kütle yüzdesi, sulu gruplar olan L4, L5 ve L6 gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksektir ( $p<0,05$ ). En yüksek Ca kütle yüzdesi L3 (0.75 W-Susuz) grubunda görülmekte olup; APF grubu ve APF+L3 grubu ile L3 arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ). Buna göre, Susuz-0.75 W uygulaması ile APF'nin birlikte kullanımında sinerjistik etki görülmemektedir.

Daimi dişlerde P elementinin kütle yüzdelерinin ANOVA analizinin Sheffe post-hoc testi sonucu gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalardan elde edilen ortalama fark değerleri Çizelge 3.3'te gösterilmiştir. P elementinin kütle yüzdesinde gruplar arasında anlamlı farklılık mevcuttur ( $p<0,05$ ). L6 (0.75 W-Sulu) grubunun P kütle yüzdesi APF+L6 grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede düşüktür ( $p<0,05$ ). En yüksek P kütle yüzdesi L3 (0.75 W-Susuz) grubunda görülmekte olup, APF'li hali olan APF+L3, APF ve sulu hali olan APF+L6 veya yalnız APF grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).

**Çizelge 3.3 Daimi dişlerde P elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması**

	K	DU	APF	L1	L2	L3	L4	L5	L6	APF +L1	APF +L2	APF +L3	APF +L4	APF +L5	APF +L6
K		-2,9	-6,5	0,6	-8,6	-11,1*	-3,3	-0,6	-1,3	-1,1	-3,6	-4,3	-3,4	-1,2	-10,7*
DU			-3,5	3,6	-5,7	-8,2	-0,4	2,3	1,7	1,8	-0,7	-1,4	-0,4	1,8	-7,8
APF				7,1	-2,1	-4,6	3,1	5,9	5,2	5,4	2,9	2,2	3,1	5,3	-4,2
L1					-9,2*	-11,7*	-4,0	-1,3	-1,9	-1,7	-4,2	-4,9	-4,0	-1,8	-11,3*
L2						-2,5	5,2	8,0	7,3	7,5	5,0	4,3	5,2	7,4	-2,1
L3							7,7	10,5*	9,8*	10,0*	7,5	6,8	7,7	9,9*	0,4
L4								2,7	2,1	2,2	-0,3	-1,0	0	2,2	-7,3
L5									-0,7	-0,5	-3,0	-3,7	-2,8	-0,6	-10,1*
L6										0,2	-2,3	-3,0	-2,1	0,1	-9,4*
APF +L1											-2,5	-3,2	-2,3	-0,1	-9,6*
APF +L2												-0,7	0,2	2,4	-7,1
APF +L3													0,9	3,1	-6,4
APF +L4														2,2	-7,3
APF +L5															-9,5*
APF +L6															

“\*”; kütle yüzdeleri arasındaki ortalama fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05).

Daimi dişlerde C elementinin kütle yüzdelерinin ANOVA analizinin Sheffe post-hoc testi sonucu gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalardan elde edilen ortalama fark değerleri Çizelge 3.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Daimi dişlerde C elementi kütle yüzdelерinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması															
	K	DU	APF	L1	L2	L3	L4	L5	L6	APF +L1	APF +L2	APF +L3	APF +L4	APF +L5	APF +L6
K		0,8	-0,6	-1,4	0,1	1,1	-0,8	-1,3	-1,8	-3,1	-1,4	-2,5	2,3	0,1	-4,4*
DU			-1,4	-2,3	-0,7	0,2	-1,7	-2,2	-2,6	-3,9	-2,3	-3,4	1,4	-0,7	-5,2*
APF				-0,9	0,7	1,6	-0,3	-0,8	-1,2	-2,5	-0,9	-2,0	2,8	0,7	-3,8
L1					1,5	2,5	0,6	0,1	-0,4	-1,6	0	-1,1	3,7	1,6	-2,9
L2						1,0	-0,9	-1,4	-1,9	-3,2	-1,5	-2,6	2,2	0	-4,5*
L3							-1,9	-2,4	-2,9	-4,2	-2,5	-3,6	1,2	-1,0	-5,4*
L4								-0,5	-1,0	-2,2	-0,6	-1,7	3,1	1,0	-3,5
L5									-0,5	-1,7	-0,1	-1,2	3,6	1,5	-3,0
L6										-1,3	0,4	-0,7	4,1	1,9	-2,6
APF +L1											1,6	0,5	5,4*	3,2	-1,3
APF +L2												-1,1	3,7	1,6	-2,9
APF +L3													4,8*	2,7	-1,8
APF +L4														-2,1	-6,6*
APF +L5															-4,5*
APF +L6															

“\*”; kütle yüzdeleri arasındaki ortalama fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05).



C elementinin kütle yüzdesinde gruplar arasında anlamlı farklılık mevcuttur ( $p<0,05$ ). APF+L6 (APF+0.75 W-Sulu) grubunun C kütle yüzdesi; Kontrol, Duraphat, sulu gruplar olan APF+L4 ve APF+L5 gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Buna göre, sulu ve APF'li gruplarda lazerin güç değeri arttıkça C kütle yüzdesi de artmıştır. APF+L4 (APF+0.25 W-Sulu) grubunun C kütle yüzdesi, susuz gruplar olan APF+L1 ve APF+L3 gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşüktür ( $p<0,05$ ).

Daimi dişlerde F elementinin kütle yüzdelерinin ANOVA analizinin Sheffe post-hoc testi sonucu gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalardan elde edilen ortalama fark değeri Çizelge 3.5'te gösterilmiştir. F elementinin kütle yüzdesinde gruplar arasında anlamlı farklılık mevcuttur ( $p<0,05$ ). İkili karşılaştırmalarda L1, L2, L3, L4 ve L5 gruplarının F kütle yüzdesi; APF'li halleri olan APF+L1, APF+L2, APF+L3, APF+L4 ve APF+L5 gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşüktür ( $p<0,05$ ).

**Çizelge 3.5 Daimi dişlerde F elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması**

	K	DU	APF	L1	L2	L3	L4	L5	L6	APF +L1	APF +L2	APF +L3	APF +L4	APF +L5	APF +L6
K		-2,5	-2,1	-1,0	-0,5	-1,5	-1,1	-1,5	-1,5	-4,0*	-6,3*	-6,3*	-4,8*	-4,7*	-1,5
DU			0,4	0,5	2,0	1,0	1,4	1,0	1,0	-1,5	-3,8*	-3,8*	-2,2	-2,2	1,0
APF				1,2	1,7	0,6	1,0	0,7	0,7	-1,9	-4,2*	-4,2*	-2,6	-2,5	0,6
L1					2,0	-0,5	-0,2	-0,5	-0,5	-3,0*	-5,4*	-5,4*	-3,8*	-3,7*	-0,5
L2						-1,0	-0,7	-1,0	-1,0	-3,5*	-5,9*	-5,9*	-4,3*	-4,2*	-1,0
L3							0,4	0	0	-2,5	4,8*	-4,8*	-3,3*	-3,2*	0
L4								-0,3	-0,4	-2,9*	-5,2*	-5,2*	-3,6*	-3,5*	-0,4
L5									0	-2,5	-4,9*	-4,9*	-3,3*	-3,2*	0
L6										-2,5	-4,8*	-4,8*	-3,3*	-3,2*	0
APF +L1											-2,3	-2,3	-0,8	-0,7	2,5
APF +L2												0	1,6	1,6	4,8*
APF +L3													1,6	1,7	4,8*
APF +L4														0,1	3,2*
APF +L5															3,2*
APF +L6															

“\*”; kütle yüzdeleri arasındaki ortalama fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05).

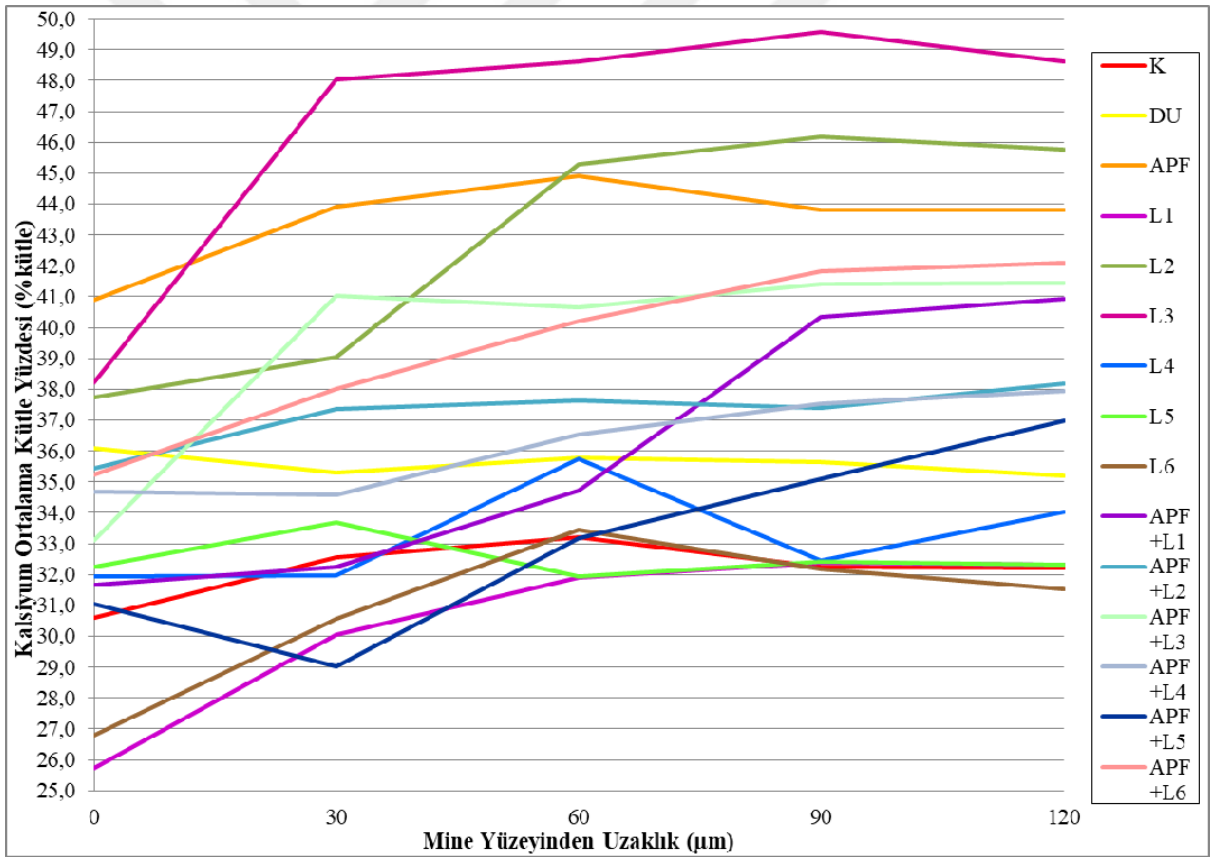
Daimi dişlerde O elementinin kütle yüzdelerinin ANOVA analizinin Sheffe post-hoc testi sonucu gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalardan elde edilen ortalama fark değerleri Çizelge 3.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6 Daimi dişlerde O elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması															
	K	DU	APF	L1	L2	L3	L4	L5	L6	APF +L1	APF +L2	APF +L3	APF +L4	APF +L5	APF +L6
K		5,1	13,1*	2,0	9,3*	11,7*	8,5*	2,2	2,9	14,1*	8,7*	14,1*	-1,1	-0,6	3,7
DU			8,0*	-3,2	4,2	6,6	3,3	-2,9	-2,2	9,0*	3,6	8,9*	6,-3	-5,8	-1,5
APF				-11,2*	-3,8	-1,4	-4,7	-10,9	-10,2*	1,0	-4,4	0,9	-14,3*	-13,8*	-9,5*
L1					7,3*	9,7*	6,5	0,2	1,0	12,1*	6,7	12,1*	-3,1	-2,6	1,7
L2						2,4	-0,8	-7,1	-6,4	4,8	-0,6	4,8	-10,4*	-9,9*	-5,6
L3							-3,2	-9,5*	-8,8*	2,4	-3,0	2,3	-12,8	-12,3*	-8,1*
L4								-6,3	-5,5	5,6	0,2	5,6	-9,6*	-9,1*	-4,8
L5									0,7	11,9*	6,5	11,9*	-3,3	-2,8	1,4
L6										11,2*	5,8	11,1*	-4,0	-3,6	0,7
APF +L1											-5,4	0	-15,2*	-14,7*	-10,5*
APF +L2												5,4	-9,8*	-9,3*	-5,1
APF +L3													-15,2*	-14,7*	-10,4*
APF +L4														0,5	4,8
APF +L5															4,3
APF +L6															

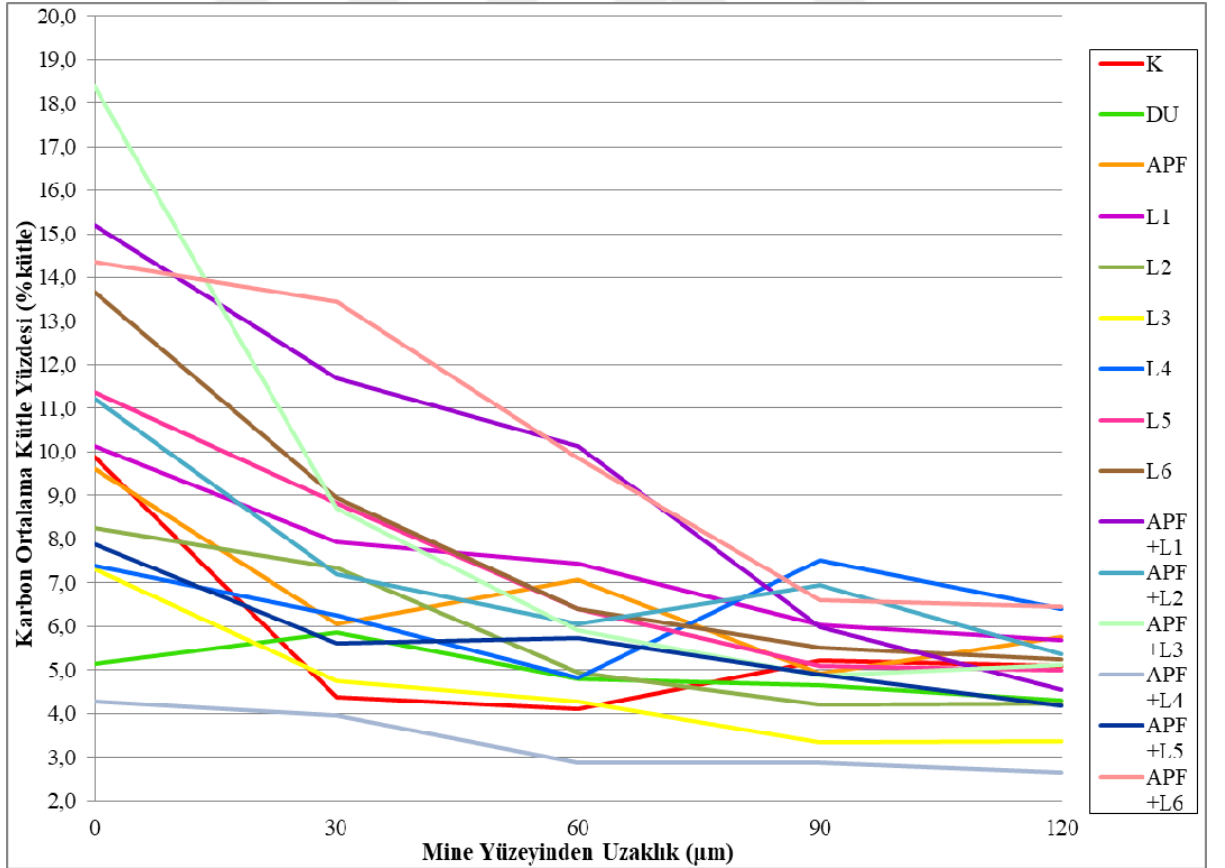
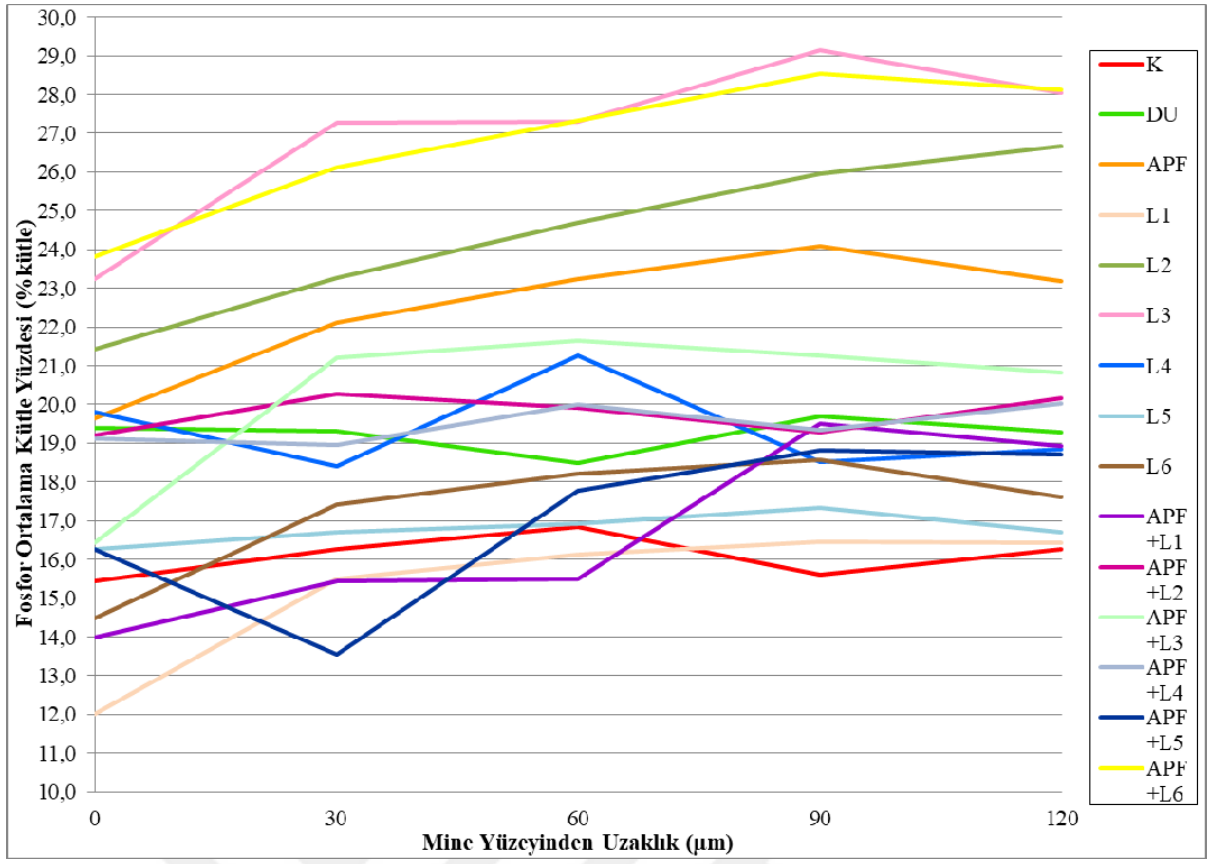
“\*”; kütle yüzdeleri arasındaki ortalama fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05).

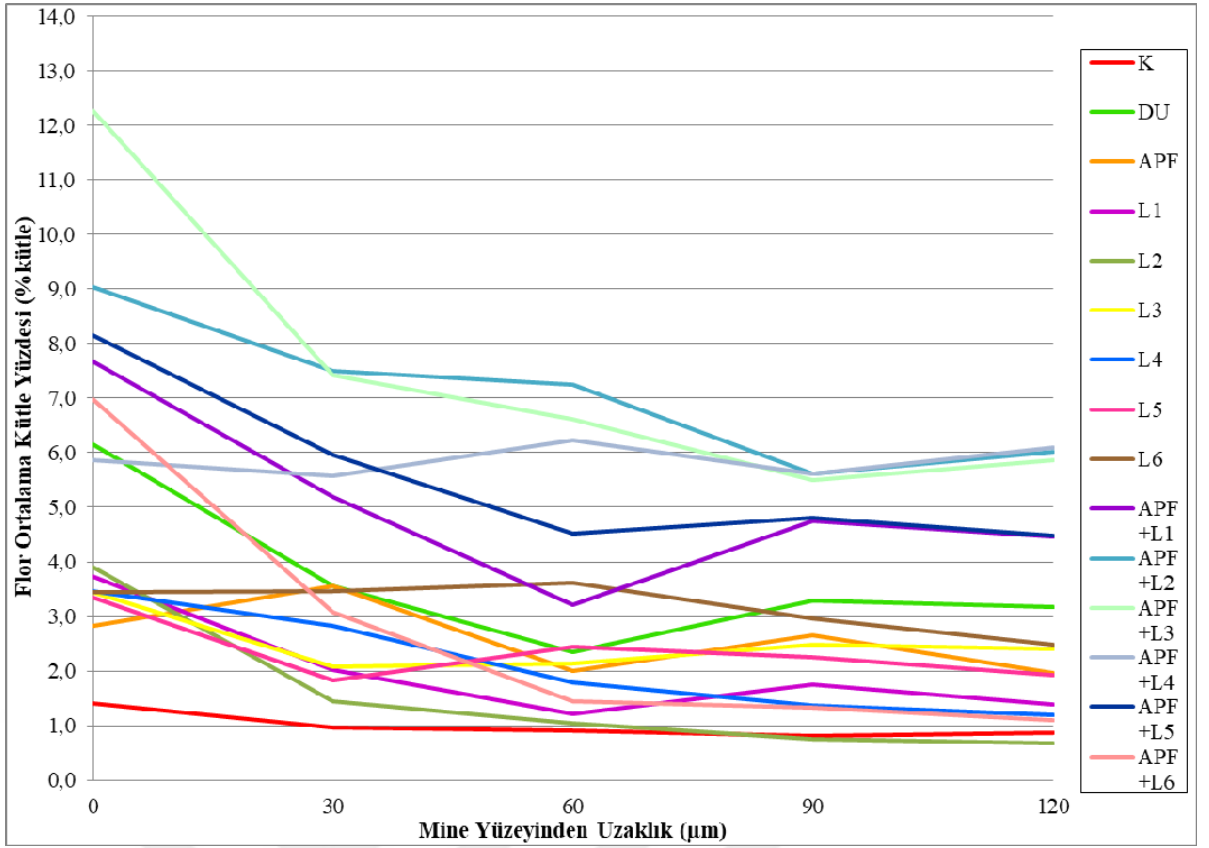
O elementinin kütle yüzdesinde gruplar arasında anlamlı farklılık mevcuttur ( $p<0,05$ ). APF+L4 (APF+0.25 W-Sulu) grubunun O kütle yüzdesi; susuz gruplar olan APF+L1, APF+L2 ve APF+L3 gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksektir ( $p<0,05$ ). Ayrıca, O kütle yüzdesi APF uygulanan susuz gruplarda (APF+L1, APF+L2, APF+L3), APF'siz gruplara (L1, L2, L3) kıyasla daha düşüktür.

Daimi dişlerden elde edilen kesitlerde yapılan line-scan analizinde, mine yüzeyinden (0  $\mu\text{m}$ ) derin tabakalara (120  $\mu\text{m}$ ) doğru gidildikçe Ca, P, C, F, O elementlerinin kütle yüzdesinin değişimi aşağıdaki grafiklerde (Şekil 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5) verilmiştir.

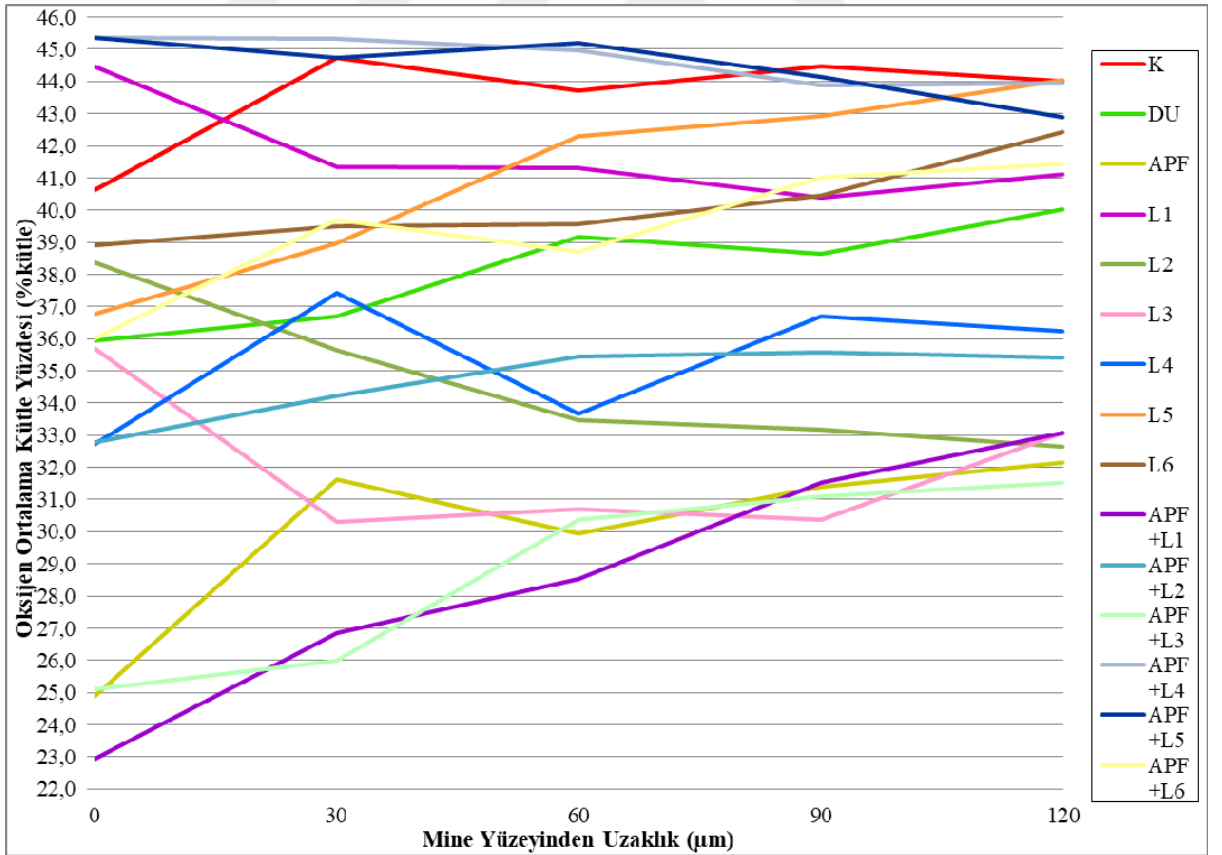


Şekil 3.1 Daimi dişlerde Ca elementinin mine yüzeyinden (0  $\mu\text{m}$ ) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi



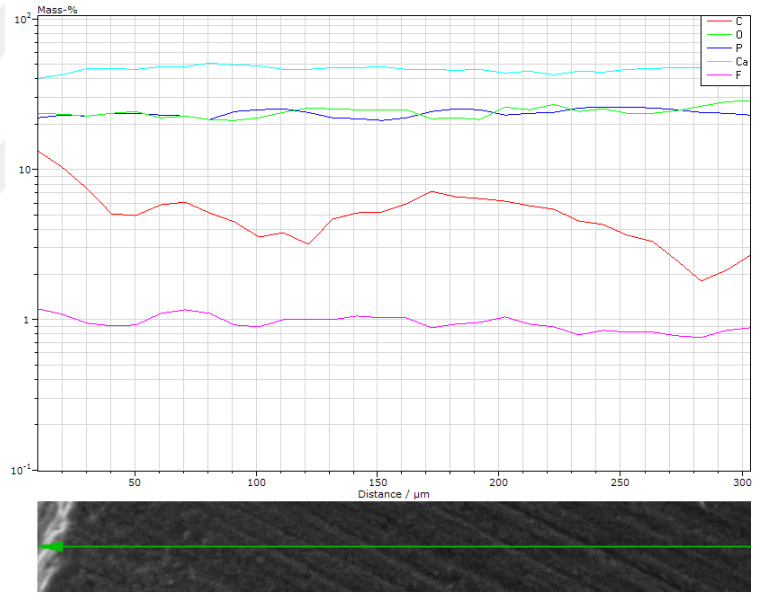
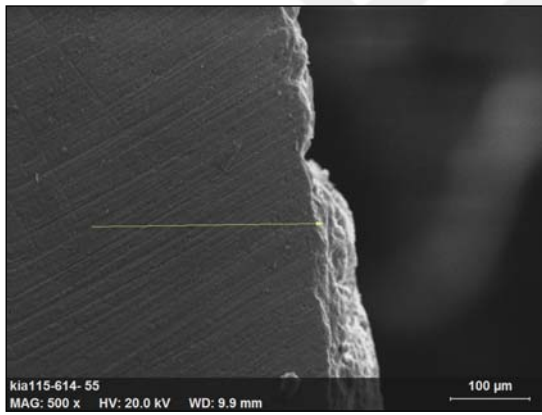


Şekil 3.4 Daimi dişlerde F elementinin mine yüzeyinden (0 µm) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi

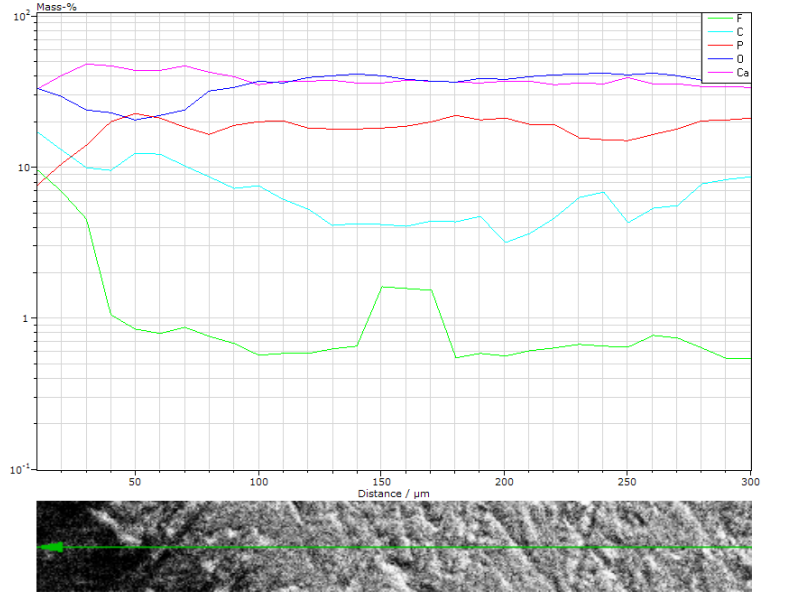
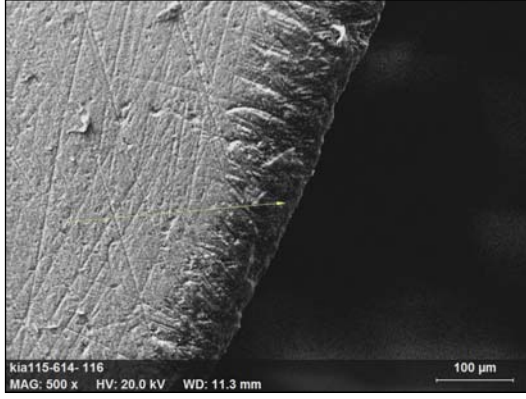


Şekil 3.5 Daimi dişlerde O elementinin mine yüzeyinden (0 µm) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi

Daimi dişlerde Ca ve P elementlerinin kütle yüzdelерinin değışimi birbirine benzer olup, yüzeyden derine doğru gidildikçe genel olarak tüm gruplarda artış görölmektedir (Şekil 3.1, 3.2). Mine yüzeyinde (0 µm) ve 30, 60, 90, 120 µm derinliklerde, en fazla Ca ve P kütle yüzdesi, L3 grubunda tespit edilmiştir. C elementinin kütle yüzdesi, tüm gruplarda yüzeyden derin tabakalara doğru gidildikçe azalmaktadır (Şekil 3.3). Yüzeyde en az miktarda tespit edildiği gruplar ise APF+L4'tür. F elementinin kütle yüzdesi, tüm gruplarda yüzeyden derine doğru gidildikçe azalmaktadır (Şekil 3.4). Yüzeyde ise en fazla miktarda göröldüğü grup APF+L3, en az göröldüğü grup kontrol grubudur. O elementinin kütle yüzdesinin yüzeyde en az olduğu grup APF+L1'dir (Şekil 3.5).



Şekil 3.6 Daimi dişlerde L1 grubuna ait bir örneğin SEM görüntüsü ve EDS analiz grafiği



**Şekil 3.7** Daimi dişlerde APF+L1 grubuna ait bir örneğin SEM görüntüsü ve EDS analiz grafiği

Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de daimi dişlere ait L1 ve APF+L1 gruplarından birer örneğin noktasal EDS analizi verilmiştir. Her iki örnekte de derinden yüzeye doğru gidildikçe son 50  $\mu\text{m}$ ’de Ca ve P elementlerinde azalma, C ve O elementlerinde artış görülmekte olup, bu değişim L1 grubunda daha belirgindir. Farklı olarak APF+L1 grubuna ait örnekte, derinden yüzeye doğru gidildikçe F elementinde belirgin artış görülmektedir (Şekil 3.7).



### 3.1.2 Süt Dişlerinde EDS Metodu ile Değerlendirme Bulguları

Süt dişlerinde tüm elementlerin kütle yüzdelerinin gruptaki ortalama (Ort) ve standart sapma (SS) değerleri Çizelge 3.7’de gösterilmiştir. Ca elementinde en yüksek değer L3 (0.75 W-Susuz) grubunda görülürken, en düşük değer APF+L1 (APF+0.25 W-Susuz) grubunda gözlenmiştir. P elementinde en yüksek değer L3 (0.75 W-Susuz) grubunda görülürken, en düşük değer APF+L1 (APF+0.25 W-Susuz) grubunda gözlenmiştir. C elementinde en yüksek değer L3 (0.75 W-Susuz) grubunda görülürken, en düşük değer kontrol grubunda gözlenmiştir. F elementinde en yüksek değer APF+L4 (APF+0.25 W-Sulu) grubunda gözlenirken, en düşük değer L2 (0.50 W-Susuz) grubunda gözlenmiştir. O elementinde en yüksek değer APF+L1 (APF+0.25 W-Susuz) grubunda görülürken, en düşük değer APF grubunda gözlenmiştir.

**Çizelge 3.7 Süt dişlerinde elementlerin kütle yüzdelerinin gruptaki ortalama ve standart sapma değerleri**

<b>ELEMENTLER (%kütle)</b>	<b>Ca (Kalsiyum)</b>	<b>P (Fosfor)</b>	<b>C (Karbon)</b>	<b>F (Flor)</b>	<b>O (Oksijen)</b>
<b>GRUPLAR</b>	<b>Ort (±SS)</b>	<b>Ort (±SS)</b>	<b>Ort (±SS)</b>	<b>Ort (±SS)</b>	<b>Ort (±SS)</b>
<b>K (Kontrol)</b>	31,5(±5,1)	16,3(±3,0)	4,7(±5,2)	2,1(±3,7)	42,0(±4,8)
<b>DU (Duraphat)</b>	35,0(±5,2)	15,5(±3,7)	7,5(±4,1)	3,6(±2,4)	41,9(±6)
<b>APF (APF jel)</b>	40,7(±6,1)	21,7(±3,5)	6,8(±2,8)	2,8(±2,7)	28,7(±9,9)
<b>L1 (0.25 W-Susuz)</b>	32,2(±4,2)	15,7(±2,9)	5,6(±4,5)	2,4(±3,3)	44,2(±5,2)
<b>L2 (0.50 W-Susuz)</b>	31,1(±5,9)	15,5(±3,1)	5,2(±4,4)	1,9(±2,1)	41,3(±4,8)
<b>L3 (0.75 W-Susuz)</b>	42,3(±22,4)	24,2(±19,5)	10,2(±6,2)	2,2(±2,3)	37,7(±15,2)
<b>L4 (0.25 W-Sulu)</b>	32,8(±5,5)	15,6(±3,2)	6,5(±9,8)	2,0(±2,1)	43,1(±4,8)
<b>L5 (0.50 W-Sulu)</b>	35,8(±15,7)	18,1(±11,5)	6,1(±4,8)	2,1(±2,3)	42,2(±10,9)
<b>L6 (0.75 W-Sulu)</b>	30,9(±6,1)	15,2(±3,1)	7,2(±6,2)	2,1(±1,0)	43,9(±4,9)
<b>APF+L1 (APF+0.25 W-Susuz)</b>	28,1(±4,9)	13,3(±2,6)	8,6(±6,6)	3,6(±2,3)	46,4(±3,8)
<b>APF+L2 (APF+0.50 W-Susuz)</b>	31,0(±5,5)	14,8(±2,5)	7,1(±7,7)	5,3(±3,5)	41,8(±4,7)
<b>APF+L3 (APF+0.75 W-Susuz)</b>	31,5(±4,8)	15,3(±2,8)	5,6(±4,5)	8,9(±3,4)	38,7(±6,5)
<b>APF+L4 (APF+0.25 W-Sulu)</b>	33,3(±7,0)	17,1(±4,2)	6,2(±3,4)	11,0(±4,3)	32,3(±9,2)
<b>APF+L5 (APF+0.50 W-Sulu)</b>	31,2(±5,4)	15,6(±3,2)	6,8(±3,7)	5,5(±4,6)	40,9(±7,1)
<b>APF+L6 (APF+0.75 W-Sulu)</b>	35,9(±6,0)	18,0(±3,5)	6,1(±4,5)	3,8(±3,3)	36,1(±7,5)

Süt dişlerinde Ca elementinin kütle yüzdelerinin ANOVA analizinin Sheffe post-hoc testi sonucu gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalardan elde edilen ortalama fark değerleri izelge 3.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8 Süt dişlerinde Ca elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması															
	K	DU	APF	L1	L2	L3	L4	L5	L6	APF +L1	APF +L2	APF +L3	APF +L4	APF +L5	APF +L6
K		-3,5	-9,2*	-0,7	0,4	-10,8*	-1,3	-4,3	0,6	3,4	0,5	0	-1,8	0,3	-4,5
DU			-5,8	2,8	3,8	-7,3*	2,2	-0,9	4,1	6,9*	3,9	3,4	1,6	3,8	-1,0
APF				8,6*	9,6*	-1,5	7,9*	4,9	9,9*	12,7*	9,7*	9,2*	7,4*	9,5*	4,8
L1					1,0	-10,1*	-0,6	-3,7	1,3	4,1	1,2	0,7	-1,2	1,0	-3,8
L2						-11,1*	-1,7	-4,7	0,3	3,1	0,1	-0,4	-2,2	-0,1	-4,8
L3							9,5*	6,4*	11,3*	14,2*	11,3*	10,8*	8,9*	11,1*	6,3
L4								-3,0	1,9	4,7	1,8	1,3	-0,6	1,6	-3,2
L5									5,0	7,8*	4,8	4,3	2,5	4,6	-0,1
L6										2,8	-0,1	-0,6	-2,5	-0,3	-5,1
APF +L1											-2,9	-3,4	-5,3	-3,1	-7,9*
APF +L2												-0,5	-2,3	-0,2	-4,9
APF +L3													-1,8	0,3	-4,4
APF +L4														2,2	-2,6
APF +L5															-4,8
APF +L6															

“\*”; kütle yüzdeleri arasındaki ortalama fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05).

Ca elementinin kütle yüzdesinde gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ( $p<0,05$ ). L3 (0.75 W-Susuz) grubunun Ca kütle yüzdesi, APF grubu ve APF+L6 (APF+0.75 W-Sulu) grubu hariç tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksektir ( $p<0,05$ ). APF grubunun Ca kütle yüzdesi değeri, L3 grubuna yakın bir değere sahip olup aralarında istatistiksel farklılık görülmemektedir ( $p>0,05$ ). Ayrıca aynı güç değerine sahip, susuz L3 grubu ve sulu ve APF'li APF+L6 grubu arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ).

Süt dişlerinde P elementinin kütle yüzdelerinin ANOVA analizinin Sheffe post-hoc testi sonucu gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalardan elde edilen ortalama fark değerleri Çizelge 3.9'da gösterilmiştir. P elementinin kütle yüzdesinde gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ( $p<0,05$ ). L3 (0.75 W-Susuz) grubunun P kütle yüzdesi, APF grubu hariç tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksektir ( $p<0,05$ ). APF grubunun P kütle yüzdesi değeri, L3 grubuna yakın bir değere sahip olup aralarında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ).

**Çizelge 3.9 Süt dişlerinde P elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması**

	K	DU	APF	L1	L2	L3	L4	L5	L6	APF +L1	APF +L2	APF +L3	APF +L4	APF +L5	APF +L6
K		0,7	-5,4*	0,6	0,7	-8,0*	0,6	-1,8	1,1	2,9	1,5	1,0	-0,9	0,7	-1,8
DU			-6,1*	-0,1	0	-8,7*	-0,1	-2,5	0,3	2,2	0,8	0,3	-1,6	0	-2,5
APF				6,0*	6,2*	-2,5	6,0*	3,6	6,5*	8,3*	6,9*	6,4*	4,5	6,1*	3,6
L1					0,1	-8,6*	0	-2,4	0,4	2,3	0,9	0,4	-1,5	0,1	-2,4
L2						-8,7*	-0,1	-2,6	0,3	2,2	0,7	0,2	-1,6	-0,1	-2,5
L3							8,6*	6,1*	9,0*	10,9*	9,4*	8,9*	7,1*	8,6*	6,2*
L4								-2,4	0,4	2,3	0,9	0,4	-1,5	0,1	-2,4
L5									2,9	4,7	3,3	2,8	0,9	2,5	0
L6										1,9	0,4	-0,1	-1,9	-0,4	-2,8
APF +L1											-1,4	-1,9	-3,8	-2,2	-4,7
APF +L2												-0,5	-2,3	-0,8	-3,2
APF +L3													-1,9	-0,3	-2,8
APF +L4														1,6	-0,9
APF +L5															-2,4
APF +L6															

“\*”; kütle yüzdeleri arasındaki ortalama fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05).

Süt dişlerinde C elementinin kütle yüzdeleri ANOVA testi ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Sheffe post-hoc testi ile gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalardan elde edilen ortalama fark değerleri Çizelge 3.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.10 Süt dişlerinde C elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması															
	K	DU	APF	L1	L2	L3	L4	L5	L6	APF +L1	APF +L2	APF+L3	APF +L4	APF +L5	APF +L6
K		-2,8	-2,1	0-,8	-0,4	-5,4*	-1,8	-1,4	-2,5	-3,9	-2,3	-0,9	-1,5	-2,1	-1,4
DU			0,7	1,9	2,3	-2,7	1,0	1,4	0,3	-1,1	0,4	1,9	1,3	0,6	1,4
APF				1,2	1,6	-3,4	0,3	0,7	-0,4	-1,8	-0,3	1,2	0,6	-0,1	0,7
L1					0,4	-4,6	-0,9	-0,5	-1,7	-3,0	-1,5	-0,1	-0,7	-1,3	-0,6
L2						5,0*	-1,3	-0,9	-2,1	-3,4	-1,9	-0,5	-1,1	-1,7	-1,0
L3							3,7	4,1*	2,9	1,6	3,1	4,5*	3,9	3,3	4,0*
L4								0,4	-0,7	-2,1	-0,6	0,9	0,3	-0,4	-0,4
L5									-1,1	-2,5	-1,0	0,5	-0,1	-0,8	0
L6										-1,4	0,2	1,6	1,0	0,4	1,1
APF +L1											1,5	3,0	2,4	1,8	2,5
APF +L2												1,5	0,9	0,2	1,0
APF +L3													-0,6	-1,2	-0,5
APF +L4														-0,6	0,1
APF +L5															0,7
APF +L6															

“\*”; kütle yüzdeleri arasındaki ortalama fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05).

C elementinin kütle yüzdesinde gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). L3 (0.75 W-Susuz) grubunun C kütle yüzdesi, Kontrol, L2 (0.50 W-Susuz) grubu ve L5 (0.50 W-Sulu) gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Buna ek olarak, L3 grubunun C kütle yüzdesi, APF uygulanan gruplardan olan APF+L3 (APF+0.75 W-Susuz) ve APF+L6 (APF+0.75 W-Sulu) gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). L3 grubunun ikili karşılaştırmasında istatistiksel olarak en fazla anlamlı farklılık kontrol grubu ile arasında görülürken, en az farklılık APF+L6 grubu ile arasında görülmektedir. Diğer gruplar arasındaki ortalama farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

Süt dişlerinde F elementinin kütle yüzdesinin ANOVA analizinin Sheffe post-hoc testi sonucu gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalardan elde edilen ortalama fark değerleri Çizelge 3.11’de gösterilmiştir. F elementinin kütle yüzdesinde gruplar arasında anlamlı farklılık mevcuttur ( $p < 0,05$ ). APF+L4 (APF+0.25 W-Sulu) grubunun F kütle yüzdesi, APF+L3 (APF+0.75 W-Susuz) grubu hariç tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı ölçüde yüksek bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). APF+L4 grubunun ikili karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı en fazla farklılık L2 (0.50 W-Susuz) grubu ile arasında görülürken; en az farklılık APF+L5 (APF+0.50 W-Sulu) grubu ile arasında görülmektedir.

**Çizelge 3.11 Süt dişlerinde F elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması**

	K	DU	APF	L1	L2	L3	L4	L5	L6	APF +L1	APF +L2	APF +L3	APF +L4	APF +L5	APF +L6
K		-1,5	-0,7	-0,3	0,2	-0,1	0,1	0	0	-1,5	-3,2*	-6,8*	-8,9*	-3,4*	1,7
DU			0,8	1,2	1,7	1,4	1,6	1,5	1,4	0	-1,8	-5,3*	-7,5*	-1,9	-0,2
APF				0,4	0,9	0,6	0,8	0,8	0,7	-0,7	-2,5*	-6,1*	-8,2*	-2,6*	-0,9
L1					0,5	0,2	0,4	0,4	0,3	-1,2	-2,9*	-6,5*	-8,6*	-3,1*	-1,4
L2						-0,3	-0,1	-0,2	-0,2	-1,7	-3,4*	-7,0*	-9,1*	3,-6*	-1,9
L3							0,2	0,2	0,1	-1,3	-3,1*	-6,7*	-8,8*	-3,2*	-1,5
L4								-0,1	-0,1	-1,6	-3,3*	-6,9*	-9,1*	-3,5*	-1,8
L5									0,1	-1,5	-3,3*	-6,9*	-9,0*	-3,4*	-1,7
L6										-1,4	-3,0*	-6,8*	-8,9*	-3,3*	-1,6
APF +L1											-1,8	-5,4*	-7,5*	-1,9	-0,2
APF +L2												-3,6*	-5,7*	-0,1	1,6
APF +L3													-2,1	3,5*	5,2*
APF +L4														5,6*	7,3*
APF +L5															1,7
APF +L6															

“\*”; kütle yüzdeleri arasındaki ortalama fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05).



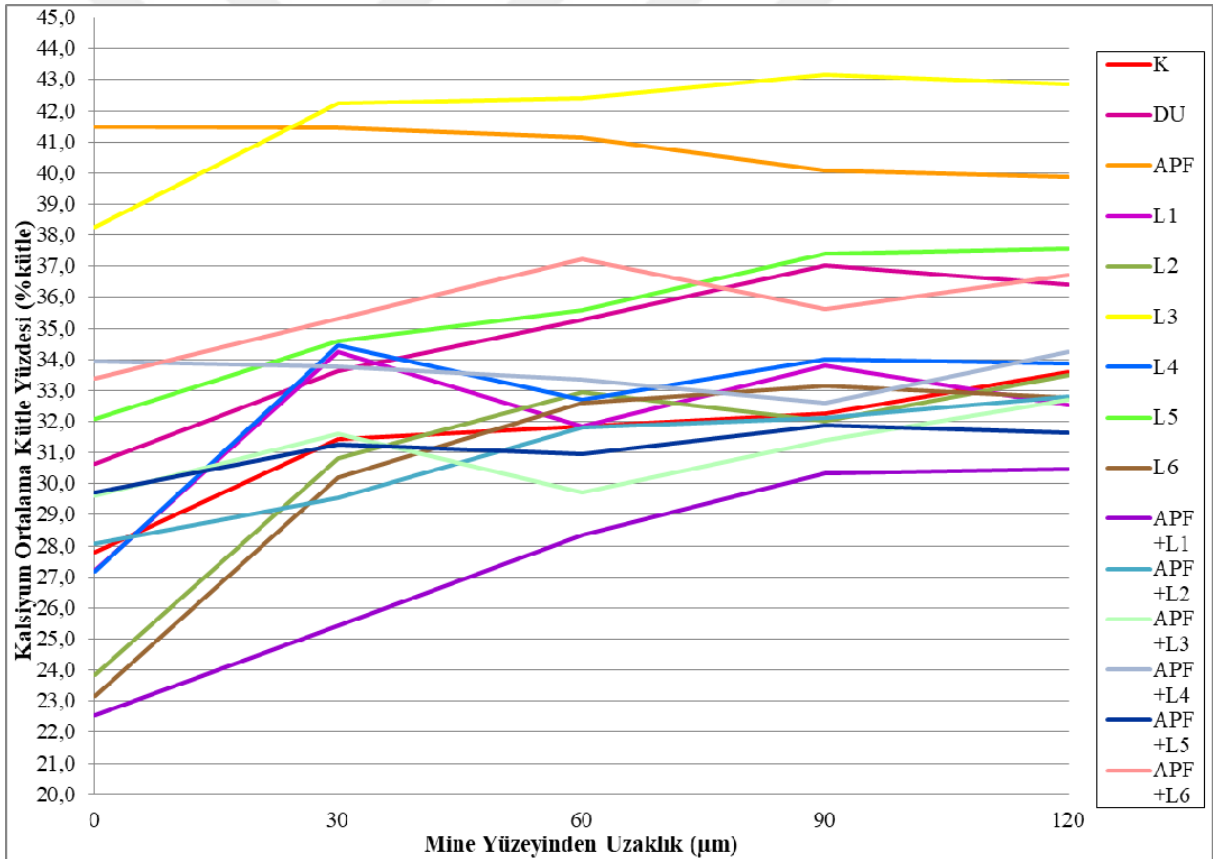
Süt dişlerinde O elementinin kütle yüzdelerinin ANOVA analizinin Sheffe post-hoc testi sonucu gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalardan elde edilen ortalama fark değerleri izelge 3.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.12 Süt dişlerinde O elementi kütle yüzdelerinin gruplar arasında ikili karşılaştırılması															
	K	DU	APF	L1	L2	L3	L4	L5	L6	APF +L1	APF +L2	APF +L3	APF +L4	APF +L5	APF +L6
K		0,1	13,3*	-2,3	0,7	4,3	-1,1	-0,2	-1,9	-4,5	0,2	3,3	9,7*	1,0	5,8*
DU			13,2*	-2,3	0,6	4,2	-1,2	-0,3	-2,0	-4,5	0,1	3,2	9,6*	1,0	5,8*
APF				-15,5*	12,6*	-9,0*	14,4*	13,5*	15,2*	17,7*	13,1*	10,0*	-3,6	12,2*	-7,5*
L1					2,9	6,5*	1,1	2,0	0,3	-2,2	2,4	5,5	12,0*	3,3	8,1*
L2						3,6	-1,8	-0,9	-2,6	-5,1	-0,5	2,6	9,0*	0,4	5,2
L3							-5,4	-4,5	-6,2*	-8,7*	-4,1	-1,0	5,4	-3,2	1,5
L4								0,9	-0,8	-3,3	1,3	4,4	10,8*	2,2	7,0*
L5									-1,7	-4,2	0,4	3,5	10,0*	1,3	6,0*
L6										-2,5	2,1	5,2	11,6*	3,0	7,7*
APF +L1											4,6	7,7*	14,2*	5,5	10,3*
APF +L2												3,1	9,5*	0,9	5,7*
APF+L3													6,4*	-2,2	2,6
APF +L4														-8,7*	-3,9
APF +L5															4,8
APF +L6															

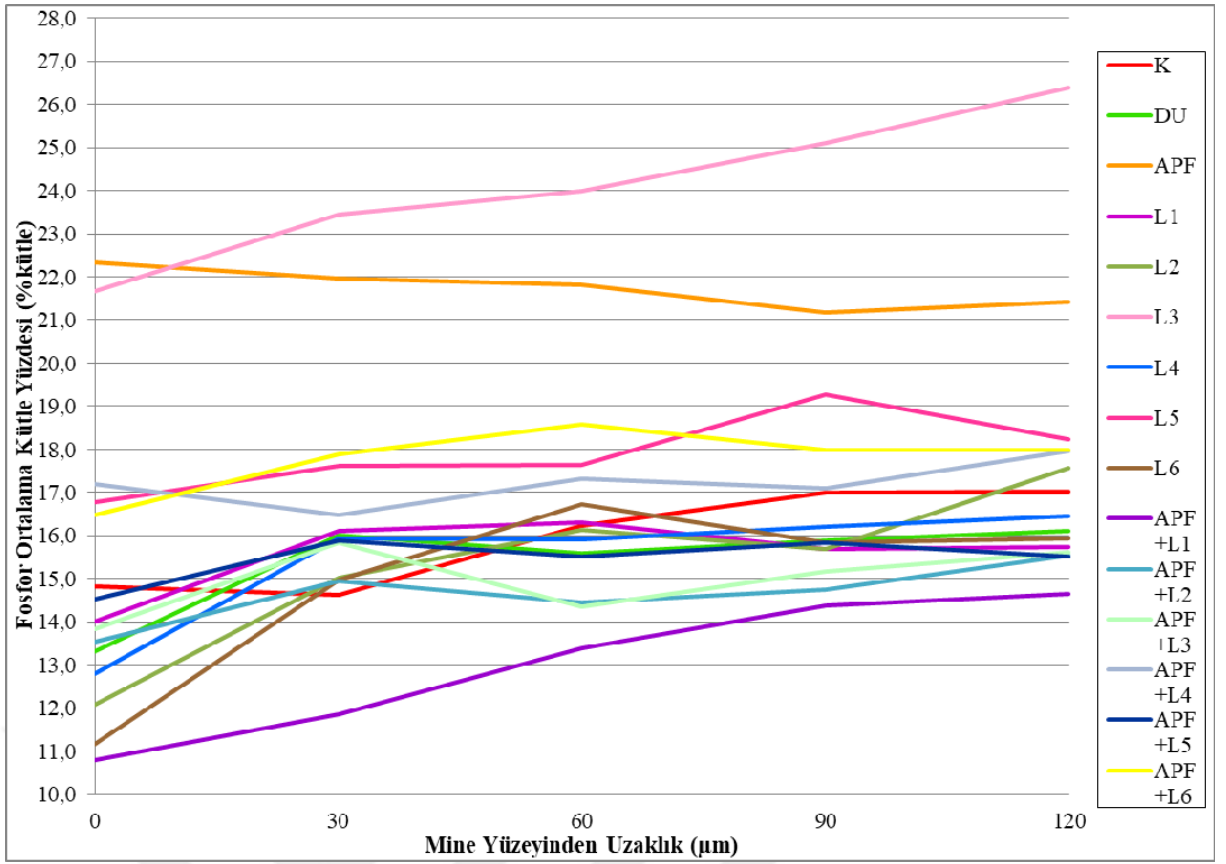
“\*”; kütle yüzdeleri arasındaki ortalama fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05).

O elementinin kütle yüzdesinde gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). APF grubunun O kütle yüzdesinin, APF+L4 (APF+0.25 W-Sulu) grubu hariç tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğu görülmüştür ( $p < 0,05$ ).

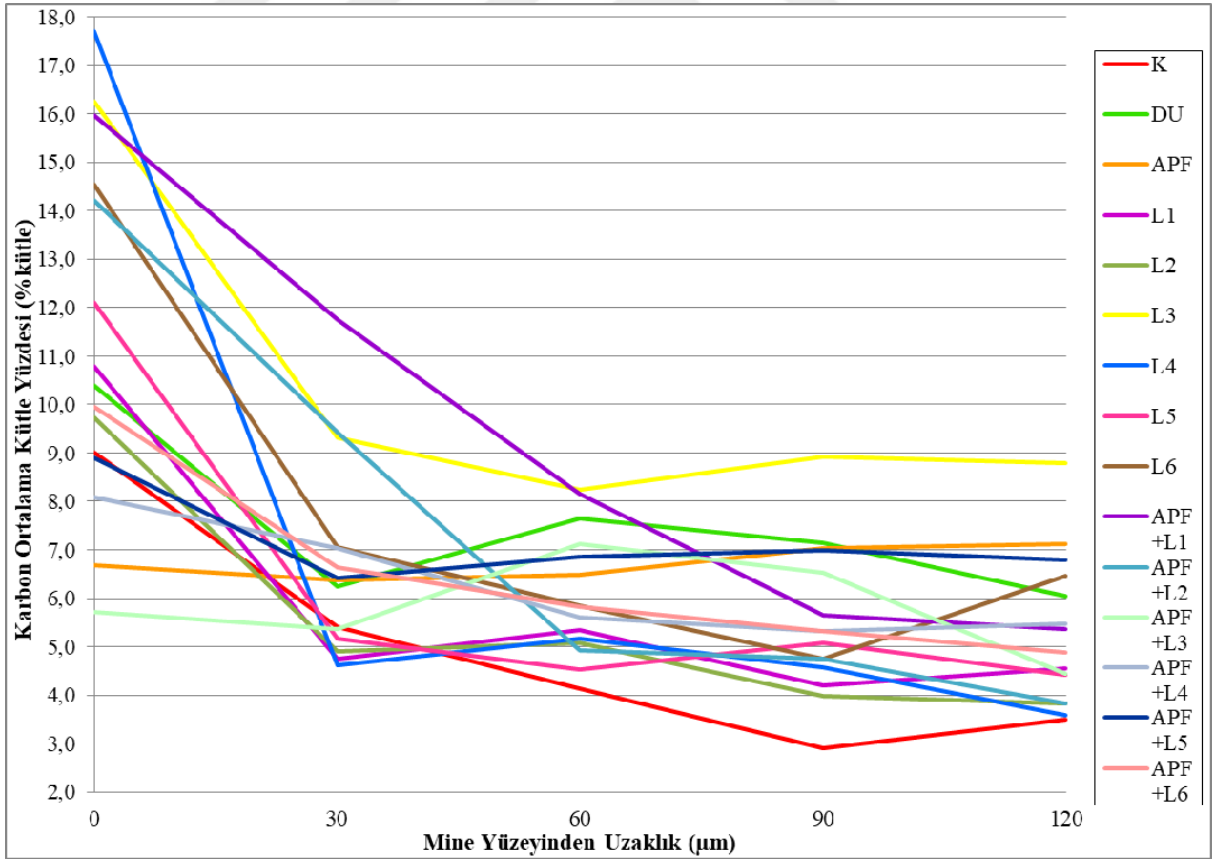
Süt dişlerinden elde edilen kesitlerde yapılan line-scan analizinde, mine yüzeyinden (0  $\mu\text{m}$ ) derin tabakalara (120  $\mu\text{m}$ ) doğru gidildikçe Ca, P, C, F, O elementlerinin kütle yüzdesinin değişimi aşağıdaki grafiklerde (Şekil 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12) verilmiştir.



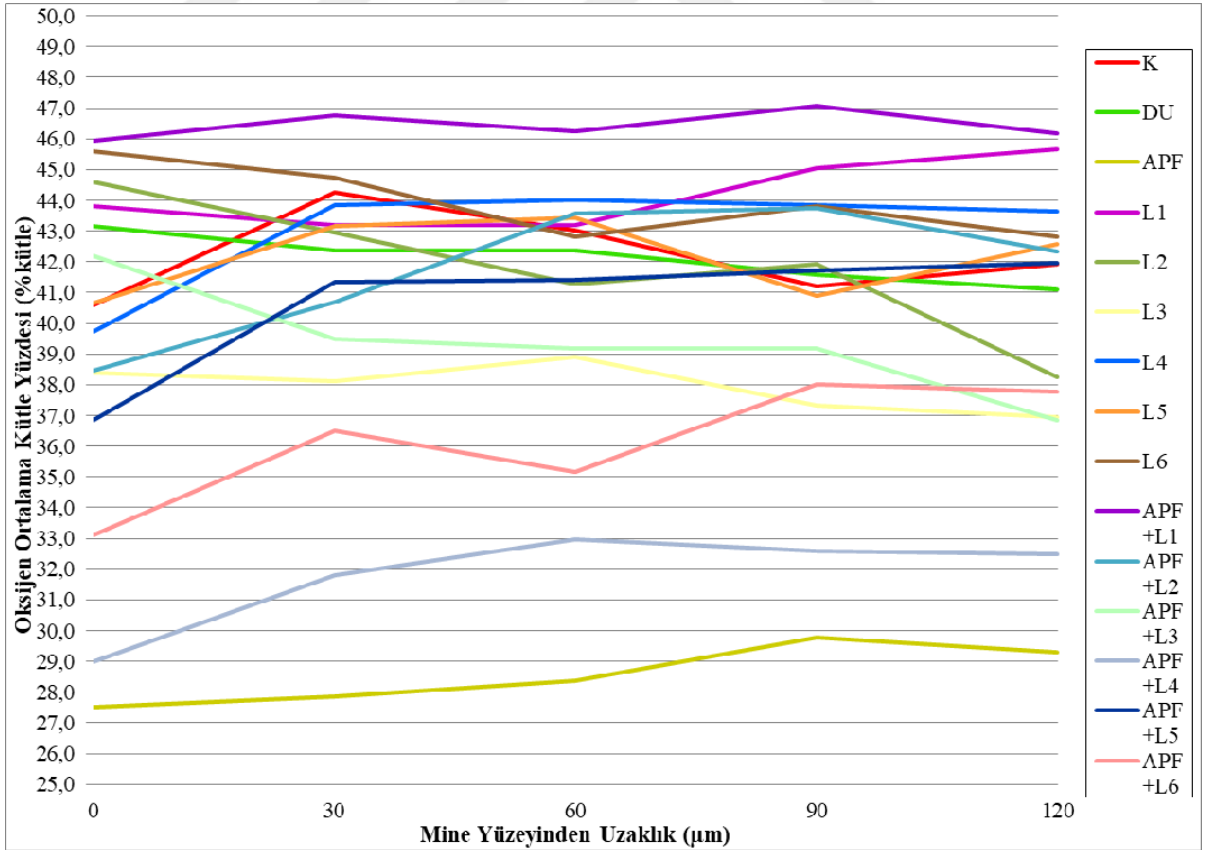
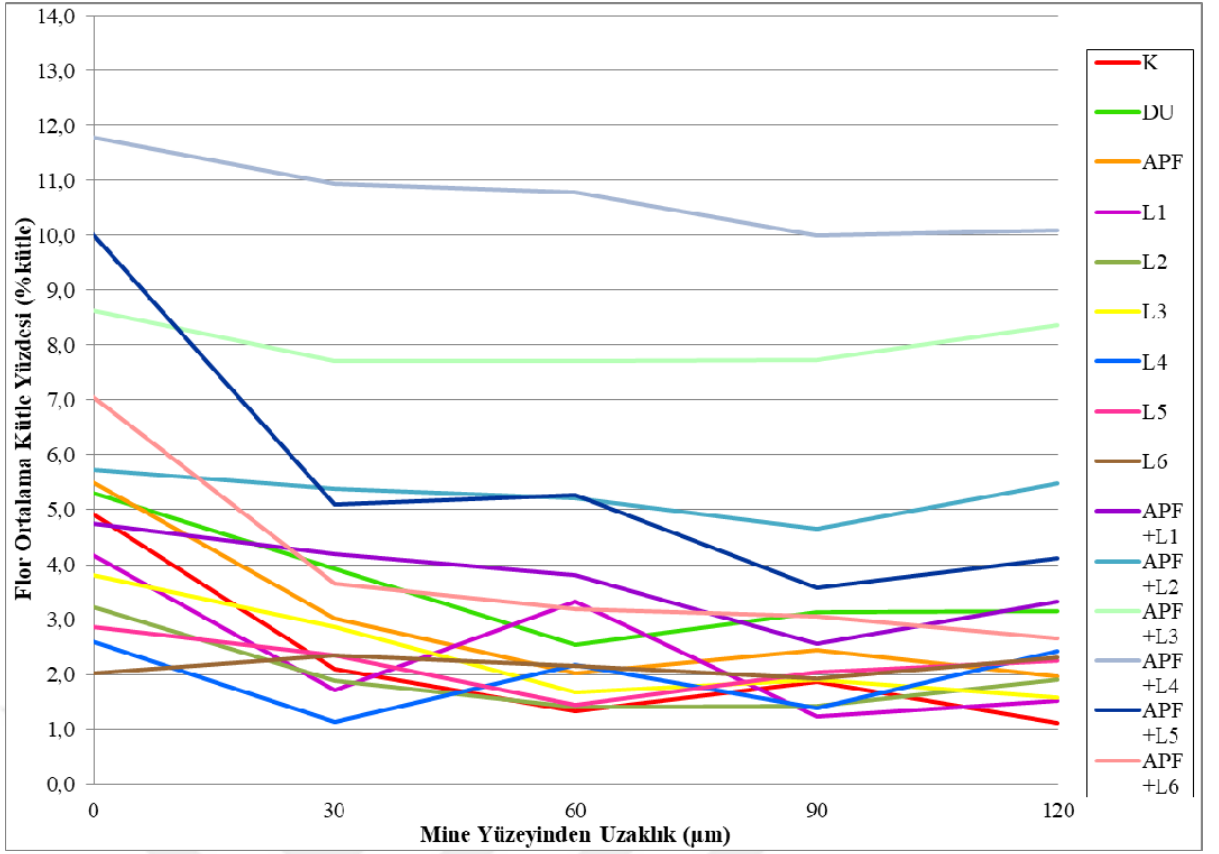
Şekil 3.8 Süt dişlerinde Ca elementinin mine yüzeyinden (0  $\mu\text{m}$ ) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi



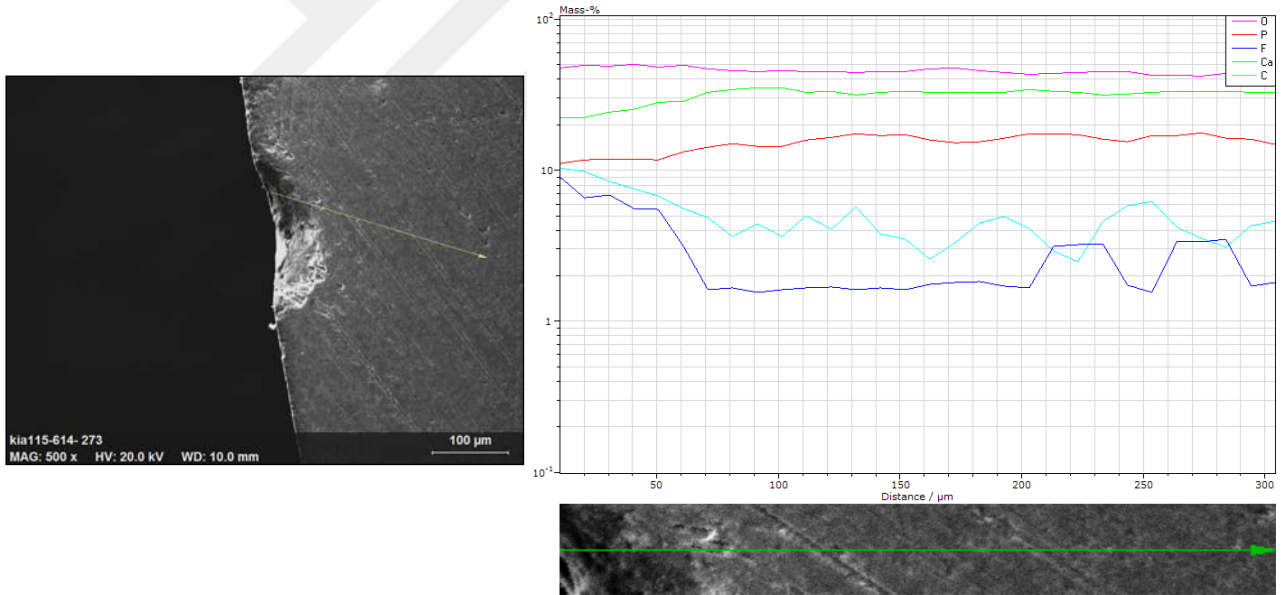
**Şekil 3.9** Süt dişlerinde P elementinin mine yüzeyinden (0  $\mu\text{m}$ ) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi



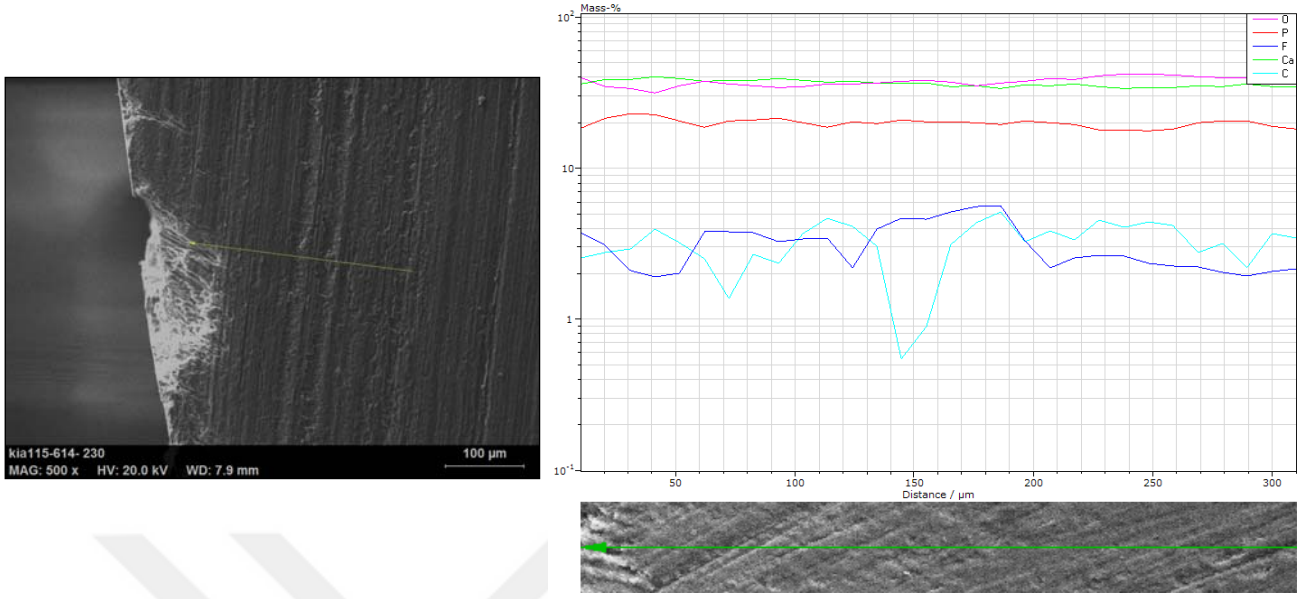
**Şekil 3.10** Süt dişlerinde C elementinin mine yüzeyinden (0  $\mu\text{m}$ ) uzaklığa bağlı olarak değişen kütle yüzdesi



Süt dişlerinde Ca ve P elementlerinin kütle yüzdelерinin değışimi birbirine benzer olup, yüzeyden derine doğru gidildikçe genel olarak tüm gruplarda artış görölmektedir (Şekil 3.8, 3.9). Her iki elementin de kütle yüzdesi, mine yüzeyinde (0 µm) en fazla APF grubunda, 120 µm derinlikte en fazla L3 grubunda, mine yüzeyinde ve 120 µm derinlikte en az APF+L1 grubunda tespit edilmiştir. C elementinin kütle yüzdesi, tüm gruplarda yüzeyden derin tabaklara doğru gidildikçe azalmaktadır (Şekil 3.10). Yüzeyde en az miktarda tespit edildiği gruplar ise APF ve APF+L3'tür. F elementinin kütle yüzdesi, tüm gruplarda yüzeyden derine doğru gidildikçe azılırken, lazer uygulanan gruplarda 90 µm'den daha derine doğru gidildikçe hafif bir artış görölmektedir (Şekil 3.11). Yüzeyde ise en fazla miktarda göröldüğü grup APF+L4'tür. O elementinin kütle yüzdesinin hem yüzeyde hem 120 µm'de en az olduğu grup APF'dir (Şekil 3.12).



**Şekil 3.13** Süt dişlerinde APF+L1 grubuna ait bir örneğin SEM görüntüsü ve EDS analiz grafiği

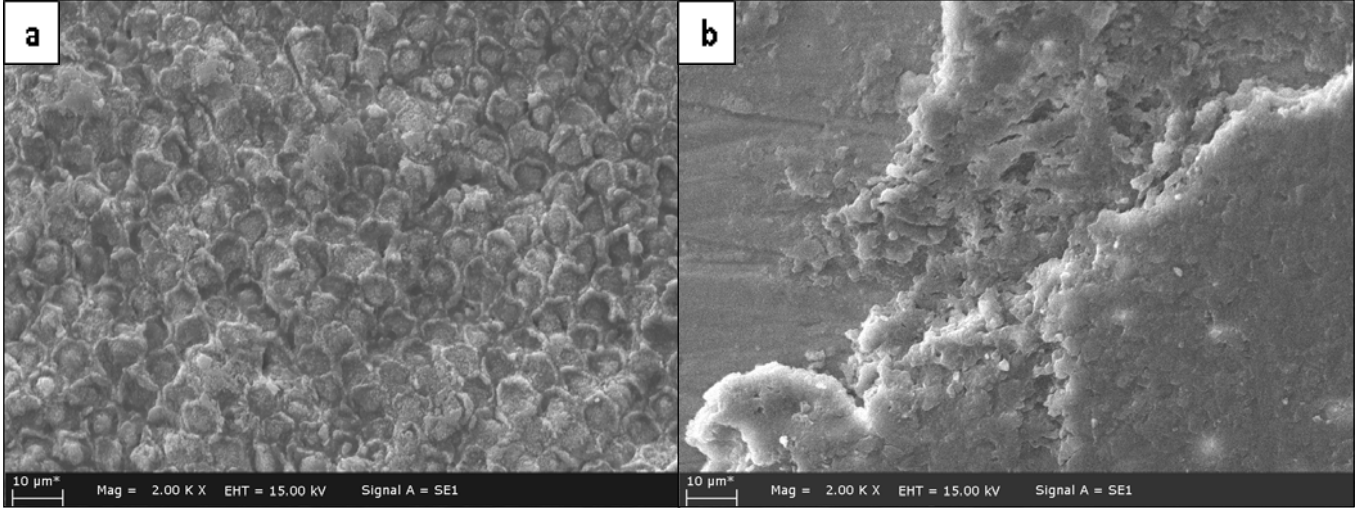


**Şekil 3.14** Süt dişlerinde L1 grubuna ait bir örneğin SEM görüntüsü ve EDS analiz grafiği

Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'te süt dişlerine ait L1 ve APF+L1 gruplarından birer örneğin noktasal EDS analizi verilmiştir. Her iki örnekte de derinden yüzeye doğru gidildikçe son 50 μm'de Ca ve P elementlerinde azalma, O elementinde artış görülmektedir. Farklı olarak APF+L1 grubuna ait örnekte, derinden yüzeye doğru gidildikçe F ve C elementlerinde belirgin artış görülmektedir (Şekil 3.14).

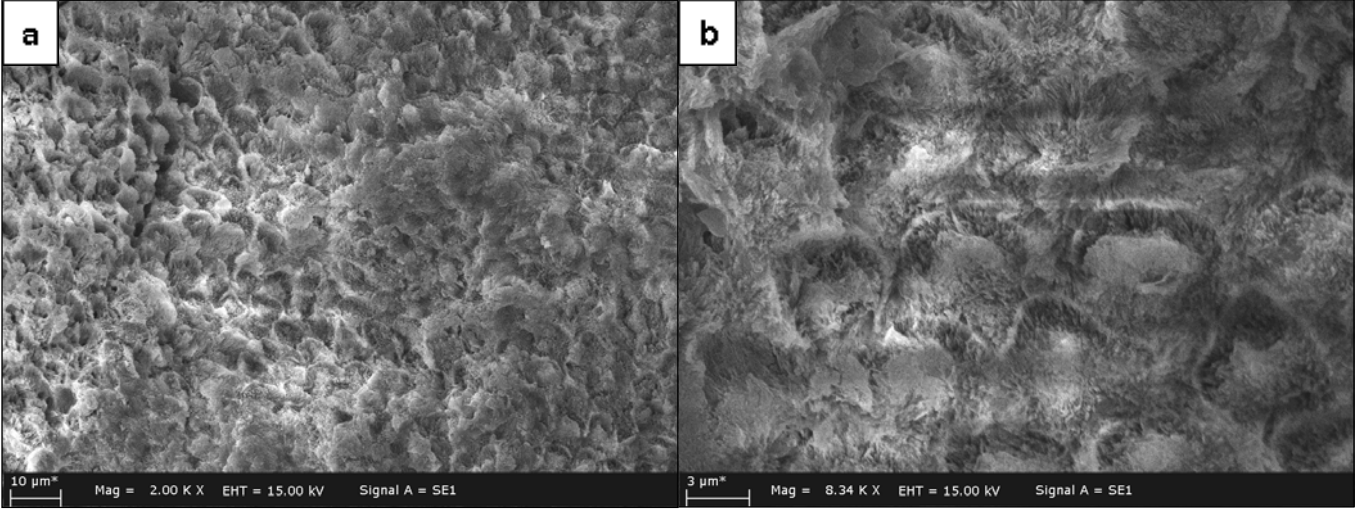
## 3.2 SEM Metodu ile Değerlendirme Bulguları

### 3.2.1 Daimi Dişlerde SEM Metodu ile Değerlendirme Bulguları



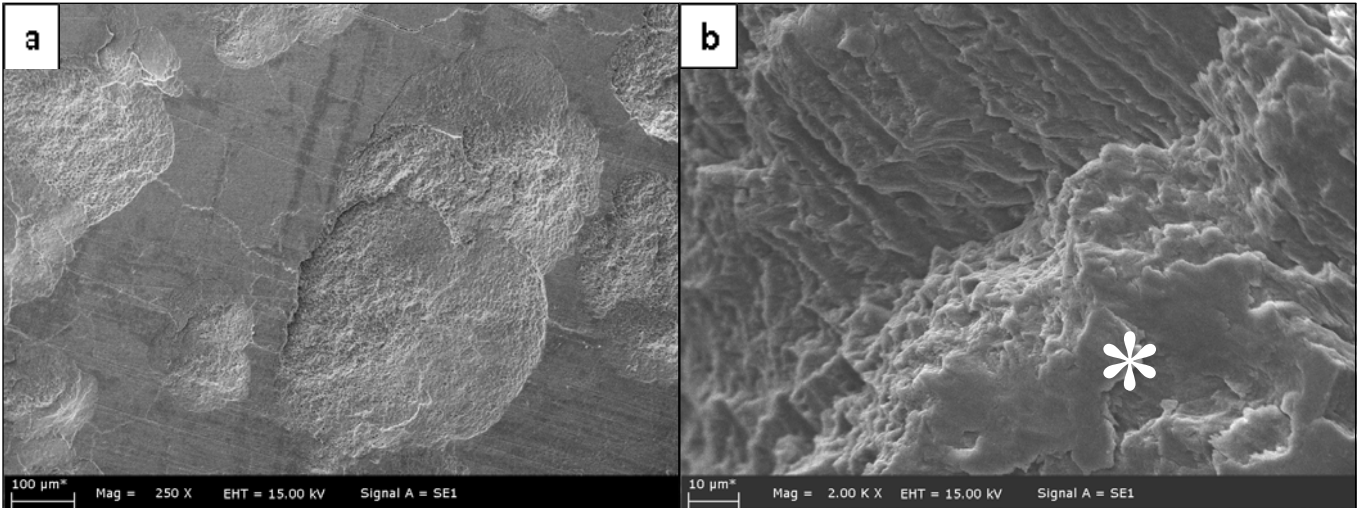
**Şekil 3.15** Daimi diş Kontrol (a) ve Duraphat (b) gruplarının x2000 büyütmede yüzey SEM görüntüleri

Daimi dişlerde yapılan SEM incelemesinde, kontrol grubunda demineralizasyon sonucunda mine prizmaları açığa çıkmıştır ve süt dişlerine benzer olarak bal peteği görünümü mevcuttur (Şekil 3.15a). Örnek yüzeyleri distile suyla yıkanmasına rağmen Duraphat grubunda mine yüzeyini kaplayan cila tabakası, bulut şeklinde bir görünüm oluşturmaktadır (Şekil 3.15b).



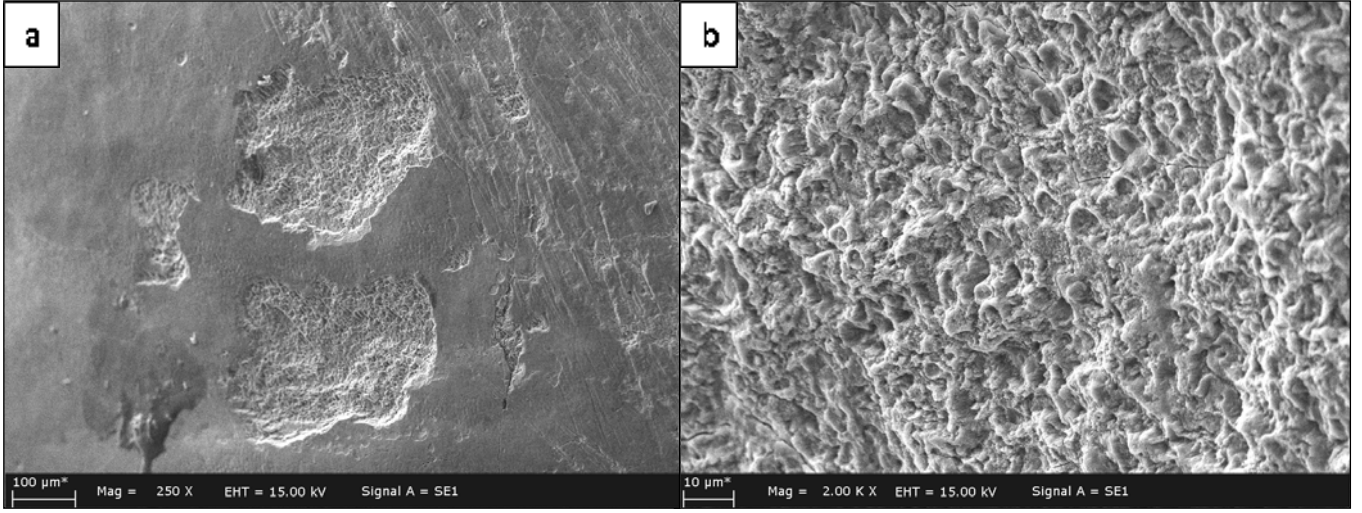
**Şekil 3.16** Daimi diş APF grubunun x2000 (a) ve x8000 (b) büyütmede yüzey SEM görüntüleri

Daimi dişlerde APF grubunda, kristaller arasında kaynaşmış olarak  $\text{CaF}_2$  birikintileri görülmesine rağmen, bu birikim homojen bir dağılım sergilememekte ve yüzeyde bal peteği görünümüne kısmi olarak rastlanmaktadır (Şekil 3.16a). x8000 büyütmede alınan görüntüde (Şekil 3.16b) demineralize mine prizmalarının kor ve kın bölgeleri belirgin olarak ayırt edilebilmektedir.



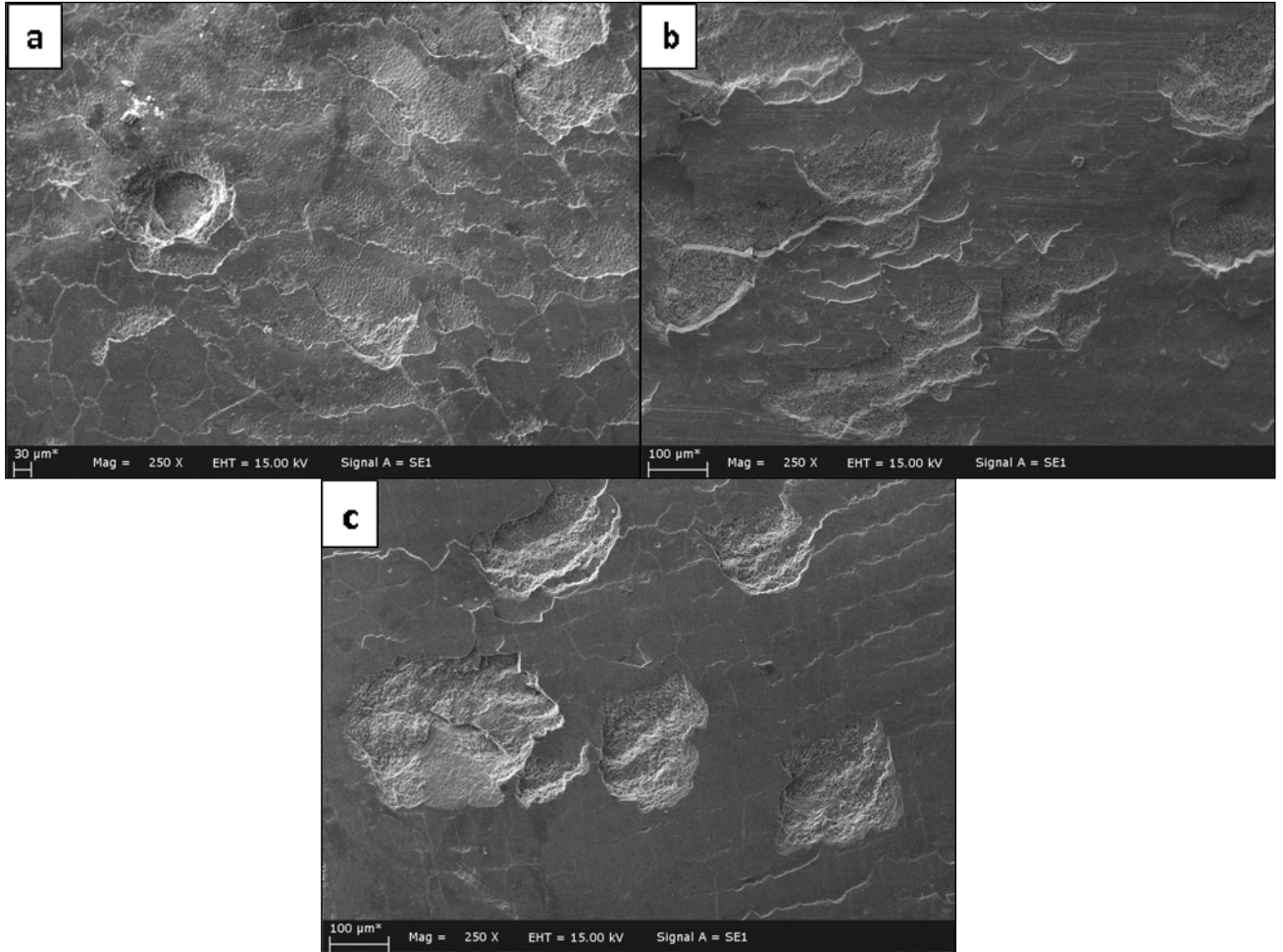
**Şekil 3.17** Daimi diş L2 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri (\*: Termal dejenerasyon alanları)





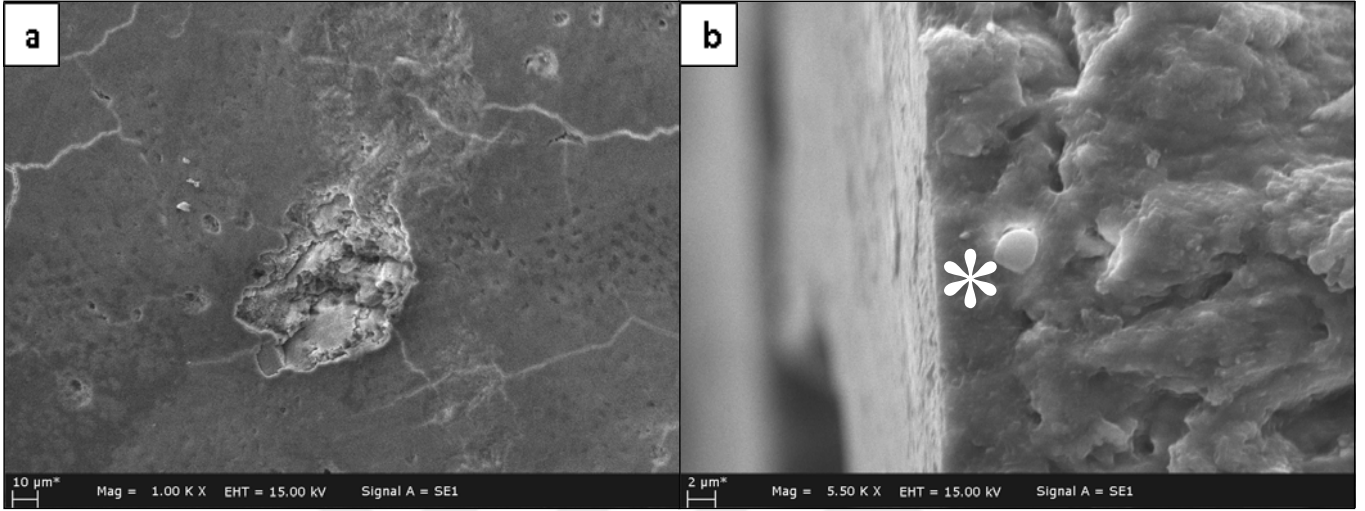
Şekil 3.18 Daimi diş L3 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri

Daimi dişlerde L2 (0.50 W-Susuz) ve L3 (0.75 W-Susuz) gruplarının yüzey görüntüleri (3.17a ve 3.18a) benzer olup ışının temas ettiği alanlarda krater benzeri alanlar izlenmektedir. Kesit görüntülerinde L2 grubunda termal dejenerasyon alanlarına rastlanırken (Şekil 3.17b), L3 grubunda ışının temas ettiği alanlarda kristal yapısının ve seyrinin bozulduğu görülmektedir (Şekil 3.18b).

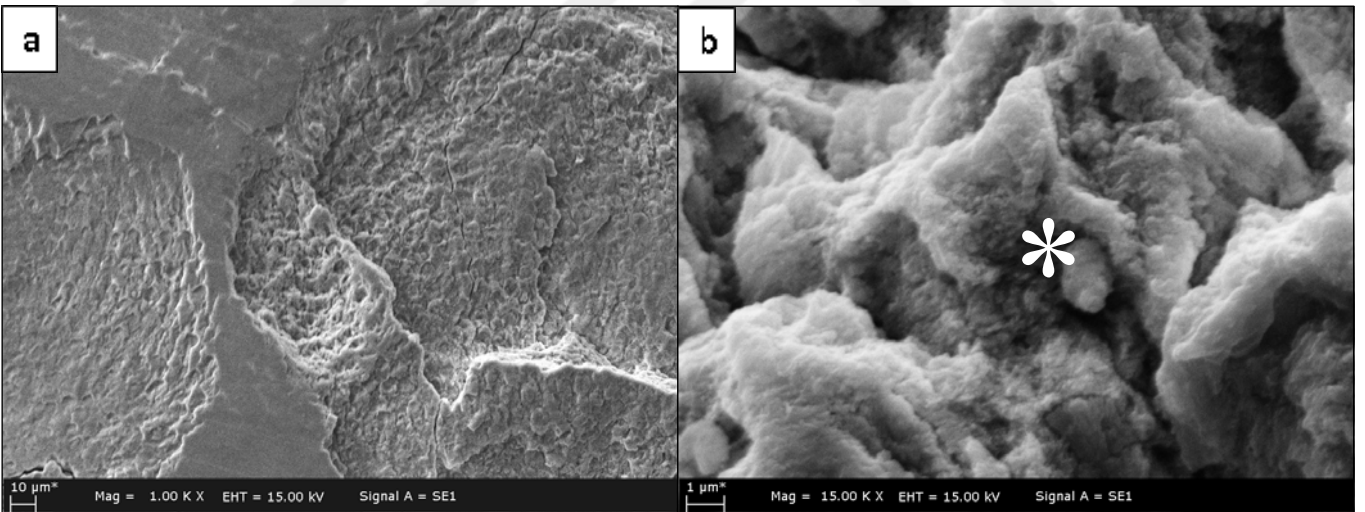


Şekil 3.19 Daimi diş L4 (a), L5 (b) ve L6 (c) gruplarının x250 yüzey SEM görüntüleri

Daimi dişlerde L4 (0.25 W-Sulu), L5 (0.50 W-Sulu) ve L6 (0.75 W-Sulu) gruplarında ışınlamaya bağlı olarak oluşan kraterlerin yanı sıra, su uygulamasına bağlı olarak minerde tabakalı biçimde çatlak ve çıkıntılı kenarların oluştuğu gözlenmektedir (Şekil 3.19a, b, c).

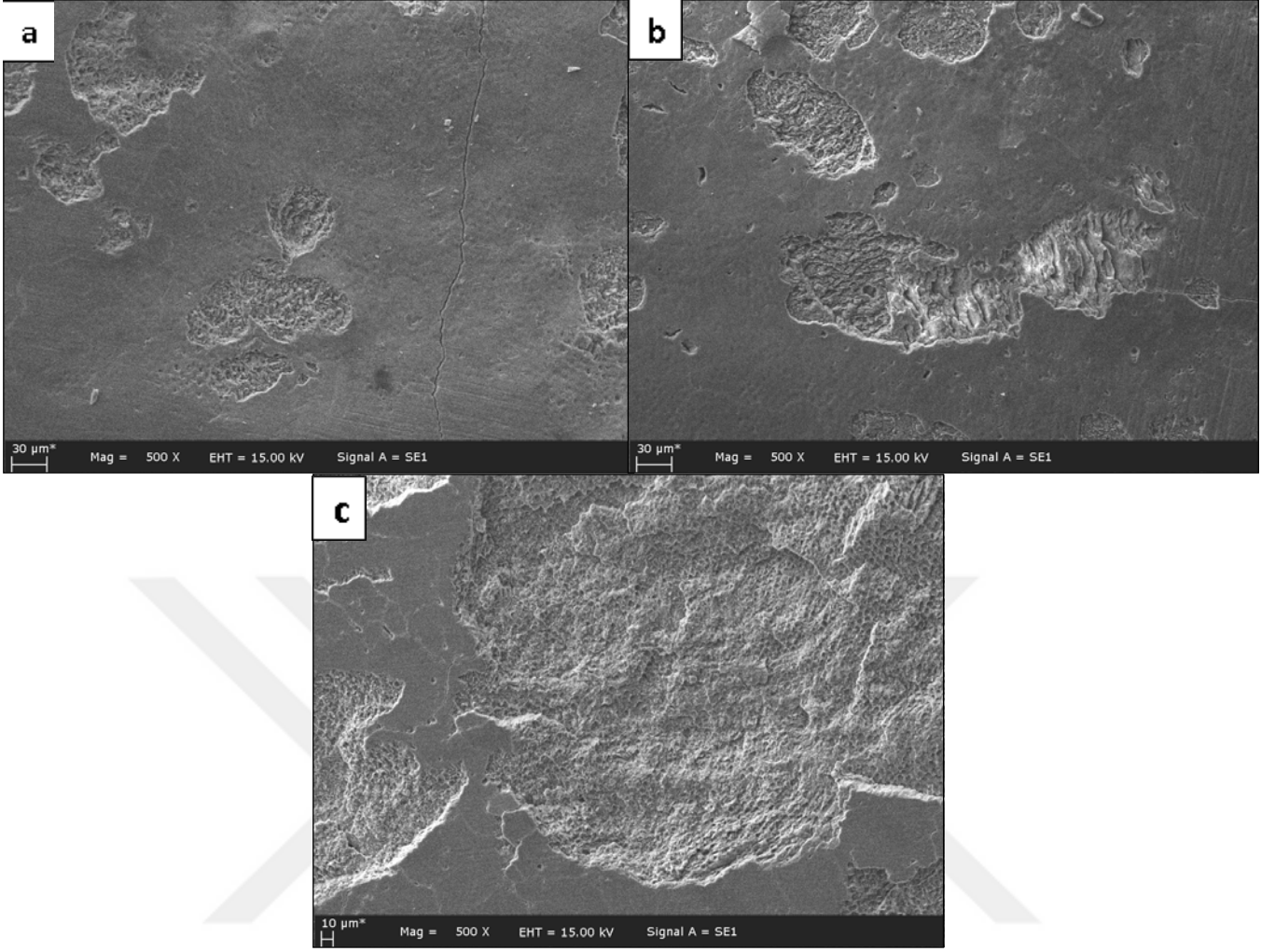


Şekil 3.20 Daimi diş APF+L1 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri (\*: CaF<sub>2</sub> globülleri)



Şekil 3.21 Daimi diş APF+L3 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri (\*: CaF<sub>2</sub> globülleri)

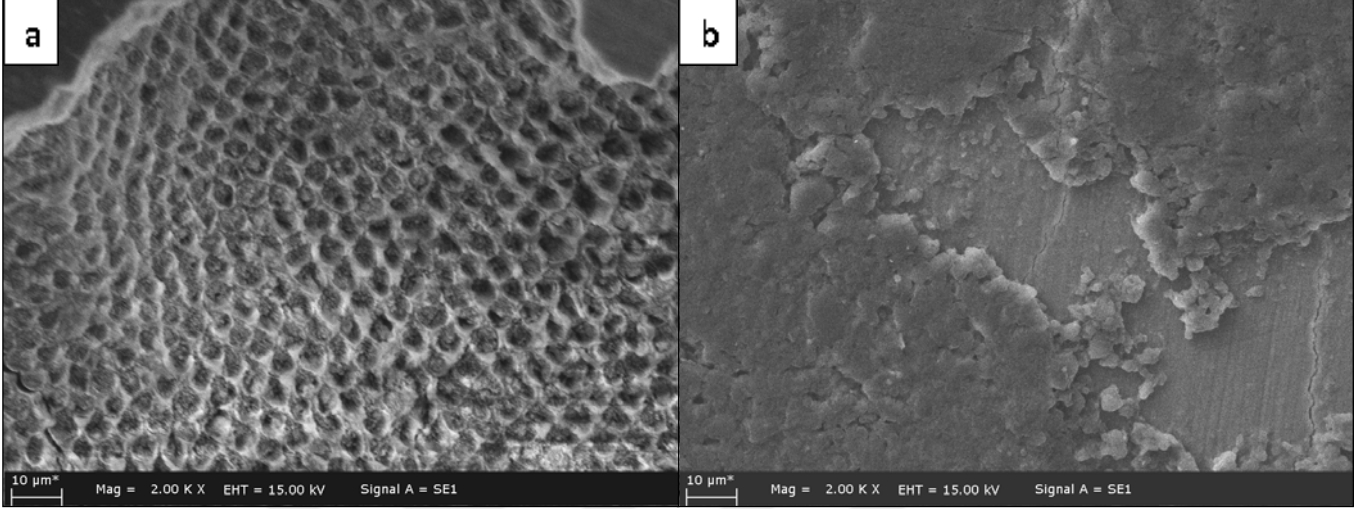
Daimi dişlerde APF+L1 (APF+0.25 W-Susuz) ve APF+L3 (APF+0.75 W-Susuz) gruplarında yüzeyde ışının gücünün artmasına bağlı olarak kraterlerin genişliğinin de arttığı görülürken, kesitlerde APF uygulamasına bağlı olarak kristaller arasına gömülü halde bulunan CaF<sub>2</sub> globüllerine rastlanmaktadır (Şekil 3.20 ve 3.21).



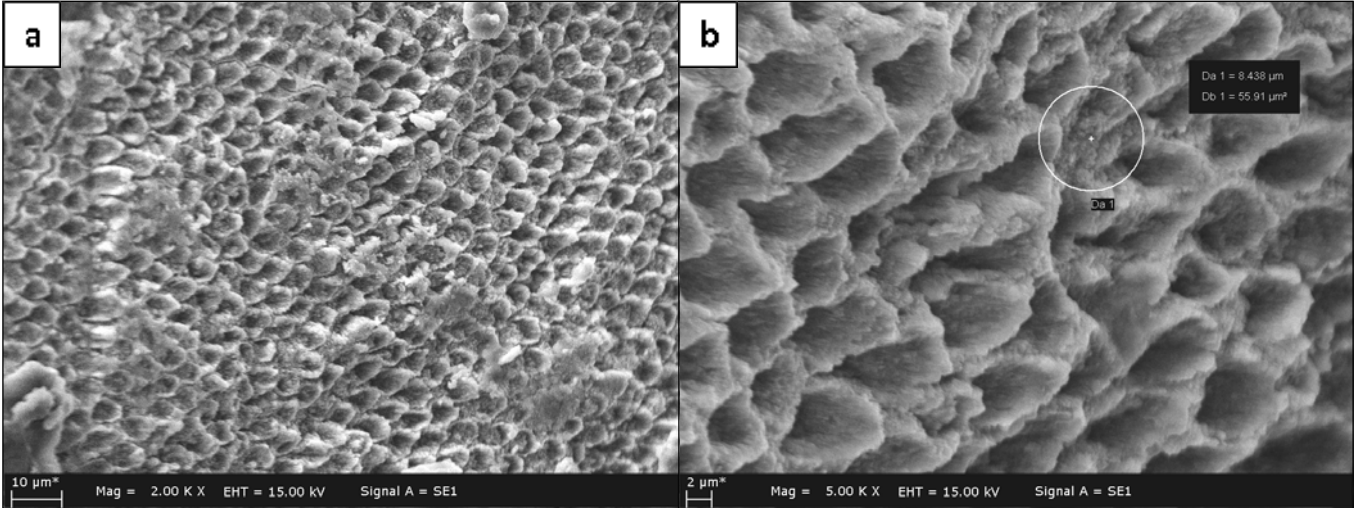
**Şekil 3.22** Daimi diş APF+L4 (a), APF+L5 (b) ve APF+L6 (c) gruplarının x500 yüzey SEM görüntüleri

Daimi dişlerde APF+L4 (APF+0.25 W-Sulu), APF+L5 (APF+0.50 W-Sulu) ve APF+L6 (APF+0.75 W-Sulu) gruplarında susuz gruplara benzeyen yüzey görüntüleri mevcut olup, lazer ışınının gücüyle doğru orantılı olarak yüzey pürüzlülüğü ve krater oluşumu artmaktadır (Şekil 3.22).

### 3.2.2 Süt Dişlerinde SEM Metodu ile Değerlendirme Bulguları

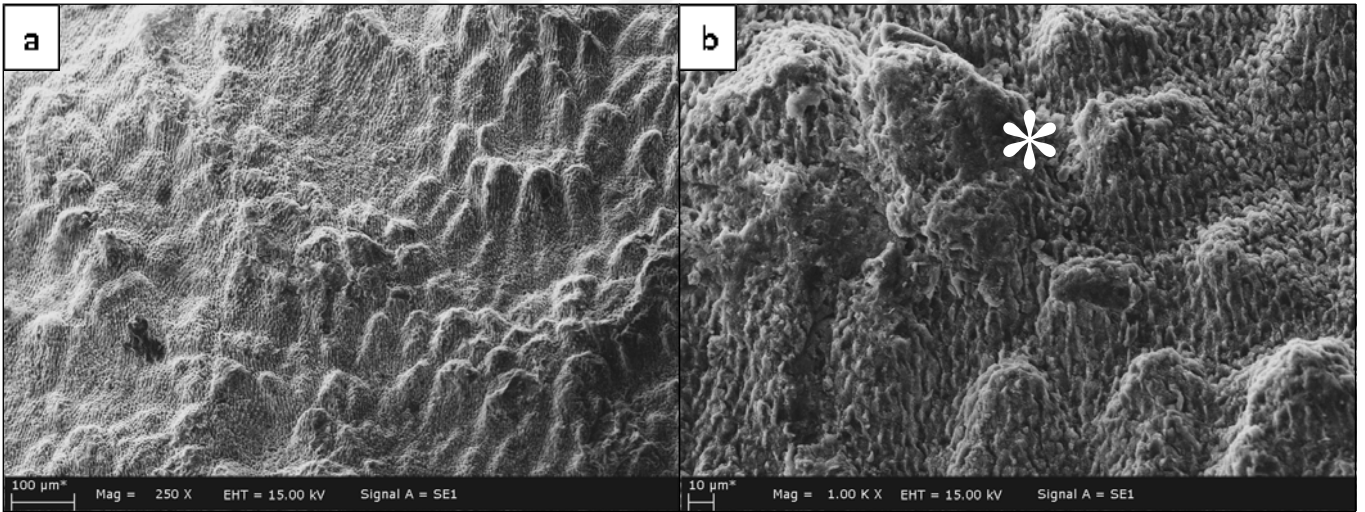


Şekil 3.23 Süt dişi Kontrol (a) ve Duraphat (b) gruplarının x2000 büyütmede yüzey SEM görüntüleri



Şekil 3.24 Süt dişi APF grubunun x2000 (a) ve x5000 (b) büyütmede yüzey görüntüleri

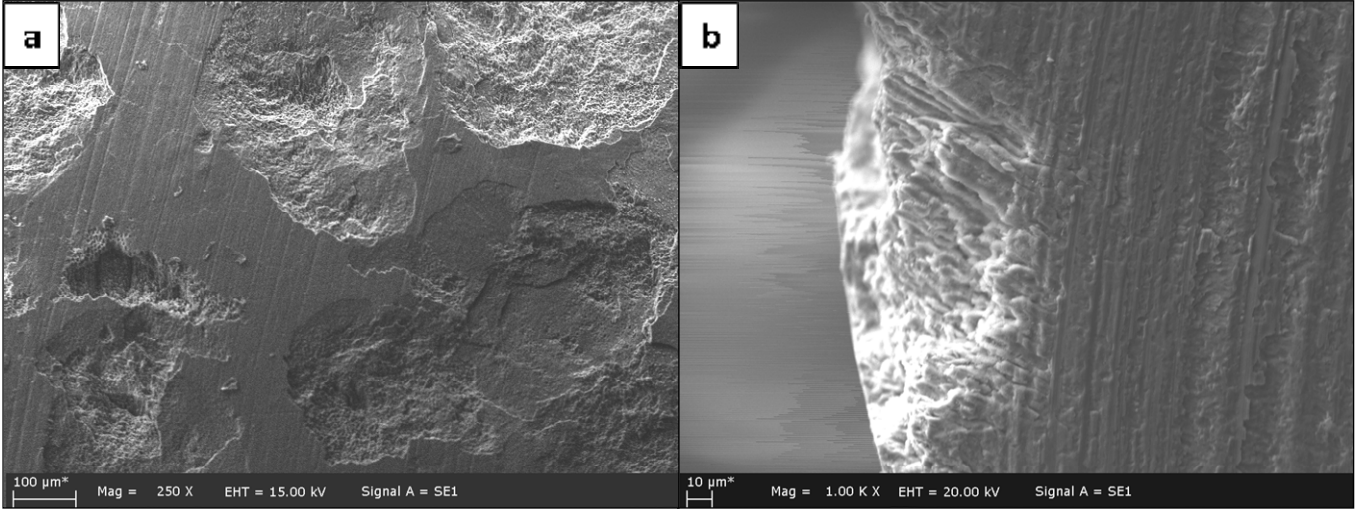
Süt dişlerinde yapılan SEM değerlendirmesinde, mine direncini arttırmak için uygulanan farklı tedavilerin, mine yüzeylerinde farklı morfolojik değişikliklere neden olduğu tespit edilmiştir. Süt dişi kontrol grubunda asit atakları sebebiyle mine yüzeyinde demineralizasyon ve prizmalara ait kristallerin merkezinde çözünme meydana geldiği, bunun sonucunda mine prizmalarının açığa çıkarak bal peteği görünümü oluşturduğu görülmektedir (şekil 3.23a). Duraphat grubunda ise yüzeyi kaplayan bulut şeklinde bir tabaka izlenmektedir (şekil 3.23b). APF grubunda ise demineralize alanların arasında yer yer görülen  $\text{CaF}_2$  çökeltileri x5000 büyütmede yuvarlak içerisinde belirtilmiş olup, x2000 büyütmede yüzeyde kümelenmiş halde görülebilmektedir (şekil 3.24).



**şekil 3.25** Süt dişi L1 grubunun x250 (a) ve x1000 (b) büyütmede yüzey SEM görüntüleri (\*: Termal dejenerasyon alanı)

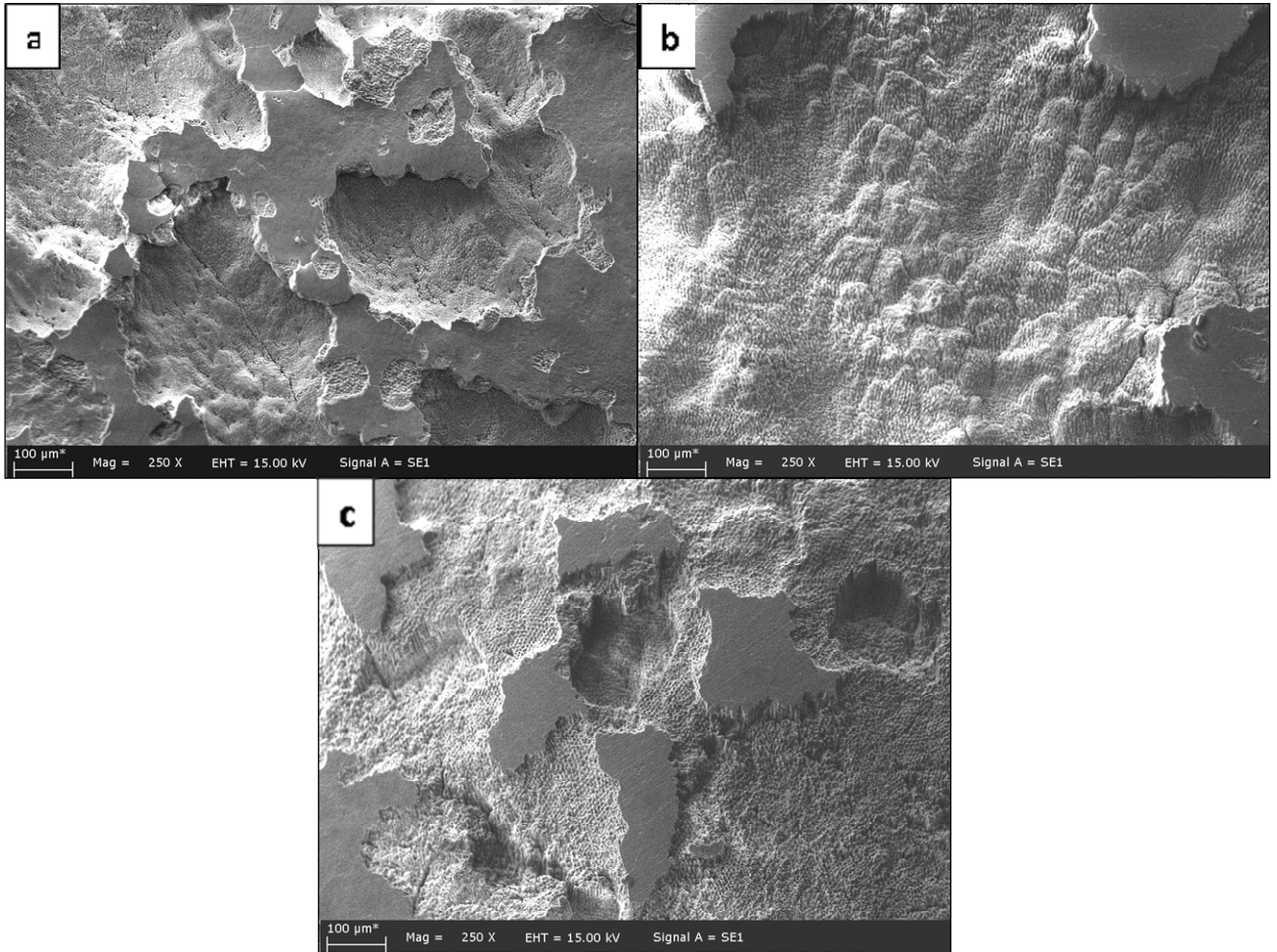
Süt dişlerinde L1 grubundan (0.25 W-Susuz) alınan SEM görüntülerinde, lazer ışınlanması sonucu tüm yüzeyde girintili çıkıntılı düzensiz alanlar, kısmi termal dejenerasyon alanlarının oluşumu izlenmektedir (şekil 3.25).





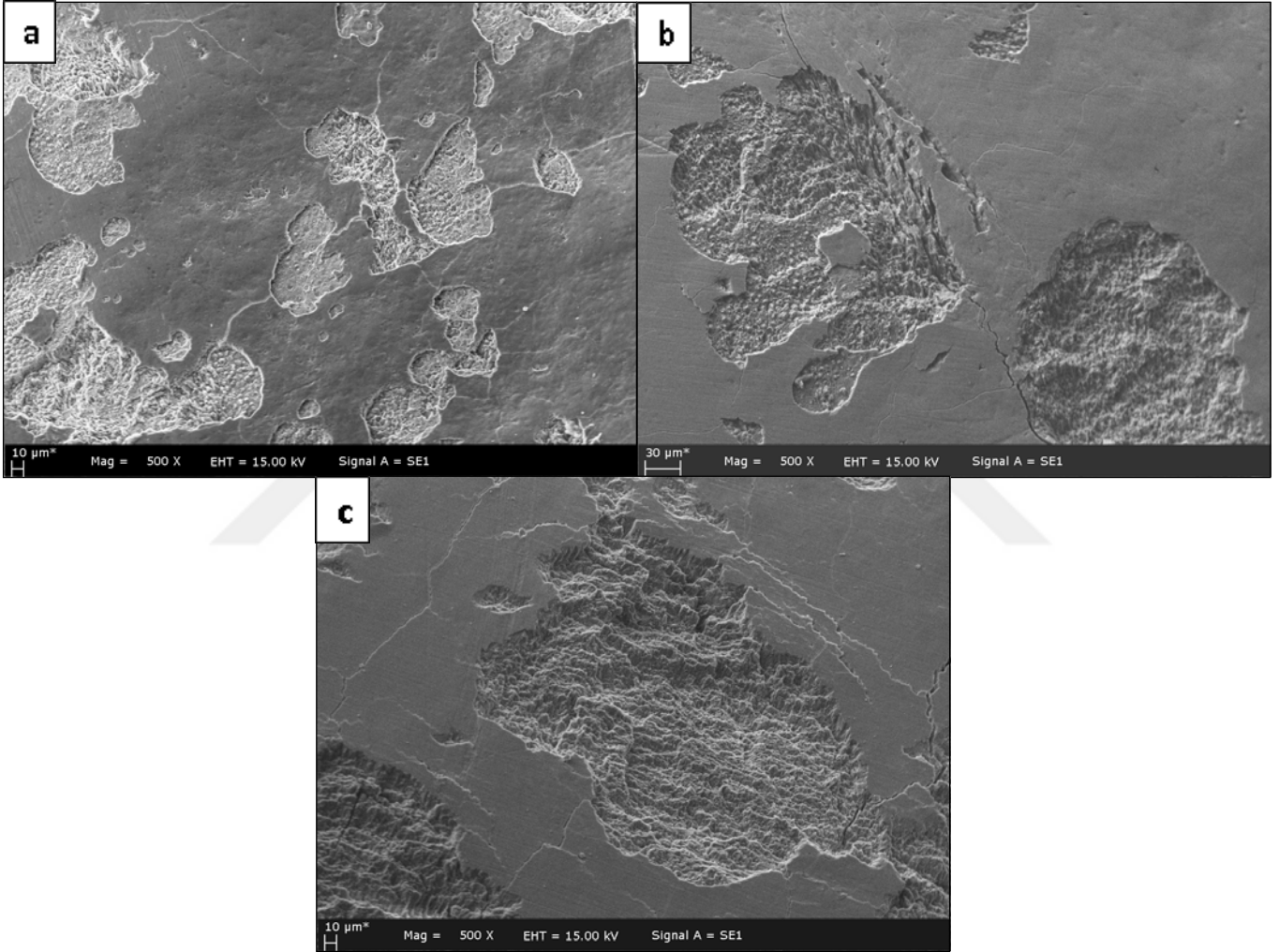
Şekil 3.26 Süt dişi L3 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri

Süt dişlerinde L3 (0.75 W-Susuz) grubundan alınan SEM görüntülerinde, lazer ışınının isabet ettiği alanlarda geniş krater mevcut olup, normal mine yüzeyinden belirgin kenarlarla ayrılmaktadır (Şekil 3.26a). Alınan kesitte ise lazer ışınlaması sonucu oluşan yüzeyden yaklaşık 30 µm derinliğe uzanan krater görülmektedir (Şekil 3.26b).



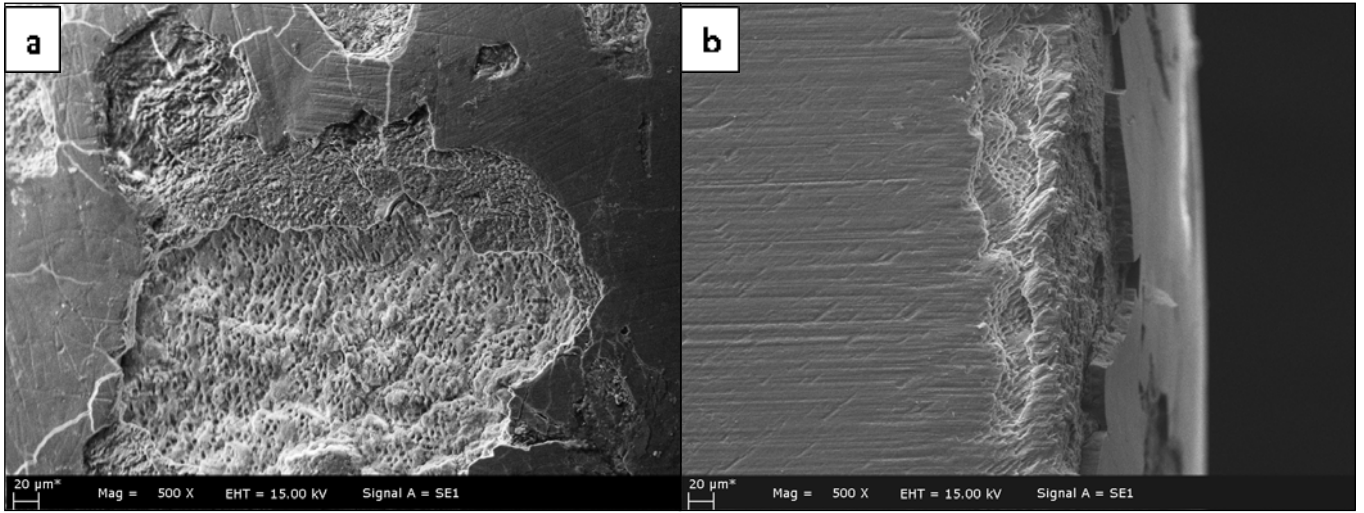
Şekil 3.27 Süt dişi L4 (a), L5 (b) ve L6 (c) gruplarının x250 yüzey SEM görüntüleri

Süt dişlerinde L4 (0.25 W-Sulu), L5 (0.50 W-Sulu) ve L6 (0.75 W-Sulu) gruplarında lazer ışınının isabet ettiği alanlarda kraterlere rastlanmaktadır (Şekil 3.27). Lazerin gücü arttırıldıkça, oluşan kraterlerin genişliği de artmıştır ve bu kraterler susuz gruplara kıyasla daha derindir. Kraterlerin tabanında düzensiz, girinti çıkıntılı alanlar mevcuttur. Lazer ışınının temas ettiği alanlar, normal mineden keskin kenarlarla ayrılmaktadır.

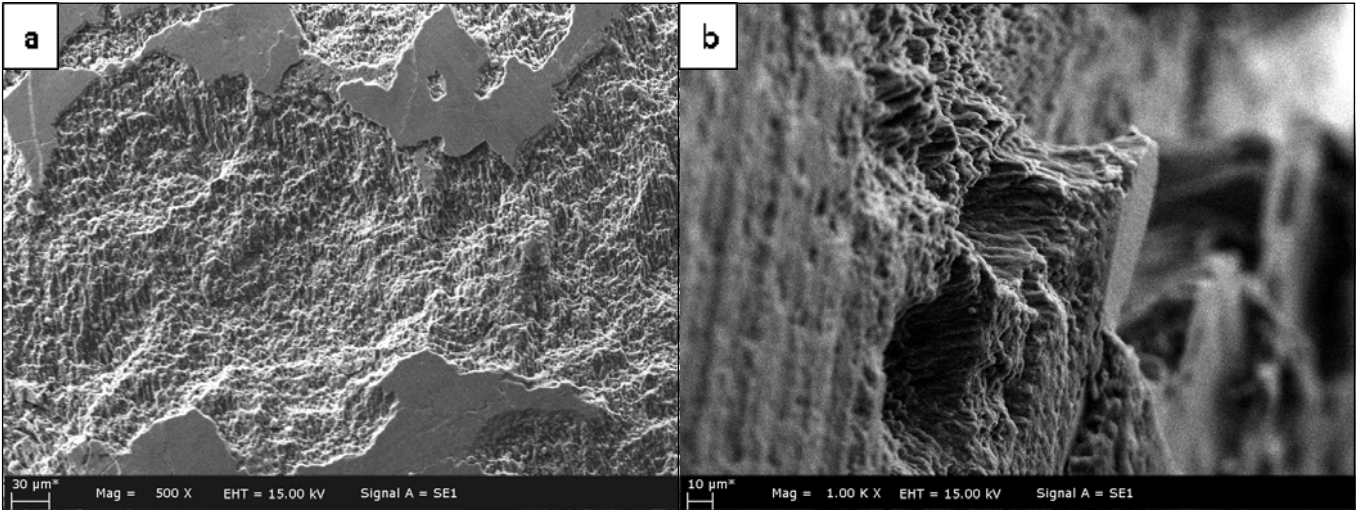


**Şekil 3.28** Süt dişi APF+L1 (a), APF+L2 (b) ve APF+L3 (c) gruplarının x500 yüzey SEM görüntüleri

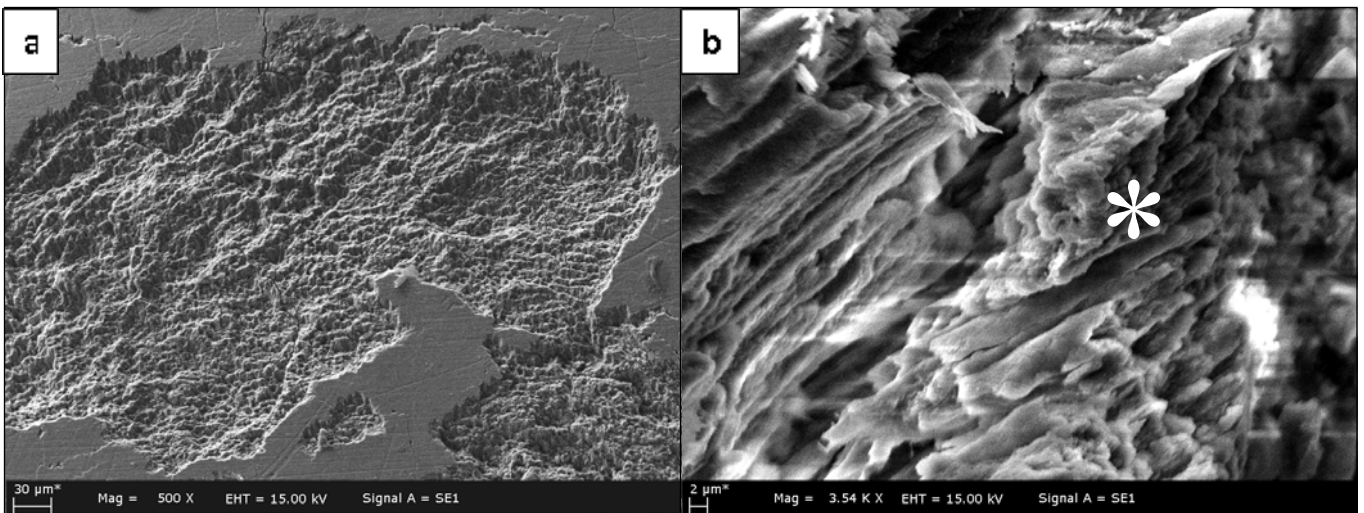
Süt dişlerinde APF+L1 (APF+0.25 W-Susuz), APF+L2 (APF+0.50 W-Susuz) ve APF+L3 (APF+0.75 W-Susuz) gruplarında mine yüzeyinde görülen dağınık kraterler ve çatlaklar, lazer ışınının gücünün artışıyla doğru orantılı olarak artmaktadır (Şekil 3.28).



Şekil 3.29 Süt dişi APF+L4 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri



Şekil 3.30 Süt dişi APF+L5 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri



Şekil 3.31 Süt dişi APF+L6 grubunun yüzey (a) ve kesitinin (b) SEM görüntüleri (\*: CaF<sub>2</sub> globülleri)



Süt dişlerinde APF'li ve su soğutmalı gruplardan (APF+L4, APF+L5, APF+L6) alınan yüzey görüntülerinde krater benzeri kaviteler izlenirken (Şekil 3.29a, 30a, 31a) , bazı kesit görüntülerinde florid uygulanmasına bağlı olarak mine prizmalarının derinlerine doğru birbiriyle kaynaşmış CaF<sub>2</sub> globüllerine rastlanmıştır (Şekil 3.31b). Ayrıca alınan kesitlerde lazer ışınının gücüne bağlı olarak değişen kraterlerin derinliği ve açığa çıkan mine prizmaları da görülebilmektedir.



## 4 TARTIŞMA

Diş çürüğü, günümüzde çocuklarda sık karşılaşılan enfeksiyöz bir hastalıktır (Kidd ve Fejerskov 2004). Çürük oluşum mekanizması, oral kavitede bulunan asidojenik bakterilerin karbonhidratları fermente etmesi sonucu organik asit oluşumuna dayanmaktadır. Üretilen asitler, dental biyofilmden geçerek sert dokuya infiltre olur ve hidrojen iyonlarına ayrışır (Featherstone ve Rodgers 1981). Bu hidrojen iyonları, dişin mineral içeriğinde bulunan kalsiyum ve fosfat iyonlarının çözünmesine sebep olur. Demineralizasyon olarak adlandırılan bu olay, tükürük minerallerinin yeniden çökmesi ile geri çevrilemezse, başlangıç mine çürüğü meydana gelir (Featherstone 2000). Demineralizasyonun ilerlemesi önlenemez; ancak uygun tedavi yapılmadığında, çoğunlukla ilerleyerek dişlerde yıkıma sebep olur (Selwitz ve ark. 2007).

Çürük oluşumunun önlenmesi için çeşitli koruyucu yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Profesyonel florid uygulamaları, çürüğün engellenmesinde önemli bir rol oynamakla beraber, başlangıç çürük oluşumunun tam olarak önlenmesinde yetersiz kalmaktadır (Featherstone 2000, Zhou ve ark. 2014). Ayrıca floridlerin son yıllarda ortaya konulan nörotoksisite gibi çok tartışılan sistemik yan etkileri bulunduğu bildirilmiştir (Shivarajashankara ve ark. 2002). Bu nedenle floridlere alternatif olarak, minenin direncini artırarak çürük gelişiminin engellenmesini sağlayan yeni teknikler araştırılmaktadır. Çürük önlemede etkinliği araştırılan yöntemlerden biri, yüksek yoğunluklu lazer uygulaması ile mine direncinin artırılmasıdır (Fried ve ark. 1996, Apel ve ark. 2004).

Lazerlerden faydalanılarak çürüğe karşı mine direncinin artırılması, 50 yılı aşkın süredir tartışılan bir koruyucu yöntem olup, yüksek yoğunluklu lazerler olan CO<sub>2</sub>, Argon, Nd:YAG, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerlerle yapılan birçok in vitro araştırma mevcuttur (Rodrigues ve ark. 2015). Mine yüzeyinin çürüğe karşı duyarlılığını azaltmada CO<sub>2</sub>, Argon ve Nd:YAG lazerlerin etkinliği yapılan birkaç çalışmada in vivo olarak da incelenmiş; çalışmaların sonuçlarına göre bu lazer

tiplerinin ve özellikle karbondioksit lazerin klinik olarak kullanımının uygun olduğu öne sürülmüştür (Rodrigues ve ark. 2015). Ancak diğerlerine kıyasla daha yakın zamanda geliştirilen ve sert doku lazeri olan erbiyum lazerlerin (Er:YAG ve Er,Cr:YSGG), mine direncini arttırmak amacıyla kullanımı ve klinik uygunluğu halen in vitro olarak incelenmeye devam edilmektedir. Yaptığımız bu tez çalışmasında, minenin çürüğe karşı direncini arttırmak için Er,Cr:YSGG lazerin uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi ve kullanılması gereken uygun parametrelerin açıklığa kavuşturularak literatüre katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Erbiyum lazerlerin daimi diş minesinin aside karşı direncini arttırabileceği, ilk kez Morioka ve ark. (1991) tarafından Er:YAG lazer (2.94 µm) kullanılarak gösterilmiş ve günümüze kadar, erbiyum lazerlerin diş sert dokularına etkilerini incelemek amacıyla birçok araştırma yapılmıştır. Mine, hacim olarak yüksek oranda inorganik içerik ve sudan oluştuğu için (% 86 inorganik içerik, % 12 su ve % 2 protein ve lipit) (Jansen Van Rensburg 1995), su ve hidroksiapatit tarafından yüksek miktarda emilen erbiyum lazerler, minede termal değişime yol açabilir (Niemz 2013). Bu termal değişim, mine yapısında kimyasal ve/veya morfolojik değişimler meydana getirebilmekte ve (Fowler ve Kuroda 1986, Featherstone ve Fried 2001) diş sert dokularında ablasyon (bağların kopması yoluyla doku kaybı) oluşturarak kavite preperasyonu, çürük uzaklaştırılması gibi uygulamalarda kullanılabilir (Featherstone ve Fried 2001). Ancak Er,Cr:YSGG lazer mine direncini arttırmak amacıyla uygulanırken, mine yüzeyinde ablasyon oluşturmadan, kimyasal ve morfolojik olarak değişim yaratması istenmektedir (Freitas ve ark. 2010, Geraldo-Martins ve ark. 2013). Minede bu etkinin elde edildiği enerji yoğunluğundaki lazerin etkinliği, “subablasyon” olarak adlandırılmakta olup (Apel ve ark. 2002a), uygun Er,Cr:YSGG lazer parametreleri ve bunların mine çözünürlüğünü azaltmada etkinlikleri ile ilgili literatürde halen bazı tartışmalar mevcuttur (Ramalho ve ark. 2015).

Çürük oluşumunu önlemede kullanılan erbiyum lazerin dalga boyu ve parametreleri tedavinin başarısını etkileyen önemli faktörlerdir. Erbiyum lazerlerin ablasyona sebep olan enerji yoğunluğunun eşik değeri ve optimal enerji aralığı araştırılmakta olan bir konudur (Ramalho ve ark. 2015). Bunun yanı sıra su

irrigasyonunun, dental lazerlerin uygulanması sırasında soğutucu görev yaparak, dişi ve çevre dokuları termal hasardan koruduğu bilinmektedir (Van As 2004). Dental sert dokularla lazerin etkileşimi sırasında ortamda su varlığı, ablasyonu arttırması açısından önemli bir rol oynar (Seka ve ark. 1996). Su soğutmasının değişken bir parametre olarak kullanıldığı çalışmalar sınırlı sayıda olup, LIPD uygulaması sırasında su soğutmasının gerekliliği araştırılmaya devam edilmektedir (Hossain ve ark. 2001b, Correa-Afonso ve ark. 2010, Geraldo-Martins ve ark. 2013, Colucci ve ark. 2015).

Lazerin topikal floridlerle birlikte uygulanmasının, tek başına yapılan topikal florid tedavisine kıyasla daha uzun süre florid retansiyonu sağladığı ve çürüğe karşı direnci daha fazla arttırdığı bildirilmiştir (Ana ve ark. 2006). Lazer sonrası topikal florid uygulamasında; lazerin mine yüzeyinde oluşturduğu mikroçatlakların, florid solüsyonlarıyla dolduğu ve böylece minenin iç bölümlerine daha fazla flor sızabildiği öne sürülmüştür (Myers ve Myers 1985). Lazer öncesi topikal florid uygulandığında ise lazer ışığının, floridin minedeki retansiyonunu ve etki süresini arttırmakla birlikte, floropatit kristallerinin oluşumunu indüklediğini savunan araştırmacılar vardır (Hossain ve ark. 1999, Phan ve ark. 1999). Moslemi ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada APF jelin Er,Cr:YSGG lazerden önce uygulanmasının, lazerden sonra uygulanmasına kıyasla dişlerden daha az kalsiyum çözünmesine sebep olduğunu bildirdiğinden, yaptığımız bu tez çalışmasında Er,Cr:YSGG lazer topikal florid olan APF jelden sonra uygulanmıştır.

Süt dişi minesinin yüksek karbonat içeriği ve bu içeriğin lazerle daha fazla uzaklaştırılabilmesi sebebiyle (Liu ve Hsu 2007), lazerle indüklenmiş demineralizasyondan korunma yöntemlerinin süt dişlerinde daha etkili olacağı düşünülmektedir. Literatürde, Er:YAG lazerin, süt dişlerinde demineralizasyon direncini arttırmak amacıyla uygulanan az sayıda çalışma olduğu izlenmekte olup (Castellan ve ark. 2007, Liu ve Hsu 2007, Zamudio-Ortega ve ark. 2014), bu alanda süt dişlerinde Er,Cr:YSGG lazer ile yapılmış yalnızca bir çalışmaya rastlanmıştır (Molaasadollah ve ark. 2017).

Yaptığımız bu tez çalışmasında, yukarıda belirtilen faktörler göz önünde bulundurularak Er,Cr:YSGG lazerin minenin çürüğe karşı direncini arttırma özelliği

araştırılmıştır. Bu tez çalışmasının amacı, süt ve daimi dişlerde mine demineralizasyonunun engellenmesinde kullanımı araştırılan Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının; i) farklı güç değerlerinin, ii) su soğutmalı ve soğutmasız koşullarda kullanımının, iii) topikal floridle birlikte ve ayrı uygulanmasının etkinliğinin in vitro koşullarda karşılaştırılarak incelenmesidir.

İn vitro çalışmalarda kullanılan çekilmiş dişler, mekanik olarak temizlendikten sonra, dişlerde yıkıcı etki oluşturmadan antimikrobiyal etki sağlanması ve deney sürecine kadar geçen sürede dehidratasyonunun engellenmesi için uygun solüsyonlarda bekletilmelidir (Honda ve ark. 2008, Freitas ve ark. 2010). Bu nedenle çalışmamızda hastalardan toplanan çekilmiş dişler, deneylerin başlangıcına kadar % 0.1'lik timol solüsyonunda saklanmıştır.

Bu çalışmada, mine örneklerinin yüzeyi, çeşitli kalınlıktaki silikon karbid zımparalar kullanılarak 4000 grite kadar polisajlanmıştır. Demineralizasyon değerlendirme teknikleri ile ölçüm esnasında çoğunlukla düz yüzeylere ihtiyaç duyulması sebebiyle yüzeyin düzgünleştirilmesi ve florid iyonunun dağılımı açısından değişkenlik gösteren dış mine tabakasının kaldırılması gerekmektedir (Thuy ve ark. 2008). Bu amaçla, mine yüzeyindeki aprizmatik tabaka da dahil olacak şekilde yaklaşık 100-150 µm kalınlığında mine tabakasının zımparalama ve polisajlama işlemleriyle uzaklaştırılması gerektiği bilinmektedir (Young ve Tenuta 2011, Zhang ve ark. 2011).

Lazer indüksiyonuyla mine dokusunun güçlendirilmesi ile ilgili yapılan in vitro çalışma modellerinde, deneylerin uygulanacağı standart bir yüzey alanı oluşturulması amacıyla, örnekler aynı boyutlarda kesilerek şekillendirilebileceği gibi (Freitas ve ark. 2010, Zezell ve ark. 2010), örnek yüzeylerindeki belirli bir alan da kullanılabilir (Mehta ve ark. 2014). Bizim yaptığımız çalışmada örneklerin orta üçlüsüne standart boyutlarda etiketler yapıştırılarak, etiket dışında kalan kısımlar iki kat tırnak cilası ile kaplanmıştır.

Erbiyum lazerler ile LIPD uygulamasında optimal enerji aralığı tartışmalı bir konu olup; bazı araştırmacılar subablasyon elde edilen enerji yoğunluğunun uygulanması gerektiğini savunurken (Apel ve ark. 2005), bazı araştırmacılar da ne

kadar yüksek güçte lazer uygulanırsa o kadar yüksek çürük direnci elde edileceğini savunmaktadır (Bevilacqua ve ark. 2008). Ablasyon eşik değeri, lazer atım süresine, lazer atımı sırasında dokudaki absorpsiyon derinliğine ve ısı difüzyonuna bağlıdır (Seka ve ark. 1996, Ramalho ve ark. 2015). Apel ve ark. (2002b), ablasyon eşik değerinin Er:YAG lazerde 9-11 J/cm<sup>2</sup>, Er,Cr:YSGG lazerde 10-14 J/cm<sup>2</sup> olduğunu bildirmiştir. Ancak yapılan bir çalışmada Er:YAG lazer ile subablasyon elde edilen enerji yoğunluğunun 12 J/cm<sup>2</sup> olduğu savunulmuştur (Liu ve ark. 2006). Er,Cr:YSGG lazerle yapılan çalışmalarda ise, subablasyon elde edilen enerji yoğunlukları 6.5 J/cm<sup>2</sup>- 20 Hz (Apel ve ark. 2000) ve 0.75 W- 8.5 J/cm<sup>2</sup>- 20 Hz (Freitas ve ark. 2010, Zezell ve ark. 2010, Ana ve ark. 2012) olarak bildirilmiş ve bu değerler kullanıldığında demineralizasyonun belirgin olarak önlendiği rapor edilmiştir. Tez çalışmamızda, oluşturulan süt ve daimi diş deney gruplarına sırasıyla 0.25, 0.50, 0.75 W güç (Freitas ve ark. 2010) ve 4.42, 8.84, 13.26 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğunda Er,Cr:YSGG lazer ışını uygulanmıştır.

Enerji yoğunluğu (J/cm<sup>2</sup>), enerjinin gücüne ve uygulanan lazer ışınının odak noktasındaki çapına bağlıdır. Enerji gücü (W) arttıkça, yoğunluk artar. Işının çapı ise, kullanılan lazer ucunun boyutu ile ilişkili olup, çap arttıkça enerji yoğunluğu azalır. Freitas ve ark. (2010), Er,Cr:YSGG lazer ile yaptıkları çalışmada dişlere sırasıyla 0.25- 0.50- 0.75 W gücünde ve 750 µm çapında ışın uygulayarak 2.8- 5.7- 8.5 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunlukları elde etmişlerdir. Farklı olarak Geraldo-Martins ve ark. (2013) ise, 600 µm çapında ve sırasıyla 0.25- 0.50 W gücünde Er,Cr:YSGG lazer uygulamış; 4.48- 8.94 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunlukları elde etmişlerdir. Bizim yaptığımız çalışmada da düşük lazer gücü kullanarak daha fazla enerji yoğunluğu elde etmek için, lazer ışını çapı 600 µm olan uçlar tercih edilmiştir (Moslemi ve ark. 2009, Rabelo ve ark. 2010, Anaraki ve ark. 2012, Fekrazad ve Ebrahimpour 2014).

Lazer frekansının (Hz), klinik olarak etkili olabileceği ve aynı zamanda atımlar arasında yeterli soğumaya imkan verecek düzeyde belirlenmesi gerekmektedir. Atım sayısı istenilen etkiyi sağlayacak miktarda olmalı fakat pulpanın zarar görmemesi için aktarılan toplam enerji minimum tutulmalıdır (Featherstone ve ark. 1995). Erbiyum lazerler için bu koşulları sağlayan frekans değeri konusunda fikir birliğine varılamamakla birlikte, yapılan önceki çalışmalara

benzer olarak bu çalışmada 20 Hz değeri kullanılmıştır (Freitas ve ark. 2010, Zezell ve ark. 2010, Anaraki ve ark. 2012, Fekrazad ve Ebrahimpour 2014).

Er:YAG lazerlerde ışının odak (focus) noktası, lazer ucundan 12 mm uzaklıkta elde edilirken, Er,Cr:YSGG lazerlerde 1 mm uzaklıkta elde edilmektedir (Ramalho ve ark. 2015). Lazer ışını dişe odak noktasından uygulandığında odaklanmış (focused), odak noktasının daha uzağından uygulandığında odaklanmamış (unfocused), odak noktasının daha yakınından uygulandığında ise ön-odaklı (pre-focused) modda çalışıldığı kabul edilmektedir (Correa-Afonso ve ark. 2010). Yapılan önceki çalışmalarda maksimum enerji yoğunluğunun elde edilebilmesi için erbiyum lazerler çoğunlukla odaklanmış modda kullanılmıştır (Castellan ve ark. 2007, Freitas ve ark. 2008, Freitas ve ark. 2010, Zezell ve ark. 2010, Geraldo-Martins ve ark. 2013, Colucci ve ark. 2015). Benzer olarak yaptığımız bu çalışmada, Er,Cr:YSGG lazer ucu, diştten uzaklığı 1 mm olacak şekilde odaklanmış pozisyonda konumlandırılmıştır (Freitas ve ark. 2010, Anaraki ve ark. 2012).

Erbiyum lazerlerin dental sert dokularla etkileşimi sırasında, ortamda su varlığı, ablasyonu arttırarak lazer etkinliğinin artmasında önemli rol oynamaktadır (Seka ve ark. 1996). Sert doku lazeri olan erbiyum lazerlerin, kavite preperasyonu, çürük uzaklaştırılması gibi mine ve dentindeki uygulamaları, su soğutması altında yapılmaktadır. Literatürde, su varlığını ve yokluğunu karşılaştırarak inceleyen LIPD çalışmaları mevcuttur; ancak gerekliliği konusunda uzlaşmaya varılamamıştır (Hossain ve ark. 2000, Hossain ve ark. 2001b, Correa-Afonso ve ark. 2010, Geraldo-Martins ve ark. 2013, Colucci ve ark. 2015). Yapılan bazı çalışmalarda düşük enerji yoğunluğunda ve susuz uygulamanın hedef dokuda ablasyonu önlediği bildirilmiştir (Visuri ve ark. 1996, Liu ve ark. 2012, Zamataro ve ark. 2013). Bununla birlikte, lazer uygulanırken ortamda fazla miktarda su bulunmasının ablasyon ihtimalini arttırdığı, diş yüzeyinde pöroziteye ve buna bağlı olarak asitlerin derin tabakalara doğru difüzyonuna sebep olduğu gösterilmiştir (Visuri ve ark. 1996, Olivi ve ark. 2010). Ayrıca oluşan su tabakasının yoğunluğunun arttıkça lazerin mine yüzeyindeki gücünün azaldığı bildirilmiştir (Colucci ve ark. 2015). Bu bulguların tersine, yapılan bir çalışmada ise su soğutmasının yokluğunda, aşırı ısınmaya ve ideal sıcaklığın

üstüne çıkılması sebebiyle mine demineralizasyonunun engellenmesinde pozitif sonuçlar elde edilemeyeceği bildirilmiştir (Correa-Afonso ve ark. 2010). Literatürdeki bu bilgiler göz önünde bulundurularak yaptığımız çalışmada, demineralizasyonun optimal düzeyde engellenmesinde Er,Cr:YSGG lazerin su soğutmasız ve 2 ml/dk su soğutmalı uygulanması karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Çalışmamızın kontrol ve deney gruplarında, topikal florid materyali olarak % 1.23 florid içeren asidüle fosfat florid jel (Topex APF Flouride Gel, Sultan Healthcare Inc, Kaliforniya, ABD) (pH 3.6-3.9) kullanımı tercih edilmiştir. Yaygın olarak kullanılan APF jelin, mineye florid alımında ve minenin demineralizasyona karşı direncini arttırmada nötral jellerden daha başarılı olduğu tespit edilmiştir (Eronat ve ark. 1993, Delbem ve Cury 2002). Çalışmamıza ayrıca, kontrol grubu olarak yüksek oranda florid içeren (% 5 NaF) ve çürük riski fazla olan çocuklarda sıklıkla uygulanan cila (Duraphat, Colgate-Palmolive Ltd, İngiltere) uygulaması eklenmiş olup, minenin demineralizasyona karşı direncini arttırmada diğer kontrol grupları ile karşılaştırılması hedeflenmiştir.

Oral kavitenin normal koşullarına benzeyen bir ortam yaratılması amacıyla tasarlanan in vitro modeller kullanılarak, çevresel etkenler kontrol altında tutulur ve koşulların stabil kalması sağlanır. Ayrıca bu modeller, elde edilen sonuçların tekrarlanabilirliğini mümkün kılar (Buzalaf ve ark. 2010). In vitro modeller arasından pH siklusu modelinin temeli, dişlerin ağız ortamında her gün maruz kaldığı demineralizasyon-remineralizasyon olaylarının ağız dışında gerçekleştirilmesine dayanmaktadır (Skucha-Nowak ve ark. 2015). Ten Cate ve Duijsters (1982)'in çalışmasından köken alan ve günümüzde sıklıkla kullanılan modern pH siklusu protokollerinden biri de Featherstone ve ark. (1986)'nın geliştirdiği protokoldür. Bu yöntemin en önemli özellikleri; yüksek çürük riskli hastalardaki in vivo koşulları taklit etmesi ve demineralizasyonun inhibisyonu ile oluşan sonuçların net olarak ölçülmesine olanak sağlamasıdır. Bu protokolde; demineralizasyon solüsyonu (pH: 4.3) 6 saat süreyle, remineralizasyon solüsyonu (pH: 7) 17 saat süreyle uygulanmıştır. Solüsyonların kolay elde edilebilir olması ve vücut sıcaklığındaki (37°C) etüvde uygulanması sebebiyle çalışmamızda bu pH siklusu tercih edilmiştir. Demineralizasyon solüsyonuna maruz kalma süresini günde 3, 6 veya 17 saat olarak



uygulayan araştırmacılar bulunmaktadır. Remineralizasyonun ağırlıklı olduğu çalışmalarda bu süre kısaltılabilir veya demineralizasyon solüsyonunun pH'ı yükseltilebilir (Buzalaf ve ark. 2010). Bizim alışmamızda demineralizasyonun inhibisyonu inceleneceğinden süre kısaltılmamış ve demineralizasyon solüsyonu günde 6 saat uygulanmıştır.

Modern mine demineralizasyonu çalışmalarında, dişin mineral içeriğindeki küçük değişikliklerin dahi nicel olarak ölçülebilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla diş örneklerindeki elementlerin miktarını niceliksel olarak lbilen EDS analizi, SEM ile bağlantılı olarak çalışan bir mikroanalitik yöntemdir (Hegde ve ark. 2007). Bu yöntem yardımıyla, diş sert dokularının inorganik yapısını oluşturan hidroksiapatit kristallerindeki bazı elementlerin ağırlık olarak miktarları belirlenebilir. Dişin organik ve inorganik bileşenleri arasındaki oranın değişimine bağlı olarak, elementlerin oranları da değişmekte olup, bu durum diş sert dokularının znrlk, geçirgenlik gibi özelliklerini etkiler (Celik ve ark. 2008). Er:YAG lazerin demineralizasyon inhibisyonu etkinliğini EDS ile inceleyen birkaç çalışma mevcut iken (de Andrade ve ark. 2006, Kim ve ark. 2006, Zamudio-Ortega ve ark. 2014); Er,Cr:YSGG lazerin bu yöntemle incelendiği literatürde yalnızca bir çalışmaya rastlanmıştır (Ana ve ark. 2012). Er,Cr:YSGG lazer kullandığımız bu tez çalışmasında, mine demineralizasyonu SEM ve EDS analizleri ile değerlendirilmiştir. Yöntemimizin zgnlğ nedeniyle, literatürde lazer indüksiyonuyla minenin direncinin arttırıldığı çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, EDS analizinden elde edilen verilerin tam olarak karşılaştırılması mümkün olamamıştır.

Yapılan çalışmalarda kesitsel mikrosertlik testi yapılmış ve dişlerin mine yüzeyinden 100-160 m derine inildikçe değişen sertlik oranlarını kullanılarak toplam mineral hacimleri hesaplanmıştır (Delbem ve ark. 2003, Ana ve ark. 2012, Geraldo-Martins ve ark. 2013). Bizim alışmamızda ise önceki çalışmalardan farklı olarak, mine yüzeyinden itibaren ilk 120 m'lik kısım EDS analizinin Line-scan modunda taranarak, minenin yüzeyinden derine doğru gidildikçe Ca, P, C, O ve F elementlerinin ağırlıkça yüzdelerinin değişimi aynı çizgi üzerindeki 5 ayrı noktada (0, 30, 60, 90, 120 m) incelenmiştir. Elementlerin ayrı ayrı incelenmesi,

çalışmamızı yapılan önceki çalışmalardan ayıran önemli bir özelliktir. Ayrıca demineralizasyon sürecinde öncelikli olarak minenin temel yapıtaşları olan Ca ve P kaybedildiğinden (Arnold ve ark. 2003), elementlerin miktarının örnek yüzeyinden direkt olarak ölçülebilmesi yapılan bu analizin bir avantajıdır. Bununla birlikte, noktalardan elde edilen verilerden yararlanılarak, minenin yüzeye yakın ilk 120 µm’inde, her bir elementin ortalama kütle yüzdesi hesaplanmıştır.

Başlangıç mine lezyonlarında, Ca ve P’da azalma görüldüğünden (Santos Jr ve ark. 2014), mine direncini artırarak çürük oluşumunun engellenmesinde bu temel yapıtaşlarının korunması önemli rol oynar. Ayrıca çürüğe karşı daha duyarlı dişlerde, C ve O’in, daha fazla bulunduğu bildirilmiştir (Besic ve ark. 1975). Bunlara ek olarak, topikal florid uygulaması ile oluşan CaF<sub>2</sub> minerallerinin F konsantrasyonunu arttırdığı ve bunun dişlerde karyostatik etki oluşturduğu bilinmektedir (Ana ve ark. 2012). Tüm bu bilgiler ışığında, çalışmamızda tüm gruplardan elde edilen Ca, P, C, F ve O elementlerinin ortalama kütle yüzdeleri detaylı olarak değerlendirilmiştir.

Yapılan çalışmalarda çürük insidansının azaltılmasında APF jelin etkili olduğu gösterilmiş olup günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır (Truin ve Hof 2005, Wiegand ve ark. 2005). Hicks ve Flaitz (2007), yaptıkları çalışmada APF jelin, mine direncini arttırdığını bildirmiştir. Düşük pH’a sahip APF jel, mine yüzeyini aşındırarak floridin mine yapısına katılmasına yardımcı olmasına rağmen, Lee ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada APF jel uygulanan dişlerde cila uygulanan dişlerden daha az florid içeriği tespit etmiştir. Bunun sebebinin verniğin florid konsantrasyonunun daha yüksek olmasına bağlı olabileceği bildirilmiştir. Benzer olarak bizim yaptığımız çalışmada F elementi kütle yüzdesi, Duraphat grubunda APF grubundan fazla bulunmuş; ancak aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. SEM incelemesinde APF grubunda demineralizasyon alanlarında dağınık biçimde yayılmış CaF<sub>2</sub> globüllerine rastlanmış, Duraphat grubunda ise kesintili olarak yüzeyi kaplayan bir cila tabakası mevcut olduğundan CaF<sub>2</sub> globülleri değerlendirilememiştir.

Çürük oluşumuna karşı daha dirençli bir mine yapısının oluşturulmasını sağlayan temel mekanizma, kristal yapısındaki karbonat ve hidroksil gruplarının azaltılmasıdır (Holcomb ve Young 1980, Fowler ve Kuroda 1986). Yapılan

çalışmalarda, 400°C üstündeki yüzey sıcaklıklarında hidroksiapatit yapısındaki hidroksil gruplarının azaldığı ve 800°C üstünde karbonat gruplarındaki C'un kristallerde gerçekleşen reaksiyonlar sonucu CO<sub>2</sub> olarak salındığı ve uzaklaştığı bildirilmiştir (Fried ve ark. 1996, Rabelo ve ark. 2010). Mine yüzeyinde gerekli olan sıcaklığa erişilebilmesi ve kimyasal değişim elde edilmesi için, Er,Cr:YSGG lazerin en az 8 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğunda uygulanması gerektiği savunulmuştur (Fried ve ark. 1996). Rabelo ve ark. (2010), sığır dişlerinde Er,Cr:YSGG lazerin 13.74 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğunda (su soğutmasız) yüzey sıcaklığının 600°C'ye kadar ulaştığını; bu sayede kristal yapısındaki hidroksil ve karbonat gruplarının azaldığı ve minenin aside karşı direncinin arttığı belirtmiştir. Zezell ve ark. (2010), insan daimi dişlerinde Er,Cr:YSGG lazerin 8.5 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğunun (su soğutmasız), minenin karbonat içeriğini belirgin olarak azalttığını bildirmiştir. Ana ve ark. (2014) ise insan daimi dişlerinde Er,Cr:YSGG lazerin 2.8 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğunun (su soğutmasız), minenin organik ve karbonat içeriğini azaltmadığını ve hiçbir yapısal değişiklik oluşturmadığını öne sürmüştür. Bizim yaptığımız çalışmada, tüm bu araştırmalar desteklenmiş olup; daimi dişlerde L2 (su soğutmasız-8.84 J/cm<sup>2</sup>) ve L3 (su soğutmasız-13.26 J/cm<sup>2</sup>) gruplarında kontrol grubuna kıyasla, O elementinin kütle yüzdesinde anlamlı olarak azalma (p<0,05) ve su soğutmasız gruplarda lazerin enerji yoğunluğunun artması ile birlikte C elementinin kütle yüzdesinde anlamlı olmayan azalma (p>0,05) tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak, çalışmamızda, daimi dişlerde su soğutmasız lazer gruplarında enerji yoğunluğu arttıkça, minenin çürüğe karşı direncinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Mine direncini arttırmak amacıyla yüzey sıcaklığının yükseltilmesinin, intrapulpal sıcaklık artışına da sebep olacağı dikkate alınması gereken önemli bir konudur. Freitas ve ark. (2008), daimi dişlerde Er,Cr:YSGG lazerin (su soğutmasız-2.84, 5.68, 8.52 J/cm<sup>2</sup>) intrapulpal sıcaklık artışına etkisini incelediğı çalışmada, mine direncini arttırmada kullandıkları parametrelerin pulpa odasında 0.1°C'den daha fazla artışa neden olmadığını bildirmiştir. Ancak süt dişlerinde mine kalınlığının daha ince ve organik içeriğin daha fazla olduğu düşünöldüğünde, bu parametrelerin pulpa dokusunda termal hasara yol açan kritik sıcaklığı (5.5°C) aşp aşmadığı mine direncinin arttırılmasında büyük öneme sahip olup, Er,Cr:YSGG lazer kullanımında bunu inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle özellikle süt

dişlerinde demineralizasyonun önlenmesi amacıyla Er,Cr:YSGG lazer uygulaması sırasında pulpal dokular göz önünde bulundurularak tedbirli çalışılmalıdır.

Er,Cr:YSGG lazerin güç ve enerji yoğunluğu değerlerinin değişimine bağlı olarak mine direncini artırma etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada, sıgır kesici dişlerinde Er,Cr:YSGG lazerin su soğutmasız olarak 2.7, 6.5 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunlukları incelenmiştir (Apel ve ark. 2000). Bu çalışmada kontrol grubuna kıyasla, 6.5 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğunda lazer uygulanan dişlerde belirgin olarak Ca çözünürlüğünün azaldığı görülürken; bizim yaptığımız çalışmada daimi dişlerde, L2 (su soğutmasız-8.84 J/cm<sup>2</sup>) ve L3 (su soğutmasız-13.26 J/cm<sup>2</sup>) gruplarında Ca elementinin kütle yüzdesi istatistiksel olarak anlamlı ölçüde yüksek bulunmuştur. Sıgır dişlerinin kimyasal içeriğinin daimi dişlerden farklı olması sebebiyle birebir karşılaştırma yapılamamış olmakla birlikte, bizim çalışmamızda da benzer şekilde enerji yoğunluğu arttıkça lazerin etkinliğinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Freitas ve ark. (2010) daimi dişlerde yaptıkları bir çalışmada, Er,Cr:YSGG lazer (su soğutmasız-2.8, 5.7, 8.5 J/cm<sup>2</sup>) uygulaması sonrasında dişleri mikrosertlik testi ile incelemiştir. Bu testten elde edilen değerlerden, demineralizasyon sonucu oluşan mineral kaybı hesaplanmış ve mineral kaybının en az 8.5 J/cm<sup>2</sup> lazer uygulanan dişlerde olduğu tespit edilmiştir. Bu azalmanın, dişin aside daha dirençli hale gelmesi, karbonatın uzaklaşması ve proteinlerin dekompozisyonu sebebiyle gerçekleştiğini öne sürmüşlerdir (Fowler ve Kuroda 1986, Fried ve ark. 1996, Freitas ve ark. 2010). Çalışmamızda bu sonuç desteklenmiş ve L2 (su soğutmasız-8.84 J/cm<sup>2</sup>) grubunda minenin temel yapıtaşı olan Ca ve P elementlerinin kütle yüzdesinde artış sağlanmıştır.

Daimi dişlerde yaptığımız SEM incelemesinde, lazerlenen mine yüzeylerinde pürüzlü ve çatlaklı bir yapı, keskin kenarlar ve rastgele dağılmış krater benzeri kaviteler tespit edilmiş olup, literatürdeki birçok çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir (de Andrade ve ark. 2006, Olivi ve ark. 2010, Ana ve ark. 2012, Zamataro ve ark. 2013). Santos Jr ve ark. (2014) lazer uygulanan dişlerde düşük enerji yoğunluğu kullanılsa bile ablasyon meydana geldiğini; bu sebeple SEM incelemesinde mine yüzeyinin, lazer uygulanan dişlerde daha irregüler biçimde izlendiğini bildirmiştir. Olivi ve ark. (2010) minenin prizmatik yapısına kısmi olarak

benzeyen bu ablaze dokunun, sağlıklı dokudan belirgin kenarlarla ayrıldığını ve mine yüzeyi görüntüsünün erimeyi değil mikro patlamaları akla getirdiğini bildirmiştir. de Andrade ve ark. (2006), Er:YAG lazer ile yaptıkları çalışmalarında SEM incelemesi sonucu, lazerin enerji yoğunluğu arttıkça daha belirgin ve engebeli kraterlerin oluştuğunu belirtmiştir. Ayrıca demineralizasyon siklusu sonrasında, yüzeyin tamamında gözlenen kireç beyazı, kahverengi görüntünün arttığı ve bu görüntünün mine kenarlarında daha fazla belirginleşmesinin, mineral kaybının belirtisi olduğu öne sürülmüştür (de Andrade ve ark. 2006). Benzer olarak bizim çalışmamızda da lazer gücü arttıkça morfolojik değişikliklerin daha belirgin hale geldiği gözlemlenmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara göre, mine yüzeyinde Er,Cr:YSGG lazerin homojen olarak değil yalnızca lazer atışının isabet ettiği alanlara etki etmesi ve bu sebeple mine direncini artırma etkisinin tüm yüzeyde eşit olarak elde edilemeyeceği sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanı sıra, lazer ışınının mine yüzeyinde rastgele oluşturduğu çeşitli boyutlardaki krater ve çatlaklar, dişin uzun dönem prognozunda olumsuz etki yaratabilir (Kim ve ark. 2006). Mine yüzeyindeki bu heterojenitenin, biyofilm depozisyonuna ve bakteriyel invazyona neden olabileceği göz önünde bulundurulması gerektiği bildirilmiştir (de Andrade ve ark. 2006).

Literatürde, daimi dişlerde çürük inhibisyonu amacıyla erbiyum lazerlerin uygulanması sırasında su soğutmasının kullanım gerekliliği çeşitli çalışmalarda incelenmiştir. Yaptığımız bu tez çalışmasında da, Er,Cr:YSGG lazer uygulaması sırasında su soğutması varlığının mine direnci üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Elde ettiğimiz bulgulara göre daimi dişlerde  $13.26 \text{ J/cm}^2$  lazer uygulamasında Ca elementi kütle yüzdesi, su soğutmasız L3 grubunda, su soğutmalı L6 grubundan istatistiksel olarak anlamlı oranda yüksektir ( $p < 0,05$ ). Bu bulgu yapılan önceki çalışmalara (Hossain ve ark. 2000, Hossain ve ark. 2001b) benzerlik göstermektedir ve su soğutmasız uygulamanın daha etkili mine direnci sağladığı düşünülmektedir. Hossain ve ark. (2001b) yaptıkları bir çalışmada, daimi dişlerde Er,Cr:YSGG lazerin su soğutmalı ve soğutmasız gruplarda etkinliğini araştırmış ve tüm gruplarda minedeki Ca kaybında belirgin olarak azalma tespit etmiştir. Bunun yanı sıra, en fazla azalmanın görüldüğü grupların, su soğutmasız gruplar olduğu belirtilmiştir. Benzer olarak yapılan bir diğer çalışmada ise daimi diş mine örneklerinde Er:YAG lazerin,

hem sulu hem susuz uygulamasının kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha başarılı olduğu ve susuz uygulamada, sulu uygulamaya kıyasla daha az Ca çözüldüğünü bildirilmiştir (Hossain ve ark. 2000).

Erbiyum lazerlerde su soğutmasının mine direncini arttırma üzerine etkisinin incelendiği diğer çalışmalarda, değerlendirme yöntemi olarak mikrosertlik testi kullanılmıştır. Bu yöntemle Er,Cr:YSGG lazer kullanılarak yapılan çalışmaların birinde su soğutmasız çalışmada minenin mikrosertliğinin % 23 oranda daha fazla olduğu savunulurken (Geraldo-Martins ve ark. 2013); bir diğer çalışmada APF jel ile birlikte su soğutmalı lazer uygulamasının başarılı sonuç sağladığı bildirilmiştir (Kumar ve ark. 2016). Colucci ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada Er:YAG lazer uygulaması sonrası ölçülen mikrosertliğin, daha az miktarda su kullanılan dişlerde (2 ml/dk), yüksek su miktarlarına (5 veya 8 ml/dk) oranla daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Bu durumda akış oranı yüksek su soğutması uygulamasının, diş yüzeyindeki su tabakasının artmasına ve yüzeye ulaşan lazer ışığının enerjisinin azalmasına sebep olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmalara karşıt olarak Correa-Afonso ve ark. (2010) susuz veya 2 ml/dk sulu olarak yaptığı Er:YAG lazer çalışmasında, su soğutmasının yokluğunda, aşırı ısınmaya bağlı olarak ideal sıcaklığın aşıldığını ve sonuçların başarısız olduğunu savunmuştur. Diş dokularında yüzey mikrosertlik değerlendirmesi, mine demineralizasyonu ile ilgili sınırlı bilgi vermektedir. Yaptığımız çalışmada Er,Cr:YSGG lazerin su soğutmalı/soğutmasız koşullarda kullanımının etkinliği minedeki Ca kütle yüzdesine göre değerlendirilmiştir. Çalışmamızın sonucunda, minenin Ca kütle yüzdesi, su soğutmasız ortamda kullanımda, su soğutmalı ortamdan daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgu, Geraldo-Martins ve ark. (2013) ile Colucci ve ark. (2015) çalışmalarını destekler nitelikte olup, yapılan diğer çalışmalarla arasındaki farkın, kullanılan lazer tipi, lazer parametreleri ve su akışı miktarına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Bazı lazer parametreleri önemli miktarda ısınmaya neden olarak, minede karbonizasyona yol açabilmektedir (Ana ve ark. 2007). Çalışmamızda ortamdaki su varlığının karbonizasyon üzerindeki etkinliği, C elementinin kütle yüzdesi göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Daimi dişlerdeki bulgularımıza göre, su soğutmalı ve APF'li gruplarda lazerin güç değeri arttıkça C kütle yüzdesi de artmıştır. Bununla birlikte C kütle yüzdesi, APF+L1 (su soğutmasız-4.42 J/cm<sup>2</sup>)

grubunda, APF+L4 (su soğutmalı-4.42 J/cm<sup>2</sup>) grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksektir (p<0,05). Buna göre, düşük enerji yoğunluklarının su soğutması ile birlikte uygulanması durumunda, mine yüzeyinin sıcaklığının aşırı miktarda artışı önlenir ve böylece minede termal etki sağlanırken karbonizasyon engellenebilmektedir (Correa-Afonso ve ark. 2010).

Bazı araştırmacılar su soğutmasız olarak lazer uygulamasının, termal etkiye bağlı olarak minede yapısal, kimyasal değişikliklere neden olduğunu ve bunun da minenin aside karşı direncini arttırdığını savunmaktadır (Hossain ve ark. 2000, Ana ve ark. 2007, Moslemi ve ark. 2009). Hossain ve ark. (2000) yaptıkları SEM incelemesinde, su soğutmalı gruplarda lazerlenmiş alanların demineralizasyondan önce ve sonra pullu bir görünüme sahip olduğunu ve termal değişime rastlanmadığını belirtmiştir. Su soğutmasının, aside maruziyetin devam etmesi durumunda çözülmeye daha yatkın bir yüzey oluşturduğu öne sürülmüştür. Su soğutmasız gruplarda ise lazerlenmiş alanların termal dejenerasyon sonucu lav benzeri erimiş bir görünüme sahip olduğu ve demineralizasyondan sonra yüzeyin bozulmadan kaldığı tespit edilmiştir. Bunun aksine yapılan diğer çalışmalarda, mine yüzeyinde belirgin erime gözlenebilmesi için çok yüksek yüzey sıcaklıklarına (900-1200°C) ulaşılması gerektiği (Fried ve ark. 1996) ve Er,Cr:YSGG lazerin 13.74 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğunda yüzey sıcaklığının en fazla 600°C'ye kadar ulaştığı bildirilmiştir (Rabelo ve ark. 2010). Bu nedenle daha düşük sıcaklıklarda elde edilen mine direncinin, organik matriksteki proteinlerin denatürasyonundan ve minede difüzyona sebep olan interprizmatik alandaki porların miktarının azalmasından kaynaklandığı savunulmuştur (Hsu ve ark. 2000, Ying ve ark. 2004, Liu ve ark. 2012). Santos Jr ve ark. (2014) ise yaptıkları SEM incelemesinde, Er,Cr:YSGG lazerin istenilen bir etkisi olan erimeye çok nadir olarak rastladığını bildirmiştir. Benzer olarak bizim çalışmamızda daimi dişlerde yaptığımız SEM incelemesinde, su soğutmasız gruplardan L2 ve APF+L1'de kısmi olarak termal dejenerasyon benzeri alanlara rastlanmış olup, yüzeyde yaygın bir erime gözlenmemiştir. Bununla beraber SEM incelemesinde su soğutmasının ablasyonu artırarak daha geniş kraterlerin oluşumuna sebep olduğu izlenmiştir ve bunun da diş yüzeyini asit ataklarına daha yatkın hale getirebileceği düşünülmektedir.

Er,Cr:YSGG lazerin daimi diş minesinde topikal floridlerle birlikte ve ayrı olarak uygulanması sonucu demineralizasyona karşı oluşan direnci değerlendiren bir çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerin (su soğutmasız) 2.8, 5.6 ve 8.5 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluklarında, yalnız lazer ve lazer+APF jel şeklinde uygulanması sonrasında mine demineralizasyonundaki değişim incelenmiştir (Ana ve ark. 2012). Çalışma sonucunda, demineralizasyon sonrası minenin yüzey sertliğindeki düşüşün, lazer (8.5 J/cm<sup>2</sup>)+APF grubunda kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak daha az olduğu; ancak bu düşüşün yalnız lazer grubu ve APF gruplarında elde edilen düşüşten daha fazla olmadığı bildirilmiştir. Sonuç olarak 8.5 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğunda lazerin tek başına uygulanmasının yüzey sertliğindeki kaybı azaltabildiği, fakat APF'nin buna ek bir katkısı olmadığı belirtilmiştir. Santos Jr ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada sıgır kesici dişlerine % 5 NaF içeren cila sonrasında Er,Cr:YSGG lazer (su soğutmasız-0.50 W, 8.92 J/cm<sup>2</sup>) uygulamış ve aldıkları kesitlerde derinliğe (20, 40, 60, 80, 100 µm) bağlı olarak değişen mikrosertliği incelemiştir. Çalışma sonucunda, lazer uygulanan grupların hiçbirinde; kontrol grubu veya NaF grubu arasında istatistiksel olarak fark tespit edilmemiş ve Er,Cr:YSGG lazerin tek başına veya topikal floridle beraber uygulamasının mine direncini arttırmada etkili olmadığı bildirilmiştir. Bizim yaptığımız çalışmada, Ana ve ark. (2012) ve Santos Jr ve ark. (2014)'nın yaptıkları çalışmalardan farklı olarak önce APF sonra lazer uygulanmasına rağmen elde ettiğimiz bulgular bu çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Çalışmamızda daimi dişlerde Ca ve P elementlerinin kütle yüzdesinde, APF grubu, L2 (su soğutmasız-8.84 J/cm<sup>2</sup>) grubu ve L3 (su soğutmasız-13.26 J/cm<sup>2</sup>) grubunda, kontrol grubuna kıyasla anlamlı artış gözlenmiştir (p<0,05). APF+L2 (su soğutmasız-8.84 J/cm<sup>2</sup>) ve APF+L3 (su soğutmasız-13.26 J/cm<sup>2</sup>) gruplarında ise kontrol grubuna kıyasla artış mevcut olup istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>0,05). Elementel analiz sonucu elde ettiğimiz bu bulgular, önceki çalışmalarda incelenen mine yüzey sertliğindeki değişimi açıklar nitelikte olup, APF'ye ek olarak lazer uygulamasının, fazladan mine direnci sağlamadığı düşünülmektedir.

Daimi dişlerde yapılan diğer bir Er,Cr:YSGG lazer (su soğutmasız-0.25 W) çalışmasında, diştten çözünen Ca miktarının APF+lazer grubunda kontrol grubundaki dişlere kıyasla, % 15 azaldığı bildirilmiştir (Moslemi ve ark. 2009). Fekrazad ve



Ebrahimpour (2014), başlangıç çürüklerinin önlenmesinde Er,Cr:YSGG lazerin (su soğutmasız-0.25 W) etkinliğini APF jel ile karşılaştırarak değerlendirdiği çalışmada, lazer+APF uygulanan dişlerde çözünen Ca miktarının belirgin olarak azaldığını tespit etmiştir. Anaraki ve ark. (2012) ise Er,Cr:YSGG lazeri su soğutmasız olarak uyguladığı çalışmada; çözünen Ca miktarının, lazer (0.50 W) ile birlikte APF uygulanan grupta, tek başına lazer grubundan (0.25 W) daha fazla olduğunu saptamıştır. Bizim çalışmamızda da, daimi dişlerde Ca elementinin kütle yüzdesi, APF+L1 (su soğutmasız-0.25 W) grubunda, L1 (su soğutmasız-0.25 W) grubundan daha fazla olup, gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p>0,05$ ). Ancak hem APF+L1 grubunun hem de L1 grubunun Ca elementi kütle yüzdesi, APF grubundan istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha azdır ( $p<0,05$ ). Buna göre çalışmamızda, daimi dişlerde APF+L1 ve L1 gruplarında Er,Cr:YSGG lazer uygulaması, minenin aside karşı direncini arttırmada APF'den daha başarısız bulunmuştur. Çalışmamızda elde edilen bulguların diğer çalışmalardan farklılık göstermesinin nedeninin ise; farklı lazer parametreleri, topikal florid uygulamaları ve pH siklusu kullanımına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Topikal florid uygulamalarında, temel olarak mine yüzeyinde rezervuar görevi gören  $\text{CaF}_2$ 'in çökmesinin gerçekleştiği ve çok az miktarda floridin de mine yapısına katılarak floroapatit oluşturduğu bilinmektedir (Bevilacqua ve ark. 2008). Yapılan bazı çalışmalarda Er:YAG lazer uygulamasının, topikal florid uygulamalarındaki floridin mineye bağlanmasını arttırdığı ve floroapatit oluşumunu desteklediği öne sürülmüştür (Phan ve ark. 1999, Bevilacqua ve ark. 2008). Yapılan diğer çalışmalarda da, Er,Cr:YSGG lazerin (su soğutmasız - 8.5 veya 8.84  $\text{J}/\text{cm}^2$ ), APF ile birlikte uygulandığı dişlerde, yalnızca APF uygulanan dişlere kıyasla mine yüzeyinde daha yoğun  $\text{CaF}_2$  çökmesi görüldüğü ve lazer uygulamasının minede  $\text{CaF}_2$  oluşumunu arttırdığı bildirilmiştir (Zezell ve ark. 2010, Ana ve ark. 2012, Zamataro ve ark. 2013). Bizim çalışmamızda da, daimi dişlerde F elementi kütle yüzdesi APF+lazer gruplarında, APF grubuna kıyasla anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Ayrıca çalışmamızda, hem mine yüzeyinde (0  $\mu\text{m}$ ) hem de daha derin tabakalarda (30, 60, 90, 120  $\mu\text{m}$ ), en fazla F elementi kütle yüzdesi, su soğutmasız uygulanan APF+lazer (8.84 ve 13.26  $\text{J}/\text{cm}^2$ ) gruplarında tespit edilmiştir. Bu durum, lazer uygulaması sonrasında mine yüzeyinde oluşan ve SEM

incelemesinde net olarak görülebilen morfolojik değişime bağlı olabilir. Yüzey morfolojisinin pürüzlü hale gelmesi sonucunda, daha fazla hidroksiapatit yüzeyinin APF ile tepkimeye girdiği ve böylece CaF<sub>2</sub> globüllerinin formasyonu ve retansiyonunun arttığı öne sürülmüştür (Ana ve ark. 2012, Zamataro ve ark. 2013). Çalışmamızda daimi dişlerde yaptığımız SEM incelemesinde, APF ile birlikte lazer uygulanan gruplarda, kısmi olarak CaF<sub>2</sub> globülleri tespit edilmiştir.

Yapılan literatür taramasında süt dişlerinde lazer ile mine direncinin artırılması ile ilgili çok az çalışma olduğu ve erbiyum lazerlerle yapılmış üç çalışmadan yalnızca bir tanesinde Er,Cr:YSGG lazer kullanıldığı belirlenmiştir (Molaasadollah ve ark. 2017). Süt dişlerinin daha ince mineye ve yüzeyi kaplayan aprizmatik tabakaya sahip olması, daha az Ca ve P içermesi (de Menezes Oliveira ve ark. 2010) gibi yapısal ve kimyasal özelliklerinin daimi dişlerden farklılık göstermesi nedeniyle lazerin termal etkilerine daimi dişlerden daha az dirençli olduğu öne sürülmüştür (Apel ve ark. 2002b). Yaptığımız tez çalışmasında, Ca ve P elementlerinin kütle yüzdesi, en yüksek L3 (su soğutmasız-13.26 J/cm<sup>2</sup>) grubunda görülmüş olup, APF grubu ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p>0,05). Tek başına APF uygulamasının avantajı ise daha düşük C kütle yüzdesine sahip olmasıdır. Ayrıca APF+L3 (su soğutmasız-13.26 J/cm<sup>2</sup>) lazer grubunda hem Ca hem P kütle yüzde değerleri, L3 ve APF gruplarından anlamlı olarak daha düşüktür (p<0,05). Buna göre çalışmamızda APF ve lazerin birlikte kullanımının Ca ve P elementleri açısından sinerjistik etki sağlamadığı gösterilmiştir. Literatürde çalışmamıza benzer olarak, süt dişlerinde Nd:YAG lazer ve CO<sub>2</sub> lazer ile yapılan iki çalışmada, lazerin çürükten korunmada floridlerin etkisine ilave bir etkisi olmadığı belirtilmiştir (Tagliaferro ve ark. 2007, Azevedo ve ark. 2012). Bunun tersine; yapılan bir çalışmada, Er:YAG lazerin % 35.7 ve Nd:YAG lazerin % 40.4 oranla mineral kaybında azalma sağladığı (Castellan ve ark. 2007), bu sebeple bu yöntemlerin APF jelle alternatif bir yöntem olabileceği bildirilmiş; diğer çalışmada ise Nd:YAG+APF jel uygulamasının süt dişlerini morfolojik olarak güçlendirerek karyojenik ataklara karşı koruyucu bir bariyer sağladığı (Reddy Banda ve ark. 2011) öne sürülmüştür. Farklı lazer tipleri ve enerji yoğunlukları uygulanmasına bağlı olarak çalışmaların sonuçlarında da farklılıklar görülmektedir.

Westerman ve ark. (2004), süt dişleri üzerinde yaptıkları in vitro çalışmada başlangıç çürüklerinde argon lazerlerin APF ile beraber kullanımında, çürük derinliklerinde % 50'ye varan azalma sağlandığını ve APF'nin lazer uygulanmasından önce ya da sonra kullanılmasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmiştir. Süt molarlarda yapılan bir diğer çalışmada, Er:YAG lazerin (7.5, 12.7, 39.8 J/cm<sup>2</sup>) demineralizasyonu engelleme etkinliği EDS analizi ile değerlendirilmiştir (Zamudio-Ortega ve ark. 2014). APF'den sonra uygulanan 12.7 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğunda lazerin, C yoğunluğunda azalma, F alımında artış, Ca/P oranında artışı sağladığı bildirilmiştir. Çalışmaların metodları açısından çeşitli farklılıklar bulunmakta olup, bizim alışmamızda APF, lazerden önce uygulanmıştır. Bunun sonucunda çalışmamızda süt dişlerinde APF+L3 (su soğutmasız-13.26 J/cm<sup>2</sup>) grubunda, L3 grubuna kıyasla F kütle yüzdesi yüksek, C, Ca ve P kütle yüzdeleri anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur (p<0,05). Ayrıca süt dişlerinde C kütle yüzdesi, L3 (su soğutmasız-0.75 W) grubunda, kontrol grubu, APF+L3 (su soğutmasız-0.75 W) ve APF+L6 (su soğutmalı-0.75 W) gruplarından istatistiksel olarak yüksektir (p<0,05).

Süt dişlerinde su soğutmasının kullanıldığı literatürde yalnızca bir çalışma bulunmakta olup, bu çalışmada da polarize ışık mikroskobu kullanılarak çürük derinliği incelenmiştir. Molaasadollah ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, APF ve Er,Cr:YSGG APF+lazer (su soğutmalı-0.50 W) uygulaması arasında istatistiksel fark olmadığından her ikisinin de çürükten korunmada etkili olduğunu öne sürmüş olsa da, çalışmamızda kontrol grubuna kıyasla, APF grubunun tüm su soğutmalı lazer gruplarından istatistiksel olarak daha yüksek Ca kütle yüzdesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Dişin temel yapıtaşı olan Ca yoğunluğu mine direncinin arttırılmasında göz önünde bulundurulması gereken bir unsur olup, polarize ışık mikroskobu incelemesinin tek başına yetersiz olduğu düşünölmektedir.

Bunlara ek olarak çalışmamızda, süt dişlerinde su soğutmasının etkinliği, karbonizasyon açısından değerlendirildiğinde; L3 (su soğutmasız-13.26 J/cm<sup>2</sup>) grubunun C kütle yüzdesi; kontrol, L2 (su soğutmasız-8.84 J/cm<sup>2</sup>), APF+L3 (su soğutmasız-13.26 J/cm<sup>2</sup>) ve APF+L6 (su soğutmalı-13.26 J/cm<sup>2</sup>) gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (p<0,05). Bu bulgulara

göre, C kütle yüzdesi daha az güçte lazer uygulanan sulu ve APF'li gruplarda kontrol grubuna kıyasla daha az yükselmiştir.

Süt dişlerinde yaptığımız SEM incelemesinde, daimi dişlere benzer bulgulara rastlanmıştır. Buna göre, lazerin enerji yoğunluğu arttıkça oluşan kraterlerin derinliği de artmaktadır. Bu bulgu, lazerin süt dişi minesinin morfolojik yapısında, enerji artışı ile orantılı olarak hafiften şiddetliye doğru hasara yol açtığını bildiren Zamudio-Ortega ve ark. (2014)'nin sonuçları ile uyumludur. Ayrıca süt dişlerinde, daimi dişlere benzer olarak APF uygulanan gruplarda kısmi  $\text{CaF}_2$  globülleri izlenmiştir. Daimi dişlerden farklı olarak ise, çalışmamızda sabit güç değerinde uygulanan lazerin, süt dişlerinin minesinde daha geniş ve derin alanlarda pürüzlülüğe sebep olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, bu bilgiler doğrultusunda;

Er,Cr:YSGG lazerin daimi dişlerde su soğutmasız olarak 0.50 W veya 0.75 W uygulanmasının ve süt dişlerinde su soğutmasız olarak 0.75 W uygulanmasının, dişin temel yapıtaşı olan Ca ve P içeriğini arttırarak minenin çürük oluşumuna karşı direncini arttırdığı gözlemlenmiştir. Ancak mine yüzeyinde oluşan kalıcı morfolojik hasarlar ve özellikle süt dişlerinde C kütle yüzdesini arttırması sebebiyle, lazer uygulamasının uzun dönemde minenin direncini olumsuz yönde etkileyebileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda kullanılan parametrelerdeki lazer uygulamalarının, Ca ve P'ü tek başına APF uygulamasından belirgin olarak daha fazla arttırmaması nedeniyle, süt ve daimi dişlerde APF'ye alternatif olarak kullanılamayacağı görülmektedir. Ayrıca minenin kimyasal yapısının elementel analizinden elde ettiğimiz Ca ve P bulgularından, süt ve daimi dişlerde APF+lazer uygulamasının, fazladan mine direnci sağlamadığı, yani sinerjistik etki oluşturmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Bununla beraber süt ve daimi dişlerde, APF ile birlikte lazer uygulamasının yalnız APF uygulamasına kıyasla F kütle yüzdesini daha fazla arttırması nedeniyle, dişin yapısına F katılması ve  $\text{CaF}_2$  oluşumu açısından APF+lazer kullanımının çürükten korunmada yalnız APF uygulamasına göre daha etkili olabileceği söylenebilir.

## 5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Daimi dişlerde Ca ve P kütle yüzdesi, APF grubu, L3 (su soğutmasız-0.75 W) ve L2 (su soğutmasız-0.50 W) grubunda kontrol grubundan istatistiksel olarak daha yüksektir ( $p<0,05$ ). Ancak bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ( $p>0,05$ ).

2. Daimi dişlerde APF+L3 (su soğutmasız-0.75 W) ve APF+L2 (su soğutmasız-0.50 W) gruplarının Ca ve P kütle yüzdesi, kontrol grubundan daha yüksek olup, bu oran istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p>0,05$ ). Ayrıca, bu grupların Ca ve P kütle yüzdesi, L3, L2 ve APF gruplarından daha düşüktür.

3. Süt dişlerinde Ca ve P kütle yüzdesi, APF grubu ve L3 (su soğutmasız-0.75 W) grubunda kontrol grubundan istatistiksel olarak daha yüksektir ( $p<0,05$ ). Ancak bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ( $p>0,05$ ).

4. Süt dişlerinde APF+L3 (su soğutmasız-0.75 W) grubunun Ca ve P kütle yüzdesi, kontrol grubundan yüksek olup bu oran istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p>0,05$ ). Ancak, APF+L3 grubunun Ca ve P kütle yüzdesi, APF grubu ve L3 (su soğutmasız-0.75 W) grubundan anlamlı olarak daha düşüktür ( $p<0,05$ ).

5. Daimi dişlerde kontrol grubuna kıyasla en yüksek C kütle yüzdesi APF+L6 (su soğutmalı-0.75 W) grubunda görülmüş; sulu ve APF'li gruplarda lazerin enerji yoğunluğu arttıkça C kütle yüzdesi anlamlı olarak artmıştır ( $p<0,05$ ). Bunun yanı sıra susuz gruplarda C kütle yüzdesi, lazerin enerji yoğunluğu arttıkça azalmıştır ( $p>0,05$ ).

6. Süt dişlerinde C kütle yüzdesi, en yüksek L3 (su soğutmasız-0.75 W) grubunda görülmekte olup; kontrol grubu, APF+L3 (su soğutmasız-0.75 W) ve APF+L6 (su soğutmalı-0.75 W) grupları ile arasında anlamlı fark görülmektedir ( $p<0,05$ ).

7. Süt ve daimi dişlerde F kütle yüzdesi, APF+lazer uygulanan gruplarda APF grubuna ve yalnız lazer uygulanan gruplara kıyasla istatistiksel olarak daha yüksektir ( $p<0,05$ ).

**8.** Daimi diřlerde en dūřuk O kŭtle yŭzdesi APF+L1 (su soęutmasız-0.25 W) grubunda ( $p<0,05$ ), sŭt diřlerinde ise APF grubunda gŖrŭlmektedir ( $p<0,05$ ).

**9.** Sŭt ve daimi dişlerde SEM incelemesinde, lazer uygulanan gruplarda, mine yŭzeyinde enerji yoğunluğuna gŖre değişen derinliklerde çatlaklar, kraterler ve engebeli alanlar gŖzlenmiřtir. Su soęutmalđ gruplarda ise, su soğutmasız gruplara kıyasla daha geniş ve derin kraterlere rastlanmıştır.



## 6 KAYNAKLAR

- AL-BATAYNEH OB, SEOW WK, WALSH LJ. (2014) Assessment of Er: YAG Laser for cavity preparation in primary and permanent teeth: a scanning electron microscopy and thermographic study. *Pediatric dentistry*, 36, 90E-94E.
- AMINZADEH A, SHAHABI S, WALSH LJ. (1999) Raman spectroscopic studies of CO<sub>2</sub> laser-irradiated human dental enamel. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 55, 1303-1308.
- ANA PA, BACHMANN L, ZEZEEL DM. (2006) Lasers effects on enamel for caries prevention. *Laser Physics*, 16, 865-875.
- ANA PA, BLAY A, MIYAKAWA W, ZEZEEL DM. (2007) Thermal analysis of teeth irradiated with Er, Cr: YSGG at low fluences. *Laser Physics Letters*, 4, 827.
- ANA PA, TABCHOURY CPM, CURY JA, ZEZEEL DM. (2012) Effect of Er, Cr: YSGG laser and professional fluoride application on enamel demineralization and on fluoride retention. *Caries research*, 46, 441-451.
- ANA PA, KAUFFMANN CMF, BACHMANN L, SOARES LES, MARTIN AA, GOMES ASL, ZEZEEL DM. (2014) FT-Raman spectroscopic analysis of Nd: YAG and Er, Cr: YSGG laser irradiated enamel for preventive purposes. *Laser Physics*, 24, 035603.
- ANARAKI SN, SERAJZADEH M, FEKRAZAD R. (2012) Effects of laser-assisted fluoride therapy with a CO<sub>2</sub> laser and Er, Cr: YSGG laser on enamel demineralization. *Pediatric dentistry*, 34, 92E-96E.
- ANDERSON AM, KAO E, GLADWIN M, BENLI O, NGAN P. (2002) The effects of argon laser irradiation on enamel decalcification: An in vivo study. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 122, 251-259.

- ANDERSON M. (2001) Risk assessment and epidemiology of dental caries: review of the literature. *Pediatric dentistry*, 24, 377-385.
- ANSARI ZJ, FEKRAZAD R, FEIZI S, YOUNESSIAN F, KALHORI KA, GUTKNECHT N. (2012) The effect of an Er, Cr: YSGG laser on the micro-shear bond strength of composite to the enamel and dentin of human permanent teeth. *Lasers in medical science*, 27, 761-765.
- ANTUNES A, DE ROSSI W, ZEZZEL DM. (2006) Spectroscopic alterations on enamel and dentin after nanosecond Nd: YAG laser irradiation. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 64, 1142-1146.
- APEL C, GRABER HG, GUTKNECHT N. (2000) Calcium solubility of dental enamel following Er, Cr: YSGG laser irradiation, in: (Ed.)^(Eds.), SPIE Proc. pp. 318-321.
- APEL C, SCHÄFER C, GUTKNECHT N. (2003) Demineralization of Er: YAG and Er, Cr: YSGG laser-prepared enamel cavities in vitro. *Caries research*, 37, 34-37.
- APEL C, MEISTER J, SCHMITT N, GRÄBER HG, GUTKNECHT N. (2002a) Calcium solubility of dental enamel following sub-ablative Er: YAG and Er: YSGG laser irradiation in vitro. *Lasers in surgery and medicine*, 30, 337-341.
- APEL C, BIRKER L, MEISTER J, WEISS C, GUTKNECHT N. (2004) The caries-preventive potential of subablative Er: YAG and Er: YSGG laser radiation in an intraoral model: a pilot study. *Photomedicine and Laser Therapy*, 22, 312-317.
- APEL C, MEISTER J, GÖTZ H, DUSCHNER H, GUTKNECHT N. (2005) Structural changes in human dental enamel after subablative erbium laser irradiation and its potential use for caries prevention. *Caries research*, 39, 65-70.
- APEL C, MEISTER J, IOANA R, FRANZEN R, HERING P, GUTKNECHT N. (2002b) The ablation threshold of Er: YAG and Er: YSGG laser radiation in dental enamel. *Lasers in medical science*, 17, 246-252.



- ARNOLD W, CERMAN M, NEUHAUS K, GAENGLER P. (2003) Volumetric assessment and quantitative element analysis of the effect of fluoridated milk on enamel demineralization. *Archives of oral biology*, 48, 467-473.
- ARNOLD WH, GAENGLER P. (2007) Quantitative analysis of the calcium and phosphorus content of developing and permanent human teeth. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 189, 183-190.
- ATTIN T. (2006) Methods for assessment of dental erosion, In: Dental Erosion, Ed.(Eds.), Karger Publishers. p: 152-172.
- ATTRILL DC, FARRAR SR, KING TA, DICKINSON MR, DAVIES RM, BLINKHORN AS. (2000) Er: YAG ( $\lambda= 2.94 \mu\text{m}$ ) laser etching of dental enamel as an alternative to acid etching. *Lasers in Medical Science*, 15, 154-161.
- AXELSSON P. (2000) Diagnosis and risk prediction of dental caries- Chapter 5: Development and diagnosis of carious lesions ed. Quintessence Publishing Co, Inc, Chicago, Berlin, London, Tokyo, Paris, Barcelona, Sao Paulo, Moscow, Prague, Warsaw. s: 181-245.
- AXELSSON P. (2004) Preventive materials, methods, and programs- Chapter 5: Use of Fluorides. ed. Quintessence Publishing Company. s: 263-368.
- AZEVEDO DT, FARAONI-ROMANO JJ, DERCELI JDR, PALMA-DIBB RG. (2012) Effect of Nd: YAG laser combined with fluoride on the prevention of primary tooth enamel demineralization. *Brazilian dental journal*, 23, 104-109.
- BACHMANN L, DIEBOLDER R, HIBST R, ZEZELE DM. (2005) Changes in chemical composition and collagen structure of dentine tissue after erbium laser irradiation. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 61, 2634-2639.

BACHMANN L, ROSA K, DA ANA PA, ZEZZELL DM, CRAIEVICH AF, KELLERMANN G. (2008) Crystalline structure of human enamel irradiated with Er: Cr: YSGG laser. *Laser Physics Letters*, 6, 159.

BACHRA BN, TRAUTZ OR, SIMON SL. (1965) Precipitation of calcium carbonates and phosphates—III: The effect of magnesium and fluoride ions on the spontaneous precipitation of calcium carbonates and phosphates. *Archives of oral biology*, 10, 731-738.

BADER JD, SHUGARS DA. (2004) A systematic review of the performance of a laser fluorescence device for detecting caries. *The Journal of the American Dental Association*, 135, 1413-1426.

BARD AJ, FAULKNER LR, LEDDY J, ZOSKI CG. (1980) *Electrochemical methods: fundamentals and applications*. ed. Wiley & Sons, Inc. , New York. s.

BAŞEREN NM, GOKALP S. (2003) Validity of a laser fluorescence system (DIAGNOdent) for detection of occlusal caries in third molars: an in vitro study. *Journal of oral rehabilitation*, 30, 1190-1194.

BERKOVITZ BKB, HOLLAND GR, MOXHAM BJ. (2002) *Oral anatomy, embryology and histology- Chapter 7: Enamel*. Third ed. Mosby Inc, Edinburg London Newyork Philadelphia St Louis Sydney Toronto. s: 101-118.

BESIC FC, BAYARD M, WIEMANN MR, BURRELL KH. (1975) Composition and structure of dental enamel: elemental composition and crystalline structure of dental enamel as they relate to its solubility. *The Journal of the American Dental Association*, 91, 594-601.

BEVILÁCQUA FM, ZEZZELL DM, MAGNANI R, DA ANA PA, DE PAULA EDUARDO C. (2008) Fluoride uptake and acid resistance of enamel irradiated with Er: YAG laser. *Lasers in medical science*, 23, 141-147.

- BEYHAGHI M, KIANI-RASHID A-R, KASHEFI M, KHAKI JV, JONSSON S. (2015) Effect of powder reactivity on fabrication and properties of NiAl/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite coated on cast iron using spark plasma sintering. *Applied Surface Science*, 344, 1-8.
- BHASKAR SN. (1990) Orban's oral histology & embryology-Chapter 3: Enamel. Eleventh Edition ed. Mosby, St Louis Baltimore Boston Chicago London Philadelphia Sydney Toronto. s.
- BLANKENAU RJ, POWELL G, ELLIS RW, WESTERMAN GH. (1999) In vivo caries-like lesion prevention with argon laser: pilot study. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 17, 241.
- BUZALAF MAR, HANNAS AR, MAGALHÃES AC, RIOS D, HONÓRIO HM, DELBEM ACB. (2010) pH-cycling models for in vitro evaluation of the efficacy of fluoridated dentifrices for caries control: strengths and limitations. *Journal of Applied Oral Science*, 18, 316-334.
- CARVALHO DM, SALAZAR M, OLIVEIRA BHD, COUTINHO ESF. (2010) Fluoride varnishes and decrease in caries incidence in preschool children: a systematic review. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 13, 139-149.
- CASTELLAN CS, LUIZ AC, BEZINELLI LM, LOPES RM, MENDES FM, EDUARDO CDP, FREITAS PMD. (2007) In vitro evaluation of enamel demineralization after Er: YAG and Nd: YAG laser irradiation on primary teeth. *Photomedicine and laser surgery*, 25, 85-90.
- CECCHINI RCM, ZECELL DM, DE OLIVEIRA E, DE FREITAS PM, EDUARDO CDP. (2005) Effect of Er:YAG laser on enamel acid resistance: Morphological and atomic spectrometry analysis. *Lasers in Surgery and Medicine*, 37, 366-372.
- CEHRELI SB, GUNGOR HC, KARABULUT E. (2006) Er, Cr: YSGG laser pretreatment of primary teeth for bonded fissure sealant application: a quantitative microleakage study. *Journal of Adhesive Dentistry*, 8, 381.

- CELIK EU, ERGÜCÜ Z, TÜRKÜN LS, TÜRKÜN M. (2008) Effect of different laser devices on the composition and microhardness of dentin. *Operative dentistry*, 33, 496-501.
- CHAND BR, KULKARNI S, MISHRA P. (2016) Inhibition of enamel demineralisation using “Nd-YAG and diode laser assisted fluoride therapy”. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 17, 59-64.
- CHEN C-C, HUANG S-T. (2009) The effects of lasers and fluoride on the acid resistance of decalcified human enamel. *Photomedicine and laser surgery*, 27, 447-452.
- CHIMELLO DT, SERRA MC, RODRIGUES AL, PÉCORÁ JD, CORONA SA. (2008) Influence of cavity preparation with Er: YAG Laser on enamel adjacent to restorations submitted to cariogenic challenge in situ: a polarized light microscopic analysis. *Lasers in surgery and medicine*, 40, 634-643.
- CLARKSON BH, WEFEL JS, FEAGIN FF. (1986) Fluoride distribution in enamel after in vitro caries-like lesion formation. *J Dent Res*, 65, 963-966.
- CLASEN AS, RUYTER I. (1997) Quantitative determination of type A and type B carbonate in human deciduous and permanent enamel by means of Fourier transform infrared spectrometry. *Advances in Dental Research*, 11, 523-527.
- COLE AS, EASTOE JE. (1988) *Biochemistry and oral biology*. ed. Butterworth-Heinemann. s: 425-434.
- COLUCCI V, DE SOUZA GABRIEL AE, SCATOLIN RS, SERRA MC, CORONA SAM. (2015) Effect of Er: YAG laser on enamel demineralization around restorations. *Lasers in medical science*, 30, 1175-1181.
- COLUZZI DJ. (2000) An overview of laser wavelengths used in dentistry. *Dental Clinics of North America*, 44, 753-765.

- COLUZZI DJ. (2004) Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dental Clinics of North America*, 48, 751-770.
- CORREA-AFONSO AM, CICONNE-NOGUEIRA JC, PÉCORA JD, PALMA-DIBB RG. (2010) Influence of the irradiation distance and the use of cooling to increase enamel-acid resistance with Er: YAG laser. *Journal of dentistry*, 38, 534-540.
- DAWES C. (2003) What is the critical pH and why does a tooth dissolve in acid? *Journal-Canadian Dental Association*, 69, 722-725.
- DE ANDRADE LEH, PELINO JEP, LIZARELLI RDFZ, BAGNATO VS, DE OLIVEIRA JR OB. (2006) Caries resistance of lased human enamel with Er: YAG laser—morphological and ratio Ca/P analysis. *Laser Physics Letters*, 4, 157.
- DE AQUINO TF, RIELLA HG, BERNARDIN AM. (2011) Mineralogical and physical—chemical characterization of a bauxite ore from Lages, Santa Catarina, Brazil, for refractory production. *Mineral Processing & Extractive Metallurgy Review*, 32, 137-149.
- DE MENEZES OLIVEIRA MAH, TORRES CP, GOMES-SILVA JM, CHINELATTI MA, DE MENEZES FCH, PALMA-DIBB RG, BORSATTO MC. (2010) Microstructure and mineral composition of dental enamel of permanent and deciduous teeth. *Microscopy research and technique*, 73, 572-577.
- DELBEM ACB, CURY JA. (2002) Effect of application time of APF and NaFgels on micro-hardness and fluoride uptake of in vitro enamel caries. *J Dent*, 15, 169-172.
- DELBEM ACB, CURY JA, NAKASSIMA CK, GOUVEIA VG, THEODORO LH. (2003) Effect of Er: YAG laser on CaF<sub>2</sub> formation and its anti-cariogenic action on human enamel: an in vitro study. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 21, 197-201.

ERONAT C, ERONAT N, ALPÖZ AR. (1993) Fluoride uptake by enamel in vitro following application of various topical fluoride preparations. *The Journal of clinical pediatric dentistry*, 17, 227-230.

EUROPEAN ACADEMY OF PAEDIATRIC DENTISTRY. (2009) Guidelines on the use of fluoride in children: an EAPD policy document. *Eur Arch Paediatr Dent*, 10, 129-135.

FEATHERSTONE JDB. (1996) Modeling the caries-inhibitory effects of dental materials. *Dental Materials*, 12, 194-197.

FEATHERSTONE JDB. (2000) The science and practice of caries prevention. *The Journal of the American dental association*, 131, 887-899.

FEATHERSTONE JDB. (2004) The continuum of dental caries—evidence for a dynamic disease process. *Journal of dental research*, 83, 39-42.

FEATHERSTONE JDB, RODGERS BE. (1981) Effect of acetic, lactic and other organic acids on the formation of artificial carious lesions. *Caries research*, 15, 377-385.

FEATHERSTONE JDB, FRIED D. (2001) Fundamental Interactions of Lasers with Dental Hard Tissues. *Medical laser application*, 16, 181-194.

FEATHERSTONE JDB, O'REILLY MM, SHARIATI M, BRUGLER S. (1986) Enhancement of remineralisation in vitro and in vivo. In: Factors relating to demineralisation and remineralisation of the teeth  
ed. Oxford IRL Press. s: 23-34.

FEATHERSTONE JDB, BARRETT-VESPONE NA, FRIED D, KANTOROWITZ Z, LOFTHOUSE J, SEKA WD. (1995) Rational choice of laser conditions for inhibition of caries progression, in: (Ed.)^(Eds.), Lasers in dentistry, International Society for Optics and Photonics. pp. 57-68.

- FEJERSKOV O, THYLSTRUP A. (1994) Textbook of clinical cariology- Chapter 6: Clinical and pathological features of dental caries. Second Edition ed. Munksgaard. s: 111-157.
- FEJERSKOV O, KIDD E. (2008) Dental caries: the disease and its clinical management- Chapter 12: Chemical interactions between the tooth and oral fluids. ed. John Wiley & Sons. s: 210-231.
- FEKRAZAD R, EBRAHIMPOUR L. (2014) Evaluation of acquired acid resistance of enamel surrounding orthodontic brackets irradiated by laser and fluoride application. *Lasers in medical science*, 29, 1793-1798.
- FLAITZ CM, HICKS MJ, WESTERMAN GH, BERG JH, BLANKENAU RJ, POWELL GL. (1994) Argon laser irradiation and acidulated phosphate fluoride treatment in caries-like lesion formation in enamel: an in vitro study. *Pediatric dentistry*, 17, 31-35.
- FOSDICK LS, STARKE JR AC. (1939) Solubility of Tooth Enamel in Saliva at Various pH Levels. *Journal of Dental Research*, 18, 417-430.
- FOWLER BO, KURODA S. (1986) Changes in heated and in laser-irradiated human tooth enamel and their probable effects on solubility. *Calcified Tissue International*, 38, 197-208.
- FREITAS PM, RAPOZO-HILO M, EDUARDO CDP, FEATHERSTONE JD. (2010) In vitro evaluation of erbium, chromium: yttrium–scandium–gallium–garnet laser-treated enamel demineralization. *Lasers in medical science*, 25, 165-170.
- FREITAS PMD, SOARES-GERALDO D, BIELLA-SILVA AC, SILVA AV, SILVEIRA BLD, EDUARDO CDP. (2008) Intrapulpal temperature variation during Er, Cr: YSGG enamel irradiation on caries prevention. *Journal of Applied Oral Science*, 16, 95-99.

- FRIED D, FEATHERSTONE JDB, VISURI SR, SEKA WD, WALSH JR JT. (1996) Caries inhibition potential of Er: YAG and Er: YSGG laser radiation, in: (Ed.)^(Eds.), Photonics West'96, International Society for Optics and Photonics. pp. 73-78.
- FUHRMANN R, GUTKNECHT N, MAGUNSKI A, LAMPERT F, DIEDRICH P. (2001) Conditioning of Enamel with Nd: YAG and CO2 Dental Laser Systems and with Phosphoric Acid An In-Vitro Comparison of the Tensile Bond Strength and the Morphology of the Enamel Surface. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 62, 375-386.
- GERALDO-MARTINS VR, LEPRI CP, PALMA-DIBB RG. (2013) Influence of Er, Cr: YSGG laser irradiation on enamel caries prevention. *Lasers in medical science*, 28, 33-39.
- GIMBEL CB. (2000) Hard tissue laser procedures. *Dental clinics of North America*, 44, 931-953, viii.
- GOMEZ J, TELLEZ M, PRETTY IA, ELLWOOD RP, ISMAIL AI. (2013) Non-cavitated carious lesions detection methods: a systematic review. *Community dentistry and oral epidemiology*, 41, 55-66.
- GONÇALVES M, CORONA SAM, PÉCORA JD, DIBB RGP. (2003) Influence of the frequency of Er: YAG laser on the bond strength of dental enamel. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 21, 105-108.
- HABELITZ S, MARSHALL SJ, MARSHALL GW, BALOOCH M. (2001) Mechanical properties of human dental enamel on the nanometre scale. *Archives of Oral Biology*, 46, 173-183.
- HAJJARI E, DIVANDARI M, RAZAVI SH, HOMMA T, KAMADO S. (2012) Microstructure characteristics and mechanical properties of Al 413/Mg joint in compound casting process. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 43, 4667-4677.



- HARASHIMA T, KINOSHITA J-I, KIMURA Y, BRUGNERA JR A, ZANIN F, PECORA JD, MATSUMOTO K. (2005) Morphological comparative study on ablation of dental hard tissues at cavity preparation by Er: YAG and Er, Cr: YSGG lasers. *Photomedicine and Laser Therapy*, 23, 52-55.
- HEGDE M, SHETTY S, PARDAL D. (2007) Remineralization of enamel sub-surface lesion using casein phosphopeptide amorphous calcium phosphate (CPP-ACP) - a quantitative energy dispersive X-ray analysis (EDAX). *Journal of Conservative Dentistry*, 10, 19-25.
- HICKS J, FLAITZ C. (2007) Role of remineralizing fluid in in vitro enamel caries formation and progression. *Quintessence International*, 38.
- 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). *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 28, 203-214.
- HICKS J, GARCIA-GODOY F, FLAITZ C. (2005) Biological factors in dental caries enamel structure and the caries process in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 2). *Journal of clinical pediatric dentistry*, 28, 119-124.
- HOBSON RS, RUGG-GUNN AJ, BOOTH TA. (2002) Acid-etch patterns on the buccal surface of human permanent teeth. *Archives of oral biology*, 47, 407-412.
- HOLCOMB DW, YOUNG RA. (1980) Thermal decomposition of human tooth enamel. *Calcified Tissue International*, 31, 189.
- HONDA MI, FLORIO FM, BASTING RT. (2008) Effectiveness of indirect composite resin silanization evaluated by microtensile bond strength test. *American journal of dentistry*, 21, 153.

- HOSOYA Y. (1994) Resin adhesion to the ground young permanent enamel: influence of etching times and thermal cycling test. *The Journal of clinical pediatric dentistry*, 18, 115-122.
- HOSSAIN M, NAKAMURA Y, YAMADA Y, KIMURA Y, MATSUMOTO N, MATSUMOTO K. (1999) Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation in human enamel and dentin: ablation and morphological studies. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 17, 155.
- HOSSAIN M, NAKAMURA Y, KIMURA Y, YAMADA Y, ITO M, MATSUMOTO K. (2000) Caries-preventive effect of Er: YAG laser irradiation with or without water mist. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 18, 61.
- HOSSAIN M, NAKAMURA Y, KIMURA Y, YAMADA Y, KAWANAKA T, MATSUMOTO K. (2001a) Effect of pulsed Nd: YAG laser irradiation on acid demineralization of enamel and dentin. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 19, 105-108.
- HOSSAIN M, KIMURA Y, NAKAMURA Y, YAMADA Y, KINOSHITA J-I, MATSUMOTO K. (2001b) A study on acquired acid resistance of enamel and dentin irradiated by Er, Cr: YSGG laser. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 19, 159-163.
- HSU C-YS, JORDAN TH, DEDERICH DN, WEFEL JS. (2000) Effects of low-energy CO2 laser irradiation and the organic matrix on inhibition of enamel demineralization. *Journal of Dental Research*, 79, 1725-1730.
- HSU J, FOX JL, WANG Z, POWELL GL, OTSUKA M, HIGUCHI WI. (1998) Combined effects of laser irradiation/solution fluoride ion on enamel demineralization. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 16, 93-105.

HUANG S, GAO S, CHENG L, YU H. (2010) Combined effects of nano-hydroxyapatite and *Galla chinensis* on remineralisation of initial enamel lesion in vitro. *Journal of dentistry*, 38, 811-819.

IMANISHI H, NISHINO M. (1983) Post eruptive maturation of immature young permanent enamel. *Journal of the International Association of Dentistry for Children*, 14, 49-54.

JACOBSEN P. (2008) Restorative dentistry: an integrated approach- Chapter 6: The pathology of caries and pulpal disorders. Second Edition ed. Blackwell Publishing. s: 46-56.

JACOBSEN T, NORLUND A, ENGLUND GS, TRANÆUS S. (2011) Application of laser technology for removal of caries: a systematic review of controlled clinical trials. *Acta Odontologica Scandinavica*, 69, 65-74.

JANSEN VAN RENSBURG BG. (1995) Oral biology- Chapter 7: Enamel. ed. Quintessence, Chicago, Berlin, London, Tokyo, Sao Paulo, Moscow, Prague, Sofia, Warsaw. s: 289-300.

JOHANSSON MS-A, NANCOLLAS GH. (1992) The role of brushite and octacalcium phosphate in apatite formation. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 3, 61-82.

KARAKOÇ Z, KETANI MA, KETANI S. (2016) Mikroskopların Çalışma Mekanizması ve Çeşitleri. *Dicle Üniv Vet Fak Derg*, 1, 1-6.

KATO IT, KOHARA EK, SARKIS JE, WETTER NU. (2006) Effects of 960-nm diode laser irradiation on calcium solubility of dental enamel: an in vitro study. *Photomedicine and Laser Therapy*, 24, 689-693.

KAWASAKI K, TANAKA Y, TAKAGI O. (2000) Crystallographic analysis of demineralized human enamel treated by laser-irradiation or remineralization. *Archives of oral biology*, 45, 797-804.

- KIDD EAM, FEJERSKOV O. (2004) What constitutes dental caries? Histopathology of carious enamel and dentin related to the action of cariogenic biofilms. *Journal of dental research*, 83, 35-38.
- KILİÇ GB, KARAHAN AG. (2010) Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ve Laktik Asit Bakterilerinin Tanısında Kullanılması. *Gıda Dergisi*, 35.
- KIM J-H, KWON O-W, KIM H-I, KWON YH. (2006) Acid resistance of erbium-doped yttrium aluminum garnet laser-treated and phosphoric acid-etched enamels. *The Angle Orthodontist*, 76, 1052-1056.
- KORNBLIT R, BOSSÙ M, MARI D, ROCCA JP, POLIMENI A. (2009) Enamel and dentine of deciduous teeth Er: YAG laser prepared. A SEM study. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 10, 75.
- KRAUSE F, BRAUN A, LOTZ G, KNEIST S, JEPSEN S, EBERHARD J. (2008) Evaluation of selective caries removal in deciduous teeth by a fluorescence feedback-controlled Er: YAG laser in vivo. *Clinical oral investigations*, 12, 209-215.
- KUMAR P, GOSWAMI M, DHILLON JK, REHMAN F, THAKKAR D, BHARTI K. (2016) Comparative evaluation of microhardness and morphology of permanent tooth enamel surface after laser irradiation and fluoride treatment-An in vitro study. *Laser therapy*, 25, 201-208.
- KUTSCH VK. (1993) Lasers in dentistry: comparing wavelengths. *The Journal of the American Dental Association*, 124, 49-54.
- KWON YH, LEE J-S, CHOI Y-H, LEE J-M, SONG K-B. (2005) Change of enamel after Er: YAG and CO<sub>2</sub> laser irradiation and fluoride treatment. *Photomedicine and Laser Therapy*, 23, 389-394.
- LAZZARI EP. (1976) Dental biochemistry. ed. Lea & Febiger. s: 1-347.

- LEE B-S, HUNG Y-L, LAN W-H. (2003) Compositional and morphological changes of human dentin after Er: YAG laser irradiation, in: (Ed.)^(Eds.), International Congress Series, Elsevier. pp. 143-152.
- LEE YE, BAEK HJ, CHOI YH, JEONG SH, PARK YD, SONG KB. (2010) Comparison of remineralization effect of three topical fluoride regimens on enamel initial carious lesions. *Journal of dentistry*, 38, 166-171.
- LIMEBACK H. (2012) Comprehensive preventive dentistry- Chapter 1: Caries, periodontal disease and oral cancer. ed. John Wiley & Sons. s.
- LIU J-F, LIU Y, STEPHEN HC-Y. (2006) Optimal Er: YAG laser energy for preventing enamel demineralization. *Journal of dentistry*, 34, 62-66.
- LIU Y, HSU C-YS. (2007) Laser-induced compositional changes on enamel: a FT-Raman study. *Journal of dentistry*, 35, 226-230.
- LIU Y, HSU C, TEO CMJ, TEOH SH. (2012) Subablative Er: YAG laser effect on enamel demineralization. *Caries research*, 47, 63-68.
- LIU Y, HSU C-YS, TEO CMJ, TEOH SH. (2013) Potential mechanism for the laser-fluoride effect on enamel demineralization. *Journal of dental research*, 92, 71-75.
- LUSSI A. (1993) Comparison of different methods for the diagnosis of fissure caries without cavitation. *Caries research*, 27, 409-416.
- LUSSI A, MEGERT B, LONGBOTTOM C, REICH E, FRANCESCUT P. (2001) Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *European Journal of Oral Sciences*, 109, 14-19.
- MARINHO VC, HIGGINS JP, LOGAN S, SHEIHAM A. (2002) Fluoride varnishes for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*, 3.

- MARTENS LC. (2003) Laser-assisted Pediatric Dentistry: Review and Outlook. *Journal of Oral Laser Applications*, 3.
- MARTÍNEZ-INSUA A, DA SILVA DOMINGUEZ L, RIVERA FG, SANTANA-PENÍN UA. (2000) Differences in bonding to acid-etched or Er: YAG-laser-treated enamel and dentin surfaces. *The Journal of prosthetic dentistry*, 84, 280-288.
- MATSUMOTO K, WANG X, ZHANG C, KINOSHITA J-I. (2007) Effect of a novel Er: YAG laser in caries removal and cavity preparation: a clinical observation. *Photomedicine and Laser Therapy*, 25, 8-13.
- MAUNG N, WOHLAND T, HSU C-Y. (2007) Enamel diffusion modulated by Er: YAG laser:(Part 2). Organic matrix. *Journal of dentistry*, 35, 794-799.
- MCCANN HG. (1968) Determination of fluoride in mineralized tissues using the fluoride ion electrode. *Arch Oral Biol*, 13, 475-477.
- MCCORMACK SM, FRIED D, FEATHERSTONE JDB, GLENA RE, SEKA W. (1995) Scanning electron microscope observations of CO2 laser effects on dental enamel. *Journal of Dental Research*, 74, 1702-1708.
- MEHTA AB, VEENA KUMARI RJ, IZADIKHAH V. (2014) Remineralization potential of bioactive glass and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on initial carious lesion: An in-vitro pH-cycling study. *Journal of conservative dentistry*, 17, 3.
- MEI ML, ITO L, CHU CH, LO ECM, ZHANG CF. (2014) Prevention of dentine caries using silver diamine fluoride application followed by Er: YAG laser irradiation: an in vitro study. *Lasers in medical science*, 29, 1785-1791.
- MELIN L, LUNDGREN J, MALMBERG P, NORÉN JG, TAUBE F, CORNELL DH. (2015) XRMA and ToF-SIMS analysis of normal and hypomineralized enamel. *Microscopy and microanalysis*, 21, 407-421.

- MOLAASADOLLAH F, ASNAASHARI M, ABBAS FM, JAFARY M. (2017) In Vitro Comparison Of Fluoride Gel Alone and in Combination With Er, Cr: YSGG Laser on Reducing White Spot Lesions in Primary Teeth. *Journal of lasers in medical sciences*, 8, 160.
- MORADIAN-OLDAK J. (2012) Protein-mediated enamel mineralization. *Frontiers in bioscience: a journal and virtual library*, 17, 1996.
- MORIOKA T, TAGOMORI S, OHO T. (1991) Acid resistance of lased human enamel with Erbium: YAG laser. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 9, 215-217.
- MORTIMER KV. (1970) The relationship of deciduous enamel structure to dental disease. *Caries research*, 4, 206-223.
- MOSHONOV J, STABHOLZ A, ZYSKIND D, SHARLIN E, PERETZ B. (2005) Acid-etched and Erbium: Yttrium Aluminium Garnet laser-treated enamel for fissure sealants: a comparison of microleakage. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 15, 205-209.
- MOSLEMI M, FEKRAZAD R, TADAYON N, GHORBANI M, TORABZADEH H, SHADKAR MM. (2009) Effects of Er, Cr: YSGG laser irradiation and fluoride treatment on acid resistance of the enamel. *Pediatric dentistry*, 31, 409-413.
- MOSSKULL HJERTTON P, BÅGESUND M. (2013) Er: YAG laser or high-speed bur for cavity preparation in adolescents. *Acta Odontologica Scandinavica*, 71, 610-615.
- MYERS TD, MYERS WD. (1985) The use of a laser for debridement of incipient caries. *The Journal of prosthetic dentistry*, 53, 776-779.
- NAJEEB S, KHURSHID Z, ZAFAR MS, AJLAL S. (2015) Applications of Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Lasers) for Restorative Dentistry. *Medical Principles and Practice*.

- NANCI A. (2003) Ten cate's oral histology-Chapter 7: Enamel: Composition, Formation, and Structure. Sixth ed. Mosby Inc. s: 145-192.
- NETO WR, LEPRI CP, ROMANO JF, FERNANDES FS, DE CASTRO RAUCCI LMS, BACHMANN L, DIBB RGP. (2015) Chemical and Morphological Changes of Primary Teeth Irradiated with Nd: YAG Laser: An Ex Vivo Long-Term Analysis. *Photomedicine and laser surgery*, 33, 266-273.
- NIEMZ MH. (2013) Laser-tissue interactions: fundamentals and applications. ed. Springer Science & Business Media. s.
- O MULLANE DM, BAEZ RJ, JONES S, LENNON MA, PETERSEN PE, RUGG-GUNN AJ, WHELTON H, WHITFORD GM. (2016) Fluoride and oral health. *Community dental health*, 33, 69-99.
- ØGAARD B. (1999) The cariostatic mechanism of fluoride. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*, 20, 10-17; quiz 34.
- OLIVI G, ANGIERO F, BENEDICENTI S, IARIA G, SIGNORE A, KAITZAS V. (2010) Use of the erbium, chromium: yttrium–scandium–gallium–garnet laser on human enamel tissues. Influence of the air–water spray on the laser–tissue interaction: scanning electron microscope evaluations. *Lasers in medical science*, 25, 793-797.
- ÖZSAÇMACI G. (2016) Tekli, Çoklu ve Bimetalik Katalizörler ile Borhidrür Bileşiklerinin Parçalanması Kimya Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- PARK NS, KIM KS, KIM ME, KIM YS, AHN SW. (2007) Changes in intrapulpal temperature after Er: YAG laser irradiation. *Photomedicine and laser surgery*, 25, 229-232.
- PARKINS F. (2000) Lasers in pediatric and adolescent dentistry. *Dental Clinics of North America*, 44, 821-830.



- PASHLEY DH, TAY FR. (2001) Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives: Part II: etching effects on unground enamel. *Dental Materials*, 17, 430-444.
- PETZOLD M. (2001) The influence of different fluoride compounds and treatment conditions on dental enamel: a descriptive in vitro study of the CaF<sub>2</sub> precipitation and microstructure. *Caries research*, 35, 45-51.
- PHAN ND, FRIED D, FEATHERSTONE JD. (1999) Laser-induced transformation of carbonated apatite to fluorapatite on bovine enamel, in: (Ed.)^(Eds.), BIOS'99 International Biomedical Optics Symposium, International Society for Optics and Photonics. pp. 233-240.
- PIESCO NP, SIMMELINK J. (2002) Histology of enamel. *Oral Development and Histology*; Avery, JK, Ed.; Georg Thieme Verlag: New York, NY, USA, 153-171.
- POOSTI M, AHRARI F, MOOSAVI H, NAJJARAN H. (2014) The effect of fractional CO<sub>2</sub> laser irradiation on remineralization of enamel white spot lesions. *Lasers in medical science*, 29, 1349-1355.
- POSKUS LT, PLACIDO E, CARDOSO PEC. (2004) Influence of placement techniques on Vickers and Knoop hardness of class II composite resin restorations. *Dental Materials*, 20, 726-732.
- POULSEN S. (2009) Fluoride-containing gels, mouth rinses and varnishes: an update of evidence of efficacy. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 10, 157-161.
- RABELO JS, ANA PA, BENETTI C, VALÉRIO MEG, ZEZELL DM. (2010) Changes in dental enamel oven heated or irradiated with Er, Cr: YSGG laser. Analysis by FTIR. *Laser Physics*, 20, 871-875.

- RAMALHO KM, HSU C-YS, DE FREITAS PM, ARANHA ACC, ESTEVES-OLIVEIRA M, ROCHA RG, DE PAULA EDUARDO C. (2015) Erbium Lasers for the Prevention of Enamel and Dentin Demineralization: A Literature Review. *Photomedicine and laser surgery*, 33, 301-319.
- REDDY BANDA N, REDDY G V, SHASHIKIRAN N. (2011) Evaluation of primary tooth enamel surface morphology and microhardness after Nd: YAG laser irradiation and APF gel treatment—an in vitro study. *Journal of clinical pediatric dentistry*, 35, 377-382.
- ROBINSON C, KIRKHAM J, SHORE RC. (1995a) Dental enamel formation to destruction. ed. CRC press. s: 167-191.
- ROBINSON C, KIRKHAM J, BROOKES SJ, BONASS WA, SHORE RC. (1995b) The chemistry of enamel development. *International Journal of Developmental Biology*, 39, 145-152.
- RODRIGUES LKA, FREITAS PM, SANTOS MN. (2015) Lasers in caries prevention In: Lasers in dentistry: guide for clinical practice, P. M. Freitas ve ark. Ed.(Eds.), John Wiley Sons. p.
- RODRÍGUEZ-VILCHIS LE, CONTRERAS-BULNES R, OLEA-MEJÍA OF, SÁNCHEZ-FLORES I, CENTENO-PEDRAZA C. (2011) Morphological and structural changes on human dental enamel after Er: YAG laser irradiation: AFM, SEM, and EDS evaluation. *Photomedicine and laser surgery*, 29, 493-500.
- ROZZI FR. (1998) Introduction: Enamel structure and development and its application in hominid evolution and taxonomy. *Journal of human evolution*, 35, 327-330.
- RYTHÉN M, SABEL N, DIETZ W, ROBERTSON A, NORÉN JG. (2010) Chemical aspects on dental hard tissues in primary teeth from preterm infants. *European journal of oral sciences*, 118, 389-395.

- SA Y, LIANG S, MA X, LU S, WANG Z, JIANG T, WANG Y. (2014) Compositional, structural and mechanical comparisons of normal enamel and hypomaturation enamel. *Acta biomaterialia*, 10, 5169-5177.
- SABEL N, DIETZ W, LUNDGREN T, NIETZSCHE S, ODELIUS H, RYTHÉN M, RIZELL S, ROBERTSON A, NORÉN JG, KLINGBERG G. (2009) Elemental composition of normal primary tooth enamel analyzed with XRMA and SIMS. *Swedish dental journal*, 33, 75-83.
- SANDFORD MA, WALSH LJ. (1994) Differential thermal effects of pulsed vs. continuous CO2 laser radiation on human molar teeth. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 12, 139-142.
- SANTAELLA MRLA, 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. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 14, 199-203.
- SANTOS JR DM, NOGUEIRA RD, LEPRI CP, GONÇALVES LS, PALMA-DIBB RG, GERALDO-MARTINS VR. (2014) In Vitro Assessment of the Acid Resistance of Demineralized Enamel Irradiated With Er, Cr: YSGG and Nd: YAG Lasers. *Pediatric dentistry*, 36, 137E-142E.
- SASAKI LH, LOBO PD, MORIYAMA Y, WATANABE I-S, VILLAVERDE AB, TANAKA CS-I, MORIYAMA EH, BRUGNERA JR A. (2008) Tensile bond strength and SEM analysis of enamel etched with Er: YAG laser and phosphoric acid: a comparative study in vitro. *Brazilian dental journal*, 19, 57-61.
- SCHEMEHORN BR, ORBAN JC, WOOD GD, FISCHER GM, WINSTON AE. (1999) Remineralization by fluoride enhanced with calcium and phosphate ingredients. *Journal of Clinical Dentistry*, 10, 13-16.

- SEINO PY, FREITAS PM, MARQUES MM, DE SOUZA ALMEIDA FC, BOTTA SB, MOREIRA MSNA. (2015) Influence of CO<sub>2</sub> (10.6 μm) and Nd: YAG laser irradiation on the prevention of enamel caries around orthodontic brackets. *Lasers in medical science*, 30, 611-616.
- SEKA WD, FEATHERSTONE JDB, FRIED D, VISURI SR, WALSH JT. (1996) Laser ablation of dental hard tissue: from explosive ablation to plasma-mediated ablation, in: (Ed.)<sup>^</sup>(Eds.), *Photonics West'96*, International Society for Optics and Photonics. pp. 144-158.
- SELWITZ RH, ISMAIL AI, PITTS NB. (2007) Dental caries. *The Lancet*, 369, 51-59.
- SHI X-Q, WELANDER U, ANGMAR-MÅNSSON B. (2000) Occlusal caries detection with KaVo DIAGNOdent and radiography: an in vitro comparison. *Caries research*, 34, 151-158.
- SHIVARAJASHANKARA Y, SHIVASHANKARA A, BHAT PG, RAO SM, RAO SH. (2002) Histological changes in the brain of young fluoride-intoxicated rats. *Fluoride*, 35, 12-21.
- SILVERSTONE LM. (1973) Structure of carious enamel, including the early lesion. *Oral sciences reviews*, 3, 100.
- SILVERSTONE LM, HICKS MJ, FEATHERSTONE MJ. (1988) Dynamic factors affecting lesion initiation and progression in human dental enamel. Part I. The dynamic nature of enamel caries. *Quintessence international*, 19, 683-711.
- SIMMER JP, FINCHAM AG. (1995) Molecular mechanisms of dental enamel formation. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 6, 84-108.
- SIMMER JP, HU JC. (2001) Dental enamel formation and its impact on clinical dentistry. *Journal of dental education*, 65, 896-905.

- SKOOG DA, HOLLER FJ, NIEMAN TA. (1998) Principles of instrumental analysis. 5th ed. Thomson Brooks/Cole, Australia, Brazil, Canada, Mexico, Singapore, Spain, United Kingdom, United States. s: 318-324.
- SKUCHA-NOWAK M, GIBAS M, TANASIEWICZ M, TWARDAWA H, SZKLARSKI T. (2015) Natural and Controlled Demineralization for Study Purposes in Minimally Invasive Dentistry. *Advances in clinical and experimental medicine: official organ Wroclaw Medical University*, 24, 891-898.
- SMITH CE. (1998) Cellular and chemical events during enamel maturation. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 9, 128-161.
- SOGNNAES RF, STERN RH. (1965) Laser effect on resistance of human dental enamel to demineralization in vitro. *Journal-Southern California Dental Association*, 33, 328.
- SRIVASTAVA VK. (2011) Modern pediatric dentistry. ed. JP Medical Ltd. s: 145-146.
- STEINER-OLIVEIRA C, RODRIGUES LK, LIMA EB, NOBRE-DOS-SANTOS M. (2008) Effect of the CO<sub>2</sub> laser combined with fluoridated products on the inhibition of enamel demineralization. *J Contemp Dent Pract*, 9, 113-121.
- STERN RH. (1965) Laser effect on dental hard tissues. *Journal-Southern California Dental Association*, 23, 17.
- SVIZERO NR, CARVALHO RS, DOMINGUES LA, PEGORADO CN, FRANCISCHONE CH, ROCHA MCA. (2010) Shear bond strength of resin composite to enamel treated with Er: Y AG laser and phosphoric acid. *Brazilian Dental Science*, 10.
- TAGLIAFERRO EPS, RODRIGUES LKA, DOS SANTOS MN, SOARES LES, MARTIN AA. (2007) Combined effects of carbon dioxide laser and fluoride on demineralized primary enamel: an in vitro study. *Caries research*, 41, 74-76.

- TANAKA M, ONO H, KADOMA Y, IMAI Y. (1987) Incorporation into human enamel of fluoride slowly released from a sealant in vivo. *J Dent Res*, 66, 1591-1593.
- TAVARES JG, EDUARDO CDP, BURNETT JR LH, BOFF TR, DE FREITAS PM. (2012) Argon and Nd: YAG lasers for caries prevention in enamel. *Photomedicine and laser surgery*, 30, 433-437.
- TEN BOSCH JJ, FENNIS-LE Y, VERDONSCHOT EH. (2000) Time-dependent decrease and seasonal variation of the porosity of recently erupted sound dental enamel in vivo. *Journal of dental research*, 79, 1556-1559.
- TEN CATE J, DUIJSTERS P. (1982) Alternating demineralization and remineralization of artificial enamel lesions. *Caries Research*, 16, 201-210.
- THEODORE M, HARALD O, EDWARD J. (2006) Sturdevant's art & science of operative dentistry- Chapter2: Clinical significance of dental anatomy, histology, physiology and occlusion ed. s: 17-63.
- THUY TT, NAKAGAKI H, KATO K, HUNG PA, INUKAI J, TSUBOI S, NAKAGAKI H, HIROSE MN, IGARASHI S, ROBINSON C. (2008) Effect of strontium in combination with fluoride on enamel remineralisation in vitro. *Archives of Oral Biology*, 53, 1017-1022.
- TRUIN GJ, HOF MAVT. (2005) Professionally applied fluoride gel in low-caries 10.5-year-olds. *Journal of dental research*, 84, 418-421.
- UYSAL D, GÜLER Ç. (2012) Diş hekimliğinde lazer: bir literatür derlemesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 22.
- VALÉRIO RA, BORSATTO MC, SERRA MC, POLIZELI SAF, NEMEZIO MA, GALO R, AIRES CP, DOS SANTOS AC, CORONA SAM. (2016) Caries removal in deciduous teeth using an Er: YAG laser: a randomized split-mouth clinical trial. *Clinical oral investigations*, 20, 65-73.

VAN AS G. (2004) Erbium lasers in dentistry. *Dental Clinics*, 48, 1017-1059.

VERDONSCHOT EH, BRONKHORST EM, BURGERSDIJK RCW, KÖNIG KG, SCHAEKEN MJM, TRUIN GJ. (1992) Performance of some diagnostic systems in examinations for small occlusal carious lesions. *Caries research*, 26, 59-64.

VISURI SR, WALSH JT, WIGDOR HA. (1996) Erbium laser ablation of dental hard tissue: effect of water cooling. *Lasers in surgery and medicine*, 18, 294-300.

VON FRAUNHOFER JA, ALLEN DJ, ORBELL GM. (1993) Laser etching of enamel for direct bonding. *The Angle Orthodontist*, 63, 73-76.

WALSH LJ. (2003) The current status of laser applications in dentistry. *Australian dental journal*, 48, 146-155.

WALSH LJ, ABOOD D, BROCKHURST PJ. (1994) Bonding of resin composite to carbon dioxide laser-modified human enamel. *Dental Materials*, 10, 162-166.

WARSHAWSKY H, JOSEPHSEN K, THYLSTRUP A, FEJERSKOV O. (1981) The development of enamel structure in rat incisors as compared to the teeth of monkey and man. *The Anatomical Record*, 200, 371-399.

WESTERMAN GH, HICKS MJ, FLAITZ CM, ELLIS RW, POWELL GL. (2004) Argon laser irradiation and fluoride treatment effects on caries-like enamel lesion formation in primary teeth: an in vitro study. *American journal of dentistry*, 17, 241-244.

WEYANT RJ, TRACY SL, ANSELMO TT, BELTRÁN-AGUILAR ED, DONLY KJ, FRESE WA, HUJOEL PP, IAFOLLA T, KOHN W, KUMAR J. (2013) Topical fluoride for caries prevention. *The Journal of the American Dental Association*, 144, 1279-1291.

- WHEELER CR, FRIED D, FEATHERSTONE JDB, WATANABE LG, LE CQ. (2003) Irradiation of dental enamel with Q-switched  $\lambda = 355$ -nm laser pulses: Surface morphology, fluoride adsorption, and adhesion to composite resin. *Lasers in Surgery and Medicine*, 32, 310-317.
- WHITTERS CJ, STRANG R. (2000) Preliminary investigation of a novel carbon dioxide laser for applications in dentistry. *Lasers in surgery and medicine*, 26, 262-269.
- WIEGAND A, KRIEGER C, ATTIN R, HELLWIG E, ATTIN T. (2005) Fluoride uptake and resistance to further demineralisation of demineralised enamel after application of differently concentrated acidulated sodium fluoride gels. *Clinical oral investigations*, 9, 52-57.
- YAÑEZ MJ, BARBOSA SE. (2003) Changes in particle area measurements due to SEM accelerating voltage and magnification. *Microscopy research and technique*, 61, 463-468.
- YING D, CHUAH G, HSU C-YS. (2004) Effect of Er: YAG laser and organic matrix on porosity changes in human enamel. *Journal of dentistry*, 32, 41-46.
- YOUNG A, TENUTA L. (2011) Initial erosion models. *Caries research*, 45, 33-42.
- YOUSSEF MN, YOUSSEF FA, SOUZA-ZARONI WC, TURBINO ML, VIEIRA MMF. (2006) Effect of enamel preparation method on in vitro marginal microleakage of a flowable composite used as pit and fissure sealant. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 16, 342-347.
- YU D-G, KIMURA Y, KINOSHITA J-I, MATSUMOTO K. (2000) Morphological and atomic analytical studies on enamel and dentin irradiated by an erbium, chromium: YSGG laser. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 18, 139-143.




- ZAMATARO CB, ANA PA, BENETTI C, ZEZELE DM. (2013) Influence of Er, Cr: YSGG Laser on CaF<sub>2</sub>-like products formation because of professional acidulated fluoride or to domestic dentifrice application. *Microscopy research and technique*, 76, 704-713.
- ZAMUDIO-ORTEGA CM, CONTRERAS-BULNES R, SCOUGALL-VILCHIS RJ, MORALES-LUCKIE RA, OLEA-MEJIA OF, RODRÍGUEZ-VILCHIS LE, GARCÍA-FABILA MM. (2014) Morphological and chemical changes of deciduous enamel produced by Er: YAG laser, fluoride, and combined treatment. *Photomedicine and laser surgery*, 32, 252-259.
- ZEZELE DM, ANA PA. (2015) High power lasers and their interaction with biological tissues In: *Lasers in dentistry: guide for clinical practice*, P. M. Freitas ve ark. Ed.(Eds.), John Wiley & Sons. p: 11-18.
- ZEZELE DM, ANA PA, BENETTI C, GOULART VP, BACHMANN L, TABCHOURY CPM, CURY JA. (2010) Compositional and crystallographic changes on enamel when irradiated by Nd: YAG or Er, Cr: YSGG lasers and its resistance to demineralization when associated with fluoride, in: (Ed.)^(Eds.), *Proc. of SPIE*. pp. 75490G-75491.
- ZHANG Q, ZOU J, YANG R, ZHOU X. (2011) Remineralization effects of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate crème on artificial early enamel lesions of primary teeth. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 21, 374-381.
- ZHOU C, ZHANG D, BAI Y, LI S. (2014) Casein phosphopeptide–amorphous calcium phosphate remineralization of primary teeth early enamel lesions. *Journal of dentistry*, 42, 21-29.

## 7 EKLER

### 7.1 EK-1 Etik Kurul Onayı

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU					
ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		Er.Cr:YSGG Lazer Uygulamasının Süt ve Daimi Dişlerde Mine Demineralisasyonunun Engellenmesi Üzerine Etkisinin İn Vitro Koşullarda İncelenmesi			
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU					
ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU			
	AÇIK ADRESİ:	Yenişehir Mahallesi Tahsin Duru Caddesi No:14 YAŞIHAN/KIRIKKALE			
	TELEFON	0 318 333 50 10/5733			
	FAKS	0 318 224 07 86			
	E-POSTA	ketik@kku.edu.tr			
BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Doç. Dr. Aylin AKBAY OBA			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Çocuk Diş Hekimliği			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi			
	VARSA İDARİ SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI	-			
	DESTEKLEYİCİ	K.Ü. Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi			
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)	-			
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ	K.Ü. Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi			
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 2	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 3	<input type="checkbox"/>		
FAZ 4		<input type="checkbox"/>			
Gözlemsel ilaç çalışması		<input type="checkbox"/>			
Tıbbi cihaz klinik araştırması		<input type="checkbox"/>			
İn vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları		<input type="checkbox"/>			
İlaç dışı klinik araştırma	<input checked="" type="checkbox"/>				
Diğer ise belirtiniz					
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>	

Etik Kurul Başkanının  
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ  
İmza:



Not: Etik Kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Er.Cr:YSGG Lazer Uygulamasının Süt ve Daimi Dişlerde Mine Demineralizasyonunun Engellenmesi Üzerine Etkisinin İn Vitro Koşullarda İncelenmesi
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili		
		ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	Eylül 2015	01	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	Eylül 2015	01	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	OLGU RAPOR FORMU	Eylül 2015	01	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama				
	SİGORTA	<input type="checkbox"/>				
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	<input checked="" type="checkbox"/>				
	BİYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>				
	İLAN	<input type="checkbox"/>				
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>				
	SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>				
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	<input type="checkbox"/>				
	DİĞER:	<input type="checkbox"/>				
KARAR BİLGİLERİ	<b>Karar No:23/22</b>	<b>Tarih: 29.11.2016</b>				
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gereke, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplanmış katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir. İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.					

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ	Göğüs Hastalıkları	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Figen ÇOŞKUN	Acil Tıp	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr. Hakan BOYUNAGA	Tıbbi Biyokimya	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr. Ebru ERDEMİR	Periodontoloji	Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr. M. Faik ÖZVEREN	Beyin ve Sinir Cerrahisi	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr. Meral SAYGUN	Halk Sağlığı	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Gülten KARACA	Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr. Aslı Fahriye CEYLAN IŞIK	Tıbbi Farmakoloji	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

Etik Kurul Başkanının  
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ  
İmza:

*Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.*

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		<b>Er.Cr:YSGG Lazer Uygulamasının Süt ve Daimi Dişlerde Mine Demineralizasyonunun Engellenmesi Üzerine Etkisinin İn Vitro Koşullarda İncelenmesi</b>						
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU								
Doç. Dr. Gökçe ŞİMŞEK	KBB	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Yrd.Doç. Dr. Faruk Metin ÇOMU	Fizyoloji	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Yrd. Doç. Dr. Faruk PEHLIVANLI	Genel Cerrahi	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Uzm. Dr. Erdal ÜNLÜ	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	Kırıkkale Yüksek İhtisas Hastanesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Ecz. Burhan BIRICI	Serbest Eczacı	Kırıkkale- Merkez	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Av. Halil MUTLU	Hukuk	Kırıkkale-Merkez	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Yakup DOĞAN	Fakülte Sekreteri	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>

\*:Toplantıda Bulunma

Etik Kurul Başkanının  
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ  
İmza:



Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

## 7.2 EK-2 Hasta Onam Formu

### BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Sayın Hasta,

Size uygulanacak diş tedavileri arasında bir veya daha fazla dişin çekimi bulunmaktadır. Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Kliniğinde yürütülmekte olan “Er,Cr:YSGG Lazer Uygulamasının Süt ve Daimi Dişlerde Mine Demineralizasyonunun Engellenmesi Üzerine Etkisinin İn Vitro Koşullarda İncelenmesi” konulu uzmanlık tezinde kullanılmak üzere çekilmiş insan dişine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tezin amacı, bir dental lazer tipi olan Er,Cr:YSGG lazerin süt ve daimi dişlerin çürükten korunması amacıyla uygulanabilirliğinin araştırılmasıdır. Çekilecek olan diş veya dişlerinizin yukarıda belirtilen faaliyet amacıyla kullanılması için sizden izin istenmektedir.

1. Dişim/dişlerim yalnızca diş hekimliği alanındaki bilimsel çalışmalarda ve eğitim faaliyetlerinde kullanılacaktır.
2. Onam verme konusunun gönüllülük esasına dayandığı ve onam vermem durumunda devam etmekte olan tedavilerimin etkilenmeyeceği, istediğim zaman, herhangi bir cezaya veya yaptırıma maruz kalmaksızın, hiçbir hakkımı kaybetmeksizin araştırmaya katılmayı reddedebileceğim veya araştırmadan çekilebileceğim konusunda bilgilendirildim.
3. Dişimin/dişlerimin kullanılacağı bilimsel araştırmalar yetkili bir etik kurul tarafından onaylanmış olacaktır. İlgili sağlık otoritelerinin, gönüllünün orijinal tıbbi kayıtlarına doğrudan erişimleri bulunabilmektedir, ancak bu bilgiler gizli tutulmaktadır. Bu formun imzalanmasıyla söz konusu erişime izin vermiş olduğumu kabul etmekteyim.
4. Dişim/dişlerim diğer hastaların dişleri ile birlikte saklanacak ve kimliğimle ilgili hiçbir bilgi saklanmayacaktır.
5. Dişim/dişlerim genetik ve diğer moleküler biyoloji araştırmalarında kullanılmayacaktır.

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formundaki tüm açıklamaları okudum. Bana, yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen hekim tarafından yapıldı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak ayrılabileceğimi biliyorum. Araştırma sırasındaki herhangi bir problemde, Dt. Nur Burcu ULUSOY'u 0318 2244927/3520'den arayabileceğimi biliyorum.

Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum.

**Ben ..... bu formu okudum ve dişimin/dişlerimin nasıl kullanılacağını anladım.**

**Gönüllünün,**

Adı - soyadı:

Telefon:

Tarih ve İmza:

**Araştırmacının,**

Adı - Soyadı:

Telefon:

Tarih ve İmza:

**Olur alma işlemine başından sonuna tamamlık eden kuruluş görevlisi / görüşme tanığının,**

Adı - Soyadı:

Görevi:

Telefon:

Tarih ve İmza:

**Katılımcı ile Görüşen Hekim**

**Dt. Nur Burcu ULUSOY**

**KKÜ Diş Hekimliği Fakültesi**

**Pedodonti Anabilim Dalı**

## 8 ÖZGEÇMİŞ

### **BİREYSEL BİLGİLER:**

**Doğum Tarihi:** 19.09.1991

**Doğum Yeri:** Ankara

**Uyruğu:** T.C.

**Medeni Hali:** Evli

### **EĞİTİM BİLGİLERİ:**

Ocak 2015 – Haziran 2018

**Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale  
Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti  
Anabilim Dalı Uzmanlık Eğitimi**

Eylül 2009 - Haziran 2014

**Hacettepe Üniversitesi, Ankara  
Diş Hekimliği Fakültesi Lisans Eğitimi  
(Şeref Öğrencisi - 3.11/ 4)**

Eylül 2013 - Şubat 2014

**Poznan University of Medical  
Sciences, Poznan, Polonya  
Internship Program**

Temmuz 2013 - Ağustos 2013

**University of the Pacific  
Arthur Dugoni Dental School, San  
Francisco, California  
Externship Program**

2005 - 2009

**Ankara Atatürk Anadolu Lisesi**

1998 - 2005

**TED Ankara Koleji**

## **ÜYE OLDUĞU KURULUŞLAR:**

Türk Pedodonti Derneği

Türk Eğitim Gönüllüleri Vakfı

## **BİLİMSEL İLGİ ALANLARI:**

### **Ulusal ve Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Takdim Edilen ve Bildiri Kitabında Basılan Sözlü Sunumları:**

ULUSOY NB., ALMAZ ME., OBA AA., ERDEM Ü. (2018) Intrapulpal Thermal Effects of Er,Cr:YSGG Laser Irradiation on Primary Teeth For Caries Prevention. International Preventive Dentistry Congress, March 5-8, 2018, Erzurum.

DUTLU NB., OBA AA. (2017) A Current Approach To White Spot Lesion Treatment: Resin Infiltration Technique. 23. International Dental Congress of TDA, September 21-24, 2017, İstanbul.

### **Ulusal ve Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Takdim Edilen ve Bildiri Kitabında Basılan Poster Sunumları:**

ŞAHİN ND., ULUSOY NB., ARIKAN V. Reimplantation of Avulsed Mature Permanent Teeth: A Case Report. International Preventive Dentistry Congress, March 5-8, 2018, Erzurum.

DUTLU NB., KILIÇASLAN Y., GÜNGÖR H., ARIKAN V. (2017) The Multidisciplinary Treatment of Cervical Crown-Root Fractures: 2 Case Reports. Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences, 23(Suppl 1), 401.

DUTLU NB., KARACA H., ARIKAN V. (2017) The Importance of Treatment Timing in Impacted Primary Teeth: 2 Case Reports. Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences, 23(Suppl 1), 199.

SERT T., DUTLU NB., ARIKAN V. (2017) Treatment of Complicated Crown Fractures in Immature Permanent Teeth with Partial Pulpotomy: 2 Case Reports. Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences, 23(Suppl), 515.



DUTLU NB., ARIKAN V., OBA AA. (2017) Ağız Gargaralarının Pedodontide Sık Kullanılan Restorasyon Materyallerindeki Renk Değişimine Etkisi. 24. Türk Pedodonti Derneği Bilimsel Kongresi, 19-22 Ekim 2017, Antalya.

DUTLU NB., TULUMBACI F., ARIKAN V., SERT T. (2015) Turner Hipoplazili Maksiller Santral Dişin Endodontik ve Restoratif Tedavisi: Bir Olgu Sunumu. 22. Türk Pedodonti Derneği Ulusal Kongresi, 2-5 Kasım 2015, KKTC.

DUTLU NB., MUTLUAY MS., ARIKAN V. (2015) Odontomas in Pediatric Dentistry: Report of Three Cases. 21. International Dental Congress of TDA. May 28-30, 2015, İstanbul.

#### **Katıldığı Bilimsel Sempozyum, Kongre ve Kurslar:**

- 1) Uluslararası Koruyucu Diş Hekimliği Kongresi, 5-8 Mart 2018, Erzurum/Türkiye.
- 2) 23. Türk Diş Hekimleri Birliği Uluslararası Kongresi, 21-24 Eylül 2017, İstanbul/Türkiye.
- 3) Temel Epidemiyoloji ve Biyoistatistik Kursu, 9-11 Mayıs 2016, Kırıkkale/Türkiye.
- 4) Türk Pedodonti Derneği 22. Bilimsel Kongresi 2-5 Kasım 2015 Girne/KKTC.
- 5) Endodontik ve Protetik Tedavilerde Güncel Yaklaşımlar ve Biyomimetik Yaklaşımlar, 30 Eylül 2015, Kırıkkale/Türkiye.
- 6) CAD-CAM Sistemi ile Klinikte Bir Gün, Türk Diş Hekimleri Birliği, 28-30 Mayıs 2015, İstanbul/Türkiye.
- 7) 21. Türk Diş Hekimleri Birliği Uluslararası Kongresi, 28-30 Mayıs 2015, İstanbul/Türkiye.
- 8) Tıbbi Bilimlerde Araştırma Projesi Hazırlama ve Yürütme Eğitimi, TÜBİTAK, 23-25 Mayıs 2015, Nevşehir/Türkiye.
- 9) Travmatik Dental Yaralanmalarda Klinik Yaklaşımlar, Ankara Diş Hekimleri Odası, 2 Mayıs 2015, Ankara/Türkiye.
- 10) Vestiyer Akademi Temel İmplantoloji Eğitimi (Prof.Dr. Bahadır Giray- Prof.Dr. Kemal Ünsal), 14-16 Kasım 2014, İstanbul/Türkiye.
- 11) Türk Diş Hekimleri Birliği 7. Ulusal Öğrenci Kongresi, 2012, Ankara/Türkiye.