



**T. C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**SABİT ORTODONTİK TEDAVİDE KULLANILAN BRAKET VE
TELLERİN FARKLI pH DEĞERLERİNE SAHİP YAPAY
TÜKÜRÜK SIVISINDA İYON SALINIMLARININ İN-VİTRO
OLARAK ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt. Emine Melis KOÇAK

**ORTODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Koray HALICIOĞLU**

**EKİM 2017
BOLU**



**T. C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**SABİT ORTODONTİK TEDAVİDE KULLANILAN BRAKET VE
TELLERİN FARKLI pH DEĞERLERİNE SAHİP YAPAY
TÜKÜRÜK SIVISINDA İYON SALINIMLARININ İN-VİTRO
OLARAK ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt. Emine Melis KOÇAK

**ORTODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Koray HALICIOĞLU**

**Bu çalışma Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından desteklenmiştir.
(Proje numarası: 2017.06.03.1182)**

**EKİM 2017
BOLU**

T. C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
Tez Onay Belgesi

Tezin Başlığı

: Sabit Ortodontik Tedavide Kullanılan Bracket ve Teller
Farklı pH Değerlerine Sahip Yapay Tıkanık
Sırasında İyon Salınımının İn-Vitro Olarak
Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi

Tezin Savunma Tarihi

: 24.10.2017

Tezin Danışmanı

: Doç. Dr. Karay Halicioğlu

Jüri Başkanı

: Prof. Dr. Abdulvahit Erdem

Üye

: Doç. Dr. Karay Halicioğlu

Üye

: Yrd. Doç. Dr. Yasemin Nur KORKMAZ

DEKANLIK ONAYI

Bu tez "Uzmanlık Tezi" standartlarına uygun bulunmuştur.

Prof. Dr. Hasan ORUÇOĞLU

DEKAN


ÖZET

SABİT ORTODONTİK TEDAVİDE KULLANILAN BRAKET VE TELLERİN FARKLI pH DEĞERLERİNE SAHİP YAPAY TÜKÜRÜK SIVISINDA İYON SALINIMLARININ İN-VİTRO OLARAK ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada, sabit ortodontik tedavi sırasında ağızda kullanılan farklı üreticilere ait braket ve tellerin farklı pH değerlerine sahip yapay tükürük sıvısında iyon salınımlarının in-vitro olarak ölçülerek değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada farklı üreticilerden temin edilmiş 5 farklı braket sistemleri (her bir markadan 18 adet .022" slot MBT reçeteli metal kapaksız braket sistemi) ve aynı üreticilere ait ortodontik tedavinin seyri sırasında sırasıyla kullanılan .012", .014", .016", .018" veya (.020"), .014"x.025" veya (.016"x.022"), .017"x.025", .019"x.025" boyutlarındaki nikel titanyum (Ni-Ti) ark telleri farklı pH değerlerinde iyon salınım miktarları değerlendirilmek üzere 100 ml yapay tükürük içeren 250 ml cam laboratuvar şişelerine toplamda 180 adet numune olacak şekilde yerleştirilmiştir. 1 ve 42 günlük (6 hafta) immersiyon sürelerinden sonra, örnekler nikel (Ni), titanyum (Ti), krom (Cr), demir (Fe), kadmiyum (Cd), bakır (Cu), çinko (Zn), kobalt (Co), mangan m(Mn), alüminyum (Al), vanadyum (V), arsenik (As), selenyum (Se), stronsiyum (Sr), molibden (Mo), antimon (Sb), cıva (Hg), rubidyum (Rb), talyum (Tl) ve kurşun (Pb) elementlerinin iyon salınım miktarını ölçmek amacıyla ICP-MS (İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma - Kütle Spektrometri, Thermo Scientific, X Series 2, ABD) cihazı kullanılarak metal bileşenler için analiz edilmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre; pH'ın azalmasıyla iyon salınım miktarlarında grupların çoğunluğunda istatistiksel olarak anlamlı artış görülen elementler braket grubu için Co ve Sr, tel grubu için ise Co, Ni ve Sr'dur. Braket grupları için pH değerinin 6,7'den 4'e değişmesiyle elementlerin genelinde iyon salınım düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür. Braket ve tellerden maksimum iyon salınım 1. günde gerçekleşmiştir.

Elde edilen veriler, farklı üreticilere ait paslanmaz çelik braket ve Ni-Ti ark tellerinin farklı pH'larda farklı iyon salınım özelliği gösterdiğini, genel olarak pH'ın azalmasıyla iyon salınım düzeyinin arttığını, aygıtların yapıları ve imalat tarzlarına bağlı olarak elementlerdeki korozyon davranışının değişkenlik gösterebileceği bulgusunu desteklemektedir. Bu bilgiler doğrultusunda üreticiler arası iyon salınım farklarının ortodontik tedavinin toksik eser elementlere maruz kalma hususunda önemli bir etmen olup olmadığının değerlendirmesi bakımından klinisyene rehber olabilecek bilgiler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: pH, Yapay tükürük, İyon salınımı, İn-vitro, ICP-MS.



ABSTRACT

IN VITRO EVALUATION OF ION RELEASES FROM BRACKETS AND WIRES, USED DURING ORTHODONTIC TREATMENT, IN ARTIFICIAL SALIVA WITH DIFFERENT pH VALUES

This study aims in vitro measurement and evaluation of ion releases from brackets and wires, used in oral cavity during orthodontic treatment, in artificial saliva with different pH values.

In this study to evaluate the ion releases at different pH values, 5 different bracket systems from various manufacturers (.022" slot MBT bracket system without a metal cap 18 unit from each brand) and .012", .014", .016", .018" or (.020"), .014"x.025" or (.016"x.022"), .017"x.025", .019"x.025" Ni-Ti arch wires (18 from each wire size which is used during orthodontic treatment, a total of 630) from same manufacturers is used. Brackets and wires from different manufacturers is placed in 250-ml glass laboratory flasks containing 100 ml artificial saliva, with a total of 180 samples. After immersion times of 1 and 42 days (6 weeks), the samples were analyzed for amount of ion release using the ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry – Thermo Scientific, X Series 2, USA) instrument to measure the amount of ion release of nickel (Ni), titanium (Ti), chromium (Cr), iron (Fe), cadmium (Cd), copper (Cu), zinc (Zn), cobalt (Co), manganese (Mn), aluminum (Al), vanadium (V), arsenic (As), selenium (Se), strontium (Sr), molybdenum (Mo), antimony (Sb), mercury (Hg), rubidium (Rb), thallium (Tl), and plumbic (Pb).

According to the study results; the elements with a statistically significant increase in the majority of the groups in the amount of ion release by decreasing pH are Co and Sr for the bracket group and Co, Ni and Sr for the wire group. For the bracket groups, the pH value changed from 6,7 to 4, indicating a statistically significant increase in the level of ion release throughout the elements. Maximum ion release from brackets and wires occurred on day 1.

The data obtained support the finding that different brands exhibit different ion release properties at different pHs, that the ion release level increases with decreasing pH in general, and that the corrosion behavior of the elements may vary depending on the construction and manufacturing styles of the devices. In line with this information, information has been obtained that can guide the clinician to assess whether the orthodontic treatment of inter-brand ion release differences is an important factor in exposure to toxic trace elements.

Keywords: pH, Artificial saliva, Ion release, In vitro, ICP-MS.



TEŞEKKÜR

Uzmanlık dönemim boyunca ve tezimin her aşamasında desteğini ve bilgi birikimini esirgemeyen, her an tecrübelerinden yararlandığım, aynı zamanda akıl hocam olup bana yol gösteren saygıdeğer hocam Sayın Doç. Dr. Koray HALICIOĞLU'na;

Uzmanlık eğitimi dönemimde çok kısa süre birlikte çalışma olanağı bulabildiğim, bu dönem boyunca bilgi birikimini ve desteğini esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Yasemin Nur KORKMAZ'a;

Özellikle eğitimin en zorlu dönemlerini birlikte atlattığım sevgili arkadaşlarım Sayın Arş. Gör. Dt. Gülcan KOÇAL'a ve Arş. Gör. Dt. Tülay ÖZKAN'a;

Sonsuz fedakarlıklar yaparak bugünlere gelebilmemizi sağlamış olan ülkemizin kurucusu Sayın Mustafa Kemal ATATÜRK'e ve onun ilkeleri doğrultusunda ilim ışığıyla aydınlanabilmemiz için bu fakülteyi kurmuş olan Sayın İzzet BAYSAL ve ailesine,

Güler yüzü ve bana her daim olan inancı ile desteğini ve sevgisini hep hissettiğim sevgili annem Kezban ÖZKARSLI'ya,

Bugünlere gelebilmem için her türlü fedakarlığı yapmış olan, desteğini ve sevgisini her daim hissettiğim sevgili babam Ali ÖZKARSLI'ya,

Beni her zaman ve her koşulda güldürmeyi başarabilen canım kardeşim Berkay ÖZKARSLI'ya,

Doğru olanla kolay olan arasında seçim yaparken her zaman doğruyu seçmem konusunda beni cesaretlendiren, hayat felsefesine ve mütevaziliğine hayran olduğum babam Ahat KOÇAK ve Abdullah KOÇAK'a,

Hayatın hep eğlenceli tarafında yaşayan, sevgisini ve desteğini hep hissettiğim annem Fatma KOÇAK'a,

Hayatımdaki en büyük şansım, destekçim, sevgili eşim Emrah KOÇAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI.....	ii
ÖZET.....	iii
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLOLAR	ix
GRAFİKLER.....	xiii
RESİMLER	xiv
SİMGELER ve KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Ortodontik Braket Sistemleri	4
2.1.1. Paslanmaz çelik braketlerin özellikleri.....	4
2.2. Nikel Titanyum Tellerin Özellikleri	7
2.3. Elementlerin Genel Özellikleri	10
2.4. Tükürüğün Önemi ve Özellikleri	18
2.5. Korozyon	21
2.5.1. Korozyon çeşitleri.....	23
2.5.2. Ortodontik açıdan korozyonu etkileyen faktörler.....	25
2.5.3. Ağız boşluğunda korozyon	28
2.6. Ortodontide İyon Salınım Miktarı Ölçüm Yöntemleri.....	29
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	35
4. BULGULAR	40
5. TARTIŞMA	94
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	112
7. KAYNAKLAR.....	115
8. EKLER.....	123
9. ÖZGEÇMİŞ.....	126

TABLÖLAR

Tablo	Sayfa
2.1. Farklı üreticilere ait ortodontik braketlerin içeriğinde yer alan metallerin yüzdelik oranı.	6
2.2. Farklı üreticilere ait ortodontik Ni-Ti ark tellerinin içeriğinde yer alan metallerin yüzdelik oranı.	9
2.3. Farklı üreticilere ait ortodontik braketlerin yapım teknikleri.....	27
2.4. Ortodontide iyon salınımı ile ilgili gerçekleştirilen in-vitro çalışmalara ait veriler.....	32
2.5. Ortodontide iyon salınımı ile ilgili yapılan in-vitro çalışmalara ait örnek ve kontrol grubu sayısı, kullanılan materyallerin miktarı, cinsi ve markası.....	33
2.6. Ortodontide iyon salınımı ile ilgili gerçekleştirilen in-vitro çalışmalara ait elementlerin iyon konsantrasyon verileri.....	34
3.1. Yapay tükürük kompozisyonu.	35
3.2. Çalışmamızda yer alan ticari markalara ve farklı pH değerlerine ait oluşturulan gruplar.....	37
4.1. Çalışmamızda incelenen elementlerin American Orthodontics Master Series markasına ait braketleri için iyon salınım verileri.	41
4.2. Çalışmamızda incelenen elementlerin American Orthodontics markasına ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri	43
4.3. Çalışmamızda incelenen elementlerin 3M Unitek Gemini markasına ait braketleri için iyon salınım verileri.	45
4.4. Çalışmamızda incelenen elementlerin 3M markasına ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri	47
4.5. Çalışmamızda incelenen elementlerin Dentaaurum Discovery Smart Series markasına ait braketleri için iyon salınım verileri.	49

4.6. Çalışmamızda incelenen elementlerin Dentaaurum markasına ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri	51
4.7. Çalışmamızda incelenen elementlerin Rocky Mountain Orthodontics Fli Twin markasına ait braketleri için iyon salınım verileri	53
4.8. Çalışmamızda incelenen elementlerin Rocky Mountain Orthodontics Orthonol üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri	55
4.9. Çalışmamızda incelenen elementlerin Ultradent Avex markasına ait braketleri için iyon salınım verileri	57
4.10. Çalışmamızda incelenen elementlerin Ultradent Via üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri	59
4.11. Çalışmamızda incelenen elementlerin farklı pH'lar arasında braket markalarına bağlı değişiminin istatistiksel analiz sonuçları	65
4.12. Çalışmamızda incelenen elementlerin farklı pH'lar arasında üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri markalarına bağlı değişiminin istatistiksel analiz sonuçları.....	66
4.13. Çalışmamızda incelenen markalara ait braketlerin T0 ve T1 zamanları için farklı pH'larda total iyon salınım konsantrasyonları.	72
4.14. Çalışmamızda incelenen markalara ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark tellerinin T0 ve T1 zamanları için farklı pH'larda total iyon salınım konsantrasyonları.....	72
4.15. Çalışmamızda incelenen markalara ait braketler ve Ni-Ti tellerin farklı pH ait oluşturulan grupları.....	74
4.16. Çalışmamızda incelenen markalara ait braketler ve Ni-Ti tellerin farklı pH değerlerine ait grupları arasında T0-T1 zaman aralıklarında değişiminin istatistiksel analizi.....	75
4.17. Farklı pH'larda T0-T1 zaman aralığında iyon salınımı en çok artan elementlerin sıralaması	76
4.18. Çalışmamızda incelenen elementlerin en yüksek iyon konsantrasyonuna ulaştıkları pH değerleri ve markaları	78

4.19. Çalışmamızda incelenen elementlerin farklı üreticilere ait braketlerden salınan iyon konsantrasyon düzeylerinin sıralaması.....	79
4.20. Çalışmamızda incelenen elementlerin farklı üreticilere ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark tellerinden salınan iyon konsantrasyon düzeylerinin sıralaması	79
4.21. pH'ın azalmasıyla incelenen elementlerin iyon salınım miktarlarının yüzdelik artışının en yüksek değeri ve bu değerde salınım yaptığı braket markaları	82
4.22. pH'ın azalmasıyla incelenen elementlerin iyon salınım miktarlarının yüzdelik artışının en yüksek değeri ve bu değerde salınım yaptığı tel markaları	82
4.23. Çalışmamızda incelenen elementlerin farklı pH değerlerinde maksimum ve minimum iyon salınımı gösterdiği braket markaları.....	85
4.24. Çalışmamızda incelenen elementlerin farklı pH değerlerinde maksimum ve minimum iyon salınımı gösterdiği üst çene ovoid form Ni-Ti ark teli markaları	87
4.25. Çalışmamızda incelenen elementlerin farklı pH değerlerinde markalar arasında iyon salınımının istatistiksel olarak değerlendirilmesi.	90
4.26. pH 6,7 değerinde braket markaları arasında iyon salınımı istatistiksel olarak anlamlı bulunan elementlerin istatistiksel analizi	91
4.27. pH 5,5 değerinde braket markaları arasında iyon salınımı istatistiksel olarak anlamlı bulunan elementlerin istatistiksel analizi.....	92
4.28. PH 4 değerinde braket markaları arasında iyon salınımı istatistiksel olarak anlamlı bulunan elementlerin istatistiksel analizi.....	92
4.29. pH 6,7 değerinde tel markaları arasında iyon salınımı istatistiksel olarak anlamlı bulunan elementlerin istatistiksel analizi.....	92
4.30. pH 5,5 değerinde tel markaları arasında iyon salınımı istatistiksel olarak anlamlı bulunan elementlerin istatistiksel analizi.....	93

4.31. pH 4 değerinde tel markaları arasında iyon salınımı istatistiksel olarak anlamlı bulunan elementlerin istatistiksel analizi.....	93
--	----



GRAFİKLER

Grafik

Sayfa

2.1. Stephan ve Miller'in oluşturduğu "Ağız pH Değişim Eğrisi" grafiği.....	20
---	----



RESİMLER

Resim	Sayfa
2.1. Çekme ya da frezleme tekniğiyle üretilen braketin SEM görüntüleri.....	26
2.2. Döküm tekniğiyle üretilen braketin SEM görüntüleri.	26
2.3. Sinterleme tekniğiyle üretilen braketin SEM görüntüleri.	27
3.1. Numunelerin 37 °C’de kapalı ortamda bekletildiği inkübatör	38
3.2. ICP-MS cihazı.....	39



SİMGELER ve KISALTMALAR

Ni	Nikel
Ti	Titanyum
Cr	Krom
pH	Power of Hydrogen (Hidrojenin gücü)
cc	Cubic Centimeter (Santimetre küp)
dk	Dakika
ICP-MS	İndüklenmiş Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometri
AISI	American Iron and Steel Institute
%	Yüzde
TMA	Titanyum Molibden Alaşım
Fe	Demir
ppm	Parts per million (Milyonda bir)
ppb	Parts per billion (Milyarda bir)
µg	Mikrogram
g	Gram
ml	Mililitre
mPa.s	Milipaskalsaniye
C	Celsius (Derece)
Co	Kobalt
SEM	Scanning Electron Microscope (Taramalı elektron mikroskobu)
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
IARC	International Agency for Cancer Research
pg	Pikogram
T0	1. gün
T1	42. gün
NaCl	Sodyum Klorür
KCl	Potasyum Klorür
Al	Alüminyum
V	Vanadyum

Mn	Mangan
Cu	Bakır
Zn	Çinko
As	Arsenik
Se	Selenyum
Sr	Stronsiyum
Mo	Molibden
Cd	Kadmiyum
Sn	Kalay
Sb	Antimon
Hg	Cıva
Rb	Rubidyum
Tl	Talyum
Pb	Kurşun
K	Kelvin
µl	Mikrolitre
ng	Nanogram
µg/l	Mikrogram/Litre
ng/l	Nanogram/Litre
ASS	Atomik Absorbsiyon Spektrometri
FASS	Flawless Atomic Absorption Spectrometry (Elektrotermal Atomik Absorbsiyon Spektrometri)
GF-ASS	Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (Grafit Fırınlı Atomik Absorbsiyon Spektrometri)
ICP-OES	İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometri
ICP-AES	İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Atomik Emisyon Spektrometri
HR-ICP-MS	High Frekans Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (Yüksek Frekans İndüklenmiş Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometri)

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Ortodontik tedavide dişi hareket ettirmek amacıyla kuvvet oluşturan ve kuvvet ileten bant, braket ve tel gibi materyallerin çoğu metal alaşım ürünüdür (1). Kullanılan metal alaşımların tarihine baktığımızda 1930-1940'lara kadar altın kullanılırken, daha sonra altının yerini paslanmaz elik alaşımlar almıştır. 1970'lerde kullanılmaya başlanan nikel titanyum (Ni-Ti) teller günümüzde hala yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (2).

Östenit tip paslanmaz elik braketlerin yapısında %8-12 nikel (Ni) ve %17-22 krom (Cr), bantlarda %6-11 Ni ve %19-20 Cr ve hafızalı tellerde (Ni-Ti) %54-55 Ni ve %45-46 titanyum (Ti) oranları olduğu tespit edilmiştir (2-4).

Tedavide kullanılan Ni-Ti tellerin üzerinde koruyucu oksit tabaka bulunmasına ve östenit tip paslanmaz elik braketlerin yapısının korozyona dayanıklı olmasına rağmen; oral kavitedeki sıcaklık değişimleri, çiğnemenin veya öğütmenin ortaya çıkardığı mekanik stres, pH değişimleri, bakteriyel akümülayon gibi çeşitli faktörler sebebiyle metal iyonları dental alaşımlardan oral kaviteye salınabilmektedir (3, 5-7).

Ortodontik tedavi gören gençlerin beslenme düzeni yoğun miktarda alkolsüz, şekerli ve yüksek asiditeye sahip içecek tüketimini kapsamaktadır (8). Stephan ve Miller (9), bu tüketiminin ağız içerisindeki pH değişimini nasıl etkilediğini bulmak için bir çalışma yapmıştır. Stephan (10), bir diğer çalışmasında ise karbonhidrat tüketimi sonrası ağız içindeki bazı mikroorganizmaların ağız içi pH'ı 4'e düşürecek kadar hızlı bir şekilde asit ürettiğini göstermiştir. Bu bilgiler ışığında "Ağız pH Değişim Eğrisi" grafiği oluşturulmuştur. Miller ve ark. (11) da bu mikroorganizmalar tarafından glikozdan, sakkarozdan, fruktozdan, maltozdan, laktozdan ve nişastadan önemli miktarlarda laktik asit üretildiğini göstermiştir. Stephan ve Miller (9), %10'u glikoz içeren 25 cc'lik çözelti ile ağız çalkalandıktan 2-5 dk sonra pH'ın 5'in altına düştüğünü, 10-15 dk boyunca bu pH değerinde kaldığını ve ağız içi pH'ın normal değerlerine dönmesinin yaklaşık 40-45 dk sürdüğünü belirtmişlerdir. Asiditenin

ortodontik aygıtların bulunduğu ağız ortamında oluşturduğu korozyon, oral kaviteye toksik madde salınımını da tetikleyebilmektedir (12).

Dental alaşımlardan metal iyon salınımının iyon türüne ve yoğunluğuna bağlı olarak olumsuz biyolojik etkileri olabilmektedir (6). Diş yüzeyindeki renk değişiminin de buna bağlı olduğu kabul edilmektedir (13, 14). Bu metalik iyonlar alerjik kontakt dermatite, toksikolojik ve mutajenik etkilere sebep olabilmektedir (3, 15). Yapılan araştırmalar (12, 15, 16) sonucu nikel, krom ve bileşiklerinin kanser riski ile ilişkileri gösterilmektedir.

Literatürde (16-19), nikel elementinin yan etkilerine dair bilgiler bulunmaktadır. Nikel, toksik ve alerjik tepkilere diğer metal elementlerden daha çok sebep olabilmektedir (17). Bazı çalışmalar (19) Ni-Ti tedavisinden sonra, nikel hassasiyeti olmayan bireylerin bu elemente karşı hassasiyet geliştirdiğini göstermektedir. Ayrıca kimyasal formuna, konsantrasyonuna, devam süresine ve maruz kalma yoluna bağlı olarak nikelin sitotoksik, immunojen, mutajenik veya karsinojenik süreçlere neden olduğuna dair in-vitro kanıtlar da bulunmaktadır (20-24).

Farklı üretim süreçlerinden dolayı fabrika çıkışlı paslanmaz çelik braket sistemlerinin ve Ni-Ti ark tellerinin asidik oral çevredeki aşınma direnci farklılık gösterebilmektedir. Çeşitli üreticilerden alınan fabrika çıkışlı paslanmaz çelik braket ve Ni-Ti ark telleri arasında aşınma direncindeki kapsamlı farklılıklara dair bilgiler klinik olarak son derece önemlidir, fakat bir o kadar da kısıtlıdır. Buna ek olarak oral çevrenin asitlik derecesinin paslanmaz çelik braket ve Ni-Ti ark tellerinin aşınma direnci üzerinde önemli bir rolü olabilir ve bu konunun daha fazla incelenmesinin gerekliliği vurgulanmaktadır (25).

Ortodontik tedaviye olan ilginin gün geçtikçe artması ve ortodontik tedavide kullanılan materyallerin çoğunun, toksik etkilere sahip olan elementler içermesi hasta sağlığı açısından tedavi boyunca biyoyumlu materyallerin kullanılmasını önemli kılmaktadır. Literatürde (26), ortodontik materyallerin biyoyumluluk özellikleri geniş bir şekilde tartışılmaktadır. Bir hastanın ortodontik aygıtlardan toksik dozda metallere maruz kalıp kalmadığını araştırmak amacıyla yapılan in-vitro ve in-vivo

Çalışmaların yeterli olmadığı belirtilmektedir (26). Ortodontik materyallerden salınan potansiyel toksik element dozu ile organizmanın tepkisi arasındaki ilişki henüz değeriendirilememiştir (27). Bu önemli konuları ele almak amacıyla ve sabit ortodontik cihazların kullanımının toksik metallere maruz kalma konusunda önemli bir kaynak olup olmadığını araştırmak için in-vitro olarak bu çalışma planlanmıştır.

Bu çalışmada, sabit ortodontik tedavi sırasında ağızda kullanılan braket ve tellerin, farklı pH değeriilerine sahip yapay tükürük sıvısında iyon salınımlarının in-vitro olarak ICP-MS cihazı ile ölçülerek, değeriendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmamız, özünen metal iyon seviyelerinin toksik veya subtoksik konsantrasyonlara ulaşp ulaşmadığının belirlenmesini ve elde edilen veriler doğrultusunda en biyouyumlu materyalin seçilmesini mümkün kılacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ortodontik Braket Sistemleri

Sabit ortodontik apareylerde kuvveti dişe ileten en önemli eleman braketlerdir. Braketler; boyutlarına (mini, ultra mini, vs.), taban yapılarına (düz, eğri), genişliklerine (dar, geniş), şekillerine (dikey oluklu, çift oluklu ya da Begg, Tip Edge gibi uygulandıkları teknik adıyla anılanlar), yapıldıkları materyale (paslanmaz çelik, seramik, plastik), üretim tekniklerine [çekme (milled-machined), döküm (cast), sinterleme (sintered), metal enjeksiyonla kalıplama (metal injection molding)] göre sınıflandırılmaktadırlar. Braket sistemi tercih edilirken; tedavi planlaması, hasta beklentileri ve braket sisteminin avantaj ve dezavantajları gibi faktörler göz önüne alınır. Yaygın olarak kullanılan braket çeşidi konvansiyonel paslanmaz çelik braketlerdir (28).

Ağızda kullanılan bütün materyaller gibi braket materyalleri de bazı temel özelliklere sahip olmalıdır. Bu özelliklerin başında temizlenebilir olması, biyouyumlu olması, korozyona karşı dirençli olması, gerek tel tarafından gerekse okluzal kuvvetler tarafından üzerine yüklenen kuvvetlere karşı dayanıklı olması gelir.

Her bir metal kendine has mekanik ve fiziksel özelliğe sahip olduğundan sabit ortodontik tedavide kullanılan materyaller birçok metalin birleşimi sonucu oluşmaktadır. Bu alaşımlar arasında; paslanmaz çelik, kobalt krom (Co-Cr), Ni-Ti, β -titanyum sayılabilir (29). Sabit ortodontik tedavide kullanılan materyallerin birçoğu paslanmaz çelik alaşımdan oluşmaktadır (30).

2.1.1. Paslanmaz çelik braketlerin özellikleri

Paslanmaz çelik braketler, bir braketten beklenen özelliklerin çoğuna sahiptir. Özellikle çok dayanıklı, hijyenik ve ucuz olması, uzun yıllardır dünyada en sık kullanılan braket materyali olmasının en büyük sebebidir.

Bununla birlikte paslanmaz çelik braketler iki önemli dezavantaja sahiptir. Bunlar; estetik olmaması ve ağızda iyon serbestlemesidir. Paslanmaz çelik materyallerin ağızda Ni ve Cr serbestlediği, yapılan çeşitli in-vitro çalışmalarla (3, 13, 31) gösterilmektedir. Ağızda ortodontik aparey taşıyanlarda bir günde salınan Ni miktarının 40 µg, Cr miktarının ise 36 µg olduğu belirlenmiştir (32). Ni'in, çeşitli alerjik reaksiyonlara, dermatit ve astıma neden olduğu bilinmektedir (13, 33). Bu nedenle bu maddeye karşı hassas olan kişilerde alternatif materyallerin kullanılması gerekmektedir.

Günümüzde kullanılan braketlerin (Tablo 2.1) büyük çoğunluğu, östenit paslanmaz çelikten imal edilmektedir. Östenit tip paslanmaz çelik manyetik özellik taşımaz ve hidroklorik asit ve diğer halojenur asitler dışında kalan bütün çevresel faktörlere karşı yüksek direnç göstermektedir. Cilaları iyi yapılabildiğinden temizlenmeleri kolaydır (34).

Braketlerin üretildiği çelik tipi, "American Iron and Steel Institute" (AISI) tarafından belirlenmiş standartlar içinde, üretici firmaya göre 303, 304, 316 gibi kodlarla belirlenmektedir. Birçok ortodontik braket sisteminde 304 tipinde paslanmaz çelik kullanılmaktadır (13). 304 nolu paslanmaz çelik yapısının içeriğinde yer alan metaller %66-70 demir (Fe), %18-20 Cr, %8-10,5 Ni, %2 manganez (Mn), %1 silikon , %0,08 karbon (C), %0,04 fosfor (P), %0,03 kükürt (S) ve eser miktarda diğer elementlerdir (30).

Tablo 2.1. Farklı üreticilere ait ortodontik braketlerin içeriğinde yer alan metallerin yüzdelik oranı.

Ticari isim	Nikel	Krom	Demir	Silikon	Molibden	Manganez	Bakır	Kobalt	Aluminyum	Diğer
Rocky Mountain Fli Twin (35)	%8-12	%15-20	%65-75	%0-5	%0-4	%0-2	%0-4	%0-5	%0-2	-
Forestadent (36)	%8	%19	%69	-	-	%2	-	-	-	-
Dentaurum Discovery Smart (37)	%10-13	%16,5-18,5	Rest	%≤0,1	%2-2,5	%≤2	-	-	-	N %≤0,11 S,C %≤0,03 P %≤0,045
Ormco (36)	%8	%18	%72	-	-	%2	-	-	-	-
3M Unitek Gemini (38)	%8-12	%18-20	Rest	%<1	%<0,75	%<2	%<0,75	-	-	S,C %<0,03 P %<0,04
Ultradent Avex (39)	%3-14	%13-23	%50-80	%0-1	%0,5-3	%0-2	%1,25-5	-	-	-

2.2. Nikel Titanyum Tellerin Özellikleri

Ni-Ti alaşımı teller 1968 yılında Buehler tarafından bulunmuştur. Ortodontide kullanılması ise Andreasen tarafından gerçekleştirilmiştir (40). Orijinal şekliyle Nitinol adı, nikel titanyum ve ABD'de uzay araştırmaları sırasında keşfedildiği yer olan Donanma Donatım Laboratuvarı (*Naval Ordnance Laboratory*) isminin baş harflerinden oluşmaktadır (30). Günümüzde titanyum alaşımı teller “akıllı teller, hafızalı teller, süper-elastik teller vs.” isimleriyle anılmaktadır.

Ortodonti pratiğinde en sık kullanılan teller; paslanmaz çelik, Co-Cr, Ni-Ti ve titanyum molibden ya da β -titanyum (TMA) alaşımlarından oluşmaktadır. Bu alaşımların birbirlerine benzer bazı özellikleri bulunmakla birlikte klinikte amaca bağlı olarak kullanım alanları da değişiklik göstermektedir.

Ni-Ti tellere ilişkin diğer bir özellik, bu tellerin üzerinde lehim ve punta yapılamamasıdır. Bu nedenlerle Ni-Ti teller piyasada (Tablo 2.2) hazır ark formunda satılırlar ve düz olarak kullanılırlar.

Ni-Ti tellerin yapımı oldukça karmaşık bir işlemdir. Bu iki metalin erime dereceleri arasındaki fark çok büyük olduğundan eritme işlemi vakum altında gerçekleştirilmektedir. Alaşımın homojen bir yapıya ulaşabilmesi için birçok defa eritilmesi gerekmektedir. Daha sonra bu alaşımdan tozlar elde edilir. Sıcak isostatik basınç işlemiyle alaşım, tel haline dönüştürülmektedir. Tozların iyi karışmadığı noktalarda oluşan boşluk ve çatlaklar, ezme ve çekme işlemleri uygulanarak ortadan kaldırılmakta ve tele en son şekli verilmektedir (41).

Günümüzde yüksek teknolojinin kullanıldığı yapım işlemleri bile elde edilen ürünlerin ideal homojenliğe ulaşması için yeterli olmayabilmektedir. Elektron mikroskopuyla yapılan incelemelerde, son derece kaliteli ürünler olan ortodontik teller üzerinde bile ezme ve çekmenin etkileri görülebilmektedir. Bu durum Ni-Ti tellerin korozyona ve kırılmaya karşı direncinin azalmasıyla sonuçlanır (30).

Ni-Ti telleri, paslanmaz çelik ve Co-Cr alaşımı tellerden ayıran üç temel özellik bulunmaktadır. Bunlardan ilki yüksek elastikiyet, ikincisi şekil hafızası, üçüncüsü ise plastik deformasyona karşı göstermiş olduğu dirençtir. Bu tellerin esneklik modülü paslanmaz çelik tellerin %26'sı kadardır. Ni-Ti teller, hiçbir plastik deformasyon göstermeden paslanmaz çelik tellerin iki katı kadar esneyebilir. Bu özellikleri ile Ni-Ti alaşımları seviyelemede kullanılabilecek ideal teller arasına girmektedir. Bunun yanında, plastik deformasyonun zamana bağlı bir özellik olmasından dolayı ağızda kaldığı sürece plastik deformasyona uğraması beklenen bir durumdur (42). Ağız sıvıları veya klorlu solüsyonların Ni-Ti üzerindeki etkisini inceleyen bazı in-vivo ve in-vitro çalışmalarda, bu telin çukurcuk korozyonuna hassas olduğu ve özellikle uzun süreli kullanımı sonucunda korozyona bağlı iyon salınımı dolayısıyla bazı fiziksel özelliklerinde azalma meydana geldiği belirtilmektedir (43-47).

Tablo 2.2. Farklı üreticilere ait ortodontik Ni-Ti ark tellerinin içeriğinde yer alan metallerin yüzdelik oranı.

Ticari isim	Nikel	Titanyum	Demir	Silikon	Molibden	Manganez	Bakır	Aluminyum	Diğer
Dentaurum (37)	%50-60	Rest	%≤0,5	-	-	-	%≤0,1	%≤0,1	C,O %≤0,1 H,N %≤0,01
FlexMedics (36)	%55	%45							
3M Unitek (48)	%56	%44	-	-	-	-	-	-	-
Ormco (36)	%55	%45	-	-	-	-	-	-	-
Ultradent (39)	%3-14	%13-23	%50-80	%0-1	%1,5-5	%1-3	%0-2	%0-2	%0-2
Rocky Mountain (35)	%55	%45	-	-	-	-	-	-	-

2.3. Elementlerin Genel Özellikleri

Dental alaşımı oluşturan metallerin korozyona uğrayarak ağız ortamına salınıp, lokal ya da sistemik etkilere neden olmasına iyon salınımı denir. Alaşım yapısının stabil olmaması, alaşımın içindeki metallerin farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olması nedeniyle iyon salınımı meydana gelmektedir (49). Dental alaşımlarda sıklıkla kullanılan elementlerin özellikleri ve etki yolları aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

1. Nikel (Ni): Nikel, paslanmaz çeliklerde dahil olmak üzere yaygın olarak birçok alaşım içerisinde mevcuttur. Atom numarası 28 olan katı, gümüş beyazı, sert, dövülgen bir geçiş metalidir. Yüksek sıcaklıklarda bile korozyon direnci göstermektedir (50). Vücuda en çok yemekler ve içme suyu ile alınmaktadır. Solunumla alınan nikelin %30'u akciğerlere ulaşmakta, %20'si kan dolaşımına katılmaktadır. Yaklaşık %90'ı böbreklerden idrarla atılmaktadır (51). Nikel; tükürük ve terle de elimine edilebilmektedir (15).

Nikelin toksik dozu 1 ppm'dir. Nikel zehirlenmesinin ilk belirtileri baş ağrısı, baş dönmesi, sersemlik hali, mide bulantısı ve kusmadır. Daha ciddi zehirlenmelerde yaygın pnömoni ve beyin ödemi hastayı ölüme götürebilmektedir. Plasentayı aşabildiği için embriyotoksik ve teratojenik özellik gösterebilmektedir (52). Nikel ve kromat rafinajlarında çalışan işçilerin nazal ve akciğer tümör risklerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Nikelin akciğer ve nazal sinüse verdiği zararlar hayvanlar üzerinde yapılan testlerle doğrulanmıştır (53).

Nikel bileşiklerinin sitotoksitesi hücre içine alınabilmesine ve retansiyonlarına bağlıdır (54). Son dönemde gerçekleştirilen hücre kültür çalışmalarıyla düşük dozda uzun süreli nikel iyon konsantrasyonundan sonra hücresel fonksiyonu incelenmiş ve metabolik aktivitenin değiştiği sonucuna varmıştır. Ortodontik hastalardan alınan oral mukoza hücre örneklerini kontrol grubu ile karşılaştıran başka çalışmalar, sabit ortodontik cihazlardan gerçekleşen nikel salınımının oral mukoza hücrelerinde DNA hasarına neden olabileceği sonucuna ulaşmıştır. Nikel, kadınlardaki alerjik dermatitin birinci nedenidir. Toplumda

kadınlarda %10, erkeklerde %1 oranında nikel alerjisi görüldüğü bildirilmiştir (52). Genetik faktörlerin de immünolojik cevapta rol oynadığı düşünülmektedir (55).

Greig (55), yaptığı bir çalışmada 16 yaşındaki bir kız çocuğunun nikel kaplı headgear kullanması sonucu meydana gelen alerjik reaksiyonu incelemiş ve uçuk şeklinde lezyonlar gözlemlemiştir. Vücut reaksiyonlarının metalin parlatılması ve alerjik olmayan metal kaplamalar ile giderilebileceğini önermiştir.

Temesvari ve Racz (56), yaşları 13, 17 ve 18 olan üç hastanın nikel hassasiyetini incelemişlerdir. Ortodontik tedavi sırasında okluzyon ilişkilerini düzeltmek amacıyla üst çeneye takılıp çıkarılarak kullanılan, metal parçalar içeren apareyin; dudaklarda inflamasyona, yanaklarda ve göz kapaklarında şişkinliklere ve kontak dermatite sebep olduğunu gözlemlemiştir. Semptomların başlaması ortalama 7-8 gün sürmüştür. Metal apareyin uzaklaştırılması sonrasında, semptomların yok olduğu gözlemlenmiştir.

Nikel, 100-600 µg/gün olmak üzere bazı yiyeceklerin tüketilmesiyle vücuda alınabilmektedir. Nikel insanlarda belirli enzim sistemlerinin parçasıdır ve önemli bir eser element olarak kabul edilmektedir (50). Doğada nikel çok az miktarda bulunur. Bu nedenle nikel ölçümleri için hassas ölçümler gereklidir (52).

2. Krom (Cr): Vücutta karbonhidrat, su ve protein metabolizmasında önemli görevlere sahip olan krom, doğada her yerde bulunabilen bir elementtir (57). Alaşımların korozyona ve lekelenmelere karşı direncini artırır. Günümüzde en fazla kullanılan metal yapısı paslanmaz çelik ve krom kaplama metallerdir (34). Yetişkin bireylerde günlük krom ihtiyacı 50-200 µg seviyesindedir (58). İnsanlar için kromun en çok vücuda girme yolu gıda tüketimidir. İnsan vücudunda krom, böbrek ve deride yoğunlukla bulunmaktadır (36).

Kromun toksik dozu 0,5 mg/m³'tür. Kroma sürekli maruz kalan kişilerde akciğer kanseri riski insidansı fazladır, fakat tıp ve diş hekimliğinde kullanıldığı durumlarda karsinogen olmadığı bildirilmektedir (59, 60). 2 mg'dan fazla alındığında; burun akıntısı, kaşıntı, burun kanaması, ülser ve nazal septumda

deliklere yol açabilmektedir. Uzun süreli kroma maruz kalma, özellikle krom ağırlıklı işlerde çalışanlar için, akciğer kanserine yol açmaktadır (36)

3. Demir (Fe): Dünya yüzeyinde en yaygın dördüncü mineral ve yerkabuğunda en çok bulunan metaldir. Büyük ölçüde paslanmaz çelik yapımında kullanılır. Alaşıma sertlik kazandıran, toksik özelliği olmayan bir elementtir (61). Besin maddeleri ve suda bulunur. Günlük ihtiyaç 8-10 mg kadardır. Normal yetişkin bir insanda 3-4 gr demir bulunur. Demir, kalsiyum ve bakır gibi bazı minerallerin emilimi ve kandaki kırmızı kan hücrelerinin ve çeşitli enzimlerin üretimi için gereklidir. Bunun yanında, bağışıklık sistemini de güçlendirir (62).

Demirin fazlası insanlar için zehirleyicidir. Kilogram başına 60 mg demir, öldürücü dozdur. Diğer ağır metallerde olduğu gibi demir de bazı proteinlere bağlanır, biyolojik özelliklerini ve yapılarını bozar. Bu durum uzun süreli organ hasarları veya aşırı dozdan ölümlere kadar gidebilir (63).

4. Titanyum (Ti): Yeryüzünde alüminyum, demir ve magnezyumun ardından en yüksek rezerve sahip dördüncü elementtir. Titanyum reaktif bir metaldir ve saf olarak elde edilmesi zordur. Titanyum ve alaşımlarının biyoyum özellikleri, üstün korozyon direncinden kaynaklanmaktadır. Titanyumun yüksek korozyon direnci, yüzeyde oluşan yaklaşık 10 nm kalınlığındaki solid oksit tabakasına bağlıdır. Bu oksit tabakası, titanyumu asit ataklarına, kimyasal ve termal etkilere karşı korumaktadır (64). Biyolojik ortamdaki korozyon çalışmaları, titanyumun mükemmel korozyon direncini teyit etmiştir (65-67). Bununla birlikte literatürde (68), implant materyali olarak kullanılan titanyuma ait korozyon ürünlerinin lokal lenf nodlarında ve iç organlarda biriktiği ve galvanik yan etkiler oluşturduğu gösterilmiştir. Bazı araştırmacılar (69, 70) tarafından titanyuma karşı alerjik reaksiyon vakası da rapor edilmiştir.

5. Stronsiyum (Sr): Stronsiyum, çoğunlukla havada, toprakta içme suyu ve besin maddelerinde bulunur. Sebze ve süt ürünlerinde yüksek konsantrasyondadır. Başlıca alım yolu su ve yiyeceklerdir. Stronsiyum vücuda girdikten sonra bulunduğu ortamda inert olarak kalabilir, dokuyu bozabilir veya atılabilir (71). Günlük 2 gr dozda kullanımının güvenli olduğu bildirilmiştir. Bir eser element olan stronsiyum

hücre fizyolojisi için gerekenden yüksek dozlarda alındığında kemikte farmakolojik etki gösterir. Kalsiyum ile kimyasal benzerlik gösterdiğinden kemik ve dişte birikme eğilimindedir. Eğer kontrolsüz dozlarda uygulanırsa kemikte malignite ve lösemi gelişimine neden olabilir (72).

6. Alüminyum (Al): Alüminyum yer kabuğunda en fazla bulunan 3. elementtir. Doğada her yerde bulunur ve asidik ortamla tepkimeye girerek besin zinciri ya da içme suyu yoluyla bitki, hayvan ve insana ulaşır toksik etkiler yaratmaktadır Alüminyumun vücuda asıl alınma yolu gıdalardır. Gıdaların bulunduğu kaplar, konserve kutuları ve alüminyum folyo kullanımı ile maruziyet söz konusudur (73, 74). Alüminyum temas ettiği yere geçebilme özelliğine sahiptir. Bu özellik ortamın nötr, alkali veya asit oluşu ile artar ya da azalır. Genellikle asitli besinlerle temasta bu geçişin daha fazla olduğu bilinmektedir (75). Total vücut alüminyum düzeyi 30-40 mg kadardır. Yiyeceklerle birlikte vücuda giren günlük alüminyum miktarı kg başına 0,01-1,4 mg'dır (74).

Alüminyumun fazlalığı bazı enzimlerin aktivitesini engelleyebilir, zihinsel gelişimi ve kemik mineralizasyonunu olumsuz yönde etkileyebilir. Alzheimer hastalığı, ileri yaşlarda görülen nörolojik bozukluklar sonucunda ortaya çıkan bir demans tipidir. Bu hastalığın oluşumunda genetik faktörlerin etkisinin yanında alüminyum toksikasyonunun da etkisinin olabileceği belirtilmiştir (75, 76).

7. Kobalt (Co): Yeryüzünde kobalt en az sıklıkla bulunan elementler grubundadır. Mekanik özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla alaşımların yapısına eklenmektedir. Kobalt vücudumuzda eritrosit yapımı için önemli bir vitamin olan B12 vitamininin yapısında yer alır. Vücuttaki normal miktarı 80-300 ug'dır (77). Kobalt ve kobalt bileşiklerinin insanlar üzerinde kansere neden olduğuna dair henüz kesin bulgular olmamasına rağmen, kanserojen madde gibi muamele görürler. Hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde, kobalt ve bileşiklerinin kansere yol açtığı kanıtlanmıştır (57).

8. Molibden (Mo): Molibden alaşımların bazı mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılan bir metaldir. Özellikle, çelik yapılara alaşım elementi olarak ilave edilen molibden, çekme dayanımını ve akma sınırını yükseltir.

Ayrıca çeliklerin sertleşme kabiliyetini, tokluğunu, aşınma ve korozyon direncini artırır (78). Molibdenin alaşımlara kazandırdığı bu özellikler; yüksek gerilim, geniş sıcaklık aralıkları ve aşırı koroziv ortam koşullarında kullanılan malzemeler için büyük önem taşımaktadır (79). Bu yüzden günümüzde ortodonti materyallerinde de sıklıkla kullanılan AISI paslanmaz çeliklerinin %63,5'inde molibden içeriğine rastlamak mümkündür (80). Paslanmaz çelikler yüzeyde oluşan ince bir film sayesinde korozyona karşı direnç göstermektedirler. Molibden bu ince filmi geliştirir ve herhangi bir hasar durumunda filmin yeniden oluşmasına yardımcı olur. Tip 316 paslanmaz çelikleri, %2-3 oranında molibden içeren ve en geniş kullanım alanına sahip olan paslanmaz çeliklerdir. Molibden, süperalaşımların ve nikel bazlı alaşımların da korozyon direncini ve mekanik özelliklerini geliştirir (80).

İnsan vücuduna başta besinler olmak üzere su, hava gibi yollarla alınmaktadır. Yetişkinler için günde 45 µg yeterlidir. Günlük en yüksek alım miktarı ise 2 mg'dır. Molibden toksisitesi nadirdir ve insanlardaki çalışmalar sınırlıdır. Bununla birlikte toksik dozunun etkisi büyümenin azalması, böbrek yetmezliği, infertilite, ishal, nöbetler, halüsinasyonlar ve kalıcı beyin hasarı ile bağlantılıdır (78).

9. Vanadyum (V): Vanadyum, korozyona dayanıklı bir geçiş elementidir. Sert ve işlenebilir çelik, yarı iletken üretimi gibi birçok endüstriyel alanda sertlik ve alaşım oluşturma kabiliyeti nedeniyle kullanılır. Genel olarak vanadyum bileşiklerinin toksisitesi düşüktür ve kanserojen değildir (81). İnsan vücuduna başta besinler olmak üzere su, hava gibi yollarla alınmaktadır. Gerekli vanadyumun miktarı günlük 10-60 µg'dır.

Vaka sunumları olası uzun süreli vanadyuma maruz kalmayla astım hastalığının oluşabileceğini göstermesine karşın klinik çalışmalar bu verileri desteklememiştir (82). ASS (Atomik Absorbsiyon Spektrometri) ve çalışmamızda da kullandığımız ICP-MS analiz yöntemleri çok güvenilir vanadyum analizleri yapılabilecek yöntemler olarak bildirilmiştir (83).

10. Manganez (Mn): Atom numarası 25 olan, grimsi metal renkli bir elementtir. Çeliğin dayanımını geliştiren bir alaşım elementidir. Özellikle paslanmaz çelik yapımında alaşımda gerekli bir hammaddedir. Çelikteki aşınma ve paslanmanın

önlenmesinde, sertlik ve dayanımının artırılmasında kullanılmaktadır (84). Doğada demir elementi ve daha birçok elementle bağlı biçimde bulunmaktadır. Genellikle metal endüstrisinde alaşımlarda kullanılır. Mangan vücutta birçok enzim sisteminin aktivasyonunda görevlidir. Çoğunlukla karaciğer, kemik ve böbreklerde bulunan esansiyel bir elementtir. Total kanda $6,6 \pm 2,3$ $\mu\text{g/dl}$ düzeyinde bulunur. Yüksek seviyeleri toksiktir. Toksisitesi sonucu yorgunluk, hafıza problemleri, özellikle çocuklarda ve bebeklerde büyüme geriliği gibi belirtiler görülür (84, 85).

11. Çinko (Zn): Çinko, çelik yapılar ve bu yapıların kaplamasında kullanılır. Bu durum yapıların korozyondan korunmasını sağlar. Bu özellik en önemli kullanım alanını oluşturur. Çinko metali ve birçok bileşiği diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında düşük toksik etki gösterir. Çinko karbonhidrat, protein, lipid ve nükleik asit metabolizmasında görev alan, tüm canlılar için önemli ve yaşamsal elementlerden biridir. Günlük alınan doz 10-20 mg'dır (86). Aşırı dozda çinko alındığında, uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik ve yazmada zorluk çekme gibi semptomlar gözlenir (87).

12. Arsenik (As): Arsenik, yerkabuğunda geniş bir alana yayılmıştır ve ortalama konsantrasyonu 2 ppm'dir. Besin maddelerinden alınan günlük toplam arsenik, çoğunlukla 20 ile 300 $\mu\text{g/gün}$ 'dür. Arsenik, pH ve iyonik ortama bağlı olarak çözünürlük gösterir. Arseniğin kronik olarak artışı kromozom ve genler üzerinde negatif değişimlere neden olmaktadır. Düşük miktarlardaki arsenik, yetişkinler için 20 $\mu\text{g/gün}$, insan vücudu için gerekli bir mineraldir (88). 60 ppm üzerindeki konsantrasyonlarda oral yolla vücuda alındığında insanlar için sonuç ölümdür (89). Ortalama olarak insan vücudunda 10-20 mg'ın üzerindeki oranlarda bulunan arsenik problem yaratır. Sindirim sistemi semptomlarına, kardiyovasküler ve sinir sistemi fonksiyonlarında bozukluklara ve sonuçta ölüme sebebiyet vermektedir (90).

13. Bakır (Cu): Bakırın en önemli özelliklerinin arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya ve korozyona direnci, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri sayılabilir. Bakır doğada pek çok sebzede ve meyvede bulunur. Vücut fonksiyonları açısından önemli olmakla beraber özellikle saç, deri esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir (91). Erişkin insanlarda ortama 50-120 mg bulunan

bakır, birçok enzim ve proteinin yapısında bulunur ve demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir. Ağız yoluyla alındığında akut zehirlenme dozu 100 mg/kg'dır. Bakır zehirlenmesinde gözlenen belirtiler tükürük salgılamamanın artması, mide ağrıları, bulantı, ishal gibi sindirim sistemi mukozasının tahriş olmasından kaynaklanır. Ayrıca alınan doza bağlı koma durumuna ve ölümlere sebebiyet verebilir (92). İçme sularında Dünya Sağlık Örgütü tarafından açıklanan sınır değeri 2 mg/l'dir (93).

14. Selenyum (Se): Doğada nadir elementler arasında olan selenyumun yer kabuğunda ortalama konsantrasyonu 0,05 ppm'dir. Selenyum, bakır, çinko ve kurşun gibi metallerin üretimi sırasında yan ürün olarak üretilir. İnsanlarda organizmayı oksidatif hasardan koruyan enzimlerin yapısında bulunmaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda toksik, düşük konsantrasyonlarda vücut için esansiyel olan bir elementtir (94). Selenyum alımı 5 mg/gün'den yüksek olduğunda, saç kaybı, tırnak morfolojisinde değişim, ishal, merkezi sinir sisteminde bozukluklar, böbrek ve karaciğer hasarları, iştahsızlık gibi belirtiler görülmektedir (95).

15. Kalay (Sn): Kalay, alaşımların yapısına katılarak, onlara sertlik ve dayanıklılık kazandırır. Havada kolaylıkla okside olmaz, korozyona karşı dirençlidir. Bu özelliğinden ötürü diğer metallerin korozyondan korunması amacıyla kaplanması kullanılır. Kalay kaplamak altındaki metalin oksitlenmesini önler, şekil verilmesine ve lehimlenebilmesine olanak sağlar. Yüzeyi ve kalınlığı sıcaklıkla doğru orantılı olarak artan ince bir oksit tabakasıyla kaplıdır (96). Kalayın toksik dozunun 65 kg'lık bir insan için günde 250 mg dolayında olduğu sanılmaktadır. Bu toksik miktar bulantı, kusma, ishal gibi gastrointestinal şikayetlere yol açmaktadır (97).

16. Rubidyum (Rb): Rubidyum metali yumuşak, beyaz, gümüş renkli, hem maddi hemde kullanım alanları açısından oldukça değerli bir elementtir. Rubidyumun kendisine ait mineral yatakları yoktur. Doğal oluşan rubidyum aşırı derecede reaktif ve hafifçe radyoaktif bir metaldir. Havayla kendiliğinden tepkimeye girer. Reaktifliğinden dolayı kendisi ve bileşikleri tehlikeli materyallerdir, depolanması ve taşınması sırasında dikkat edilmelidir (98). Metalürjik olarak rubidyum antimon bizmut, altın ve amalgam gibi alaşımlar oluşturur. Çözelti içinde

rubidyum, maksimum metal iyon konsantrasyonuna pH 3,5-4,5 değerlerinde ulaşmaktadır (99).

17. Talyum (Tl): Yerkabuğunda talyum konsantrasyonu 1-3 ppm civarında olup en sık rastlanan 58. element olarak bilinmektedir. Çok reaktif bir metal olan talyum, 20°C havada yavaş yavaş oksitlenir. Talyum endüstriyel olarak çeşitli optik camların, yarı iletken yapıların ve bazı alaşımların üretiminde kullanılmaktadır. Mesleki maruz kalmanın taşıdığı sağlık riskleri sebebiyle kullanımı düzenlenmiştir (57). İnsanlar tarafından alınan besinlerde talyumun ortalama 5 pg/gün'den az olduğu görülmektedir. Talyum yüksek zehirleyici etkiye sahip metallere biridir. Yetişkinler için talyum tuzlarının ortalama öldürücü dozu 1 gr'dır (100). Talyum iyonları kolaylıkla sindirim bölgesinden emilir ve buradan çeşitli dokulara dağılarak böbrekler, tükürük bezleri, bağırsak, iskelet kasları ve tiroid bezlerinde yüksek konsantrasyonlarda birikirler (101).

18. Kurşun (Pb): İnsan faaliyetlerine bağlı olarak atmosfere yüksek oranda yayılan kurşun her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. İnsan vücudundaki kurşun miktarı tahmini olarak 125-200 mg civarındadır. İnsan vücudu normal fonksiyonlarla günde 1-2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir (102). Kurşunun vücutta absorpsiyonu çocuklarda daha yüksek olmakla beraber normalde %5 gibi düşük bir oranda gerçekleşmektedir Bu oran kalsiyum ve demir gibi birçok mineralin vücut tarafından emilimini azaltmaktadır (103). Dünya Sağlık Örgütü sınıflandırmasına göre kurşun 2. sınıf kanserojen gruptadır (93).

19. Antimon (Sb): Gümüş rengine bir metaldir. Alaşımlarda, ilaç sanayinde ve elektronik sanayinde yoğun kullanılan antimon, insan vücudu için gerekli bir metal değildir (104). Canlı bünyesine solunum, yeme, içme ve deri teması ile geçer. Toksik dozu 1g/kg'dır. Vücutta bıraktığı temel hasarlar; bağışıklık, sinir, solunum ve sindirim sistemlerinde çökme olarak tanımlanabilir. Vücutta hangi yolla girmiş olursa olsun özellikle ciğerler, mide ve bağırsak bölgesinde toplanan antimonun, akut veya kronik etkileri temel olarak mide kasılmaları, mide ağrıları, kusma ve deride kızarıklığıdır (105).

20. Kadmiyum (Cd): Kadmiyum batarya yapımında, boya ve plastik yapımında ve metal kaplama işlemlerinde kullanılmaktadır. Kadmiyum tozlarının atmosferde birikmesi insanların tüketeceği ürünlerin kontaminasyonuna yol açarak kadmiyum alımının artmasına ve akciğer hastalıklarına yol açabileceği belirtilmiştir (106). İnsan vücuduna başta besinler olmak üzere su, hava gibi yollarla alınmaktadır. Kadmiyumun 100-300 mg/gün dozunda alınması böbrek, akciğer ve gastrointestinal sistemi etkileyebilmektedir. Uzun süreli düşük dozlarda kadmiyum alınması kemik rezorbsiyonuna yol açmaktadır. Hayvan deneylerinde gebelik döneminde kadmiyum temasının en çok sinir sistemini etkilediği gözlenmiştir. İnsan üzerindeki nörotoksik etkileri üzerine az sayıda çalışma bulunmaktadır (107). Kadmiyumun insanda karsinojen etki yaptığı 1976 yılında gösterilmiş ve 1993 yılında, IARC (International Agency for Cancer Research) tarafından 1. sınıf karsinojen olarak sınıflandırılmıştır (108).

21. Civa (Hg): Çok eski çağlardan beri insanlığın bildiği bir metal olan civa oda sıcaklığında sıvı durumda bulunabilen metallere biridir. Yerkabuğunda ortalama 0,08 ppm oranındadır. Civa endüstride bazı metallerin üretim proseslerinde, ilaç sanayinde ve diş tedavilerinde dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Ancak günümüzde civanın çok zehirli olmasından dolayı kullanımı kısıtlanmış ve bazı endüstri kollarında kullanımı yasaklanmıştır (109). Gerek soluma yolu gerekse diş tedavisi için yaptırılan amalgam dolguların kullanılmasından sonra oral yolla vücuda alınması sonucu tansiyon yükselmesine, kalp krizine, deride kızarıklık ve yaraların oluşmasına sebebiyet verebilmektedir (110). Sinir sisteminin civa bileşiklerine karşı çok yüksek hassasiyeti vardır. Civanın beyin ve böbrekler üzerinde de ağır tahribatlar yarattığı yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir. Oral yolla 10-60 mg/kg civa alınması insanlar için ölümcül olabilmektedir (110).

2.4. Tükürüğün Önemi ve Özellikleri

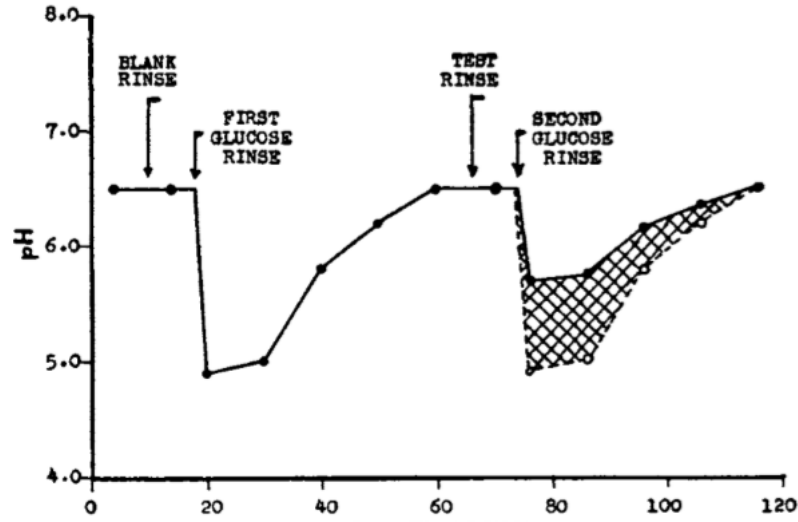
Sindirim işleminin başlangıcı ağızda olmaktadır. Bu nedenle tükürük insan organizmasında önemli birçok görevi üstlenmektedir. Tükürüğün ana görevi yiyeceklerin sindirilmesine yardım etmek ve sindirim kanalının giriş bölgesinin korunmasıdır. Bunun yanında, ağız temizliği ve diş sağlığında da önemli rol oynar ve oral kavitede optimum düzeyde tükürük salgısı olmalıdır. Ayrıca tükürük

karbonhidratların fermantasyonu ile oluşacak asit üretimi sonucu organizmanın pH değişimlerine tampon etki yapmaktadır (111). Ağız içi pH değerlerindeki değişiklikler, ağız içindeki organik ve inorganik maddeler ve ağızın sürekli değişen dinamik yapısı korozyon için uygun bir ortam sağlamaktadır. Yemek ve diğer maddelerden kaynaklı dış etmenlerin neden olduğu asidik ağız ortamında, ortodontik materyaller korozyona maruz kalmaktadır. Yapılan çalışmalarda metallerin asidik ortama dayanımlarının daha zayıf olduğu gösterilmektedir (49, 60). Düşük pH seviyelerinde ortodontik aygıtlardan daha çok Cr, Ni ve Cu salınımı olduğu gösterilmiştir (49).

Tükürük ve diş çürümeleri arasındaki ilişki eskiden beri bilinmektedir. Çürük oluşturunca mikroorganizmalar karbonhidratların fermantasyonuna yol açarak asit ve alkoller açığa çıkarırken diğer yandan oluşan asitler tükürük tarafından sulandırılır, yıkanır ve tamponlanır. Tükürükteki karbonik asit-bikarbonat sistemi ve daha az olarak da fosfat ve proteinler tamponlama görevlerini sağlamaktadır. Karbonik asit-bikarbonat tamponlama sisteminde, karbondioksit kaybı ile karbonik asitte önemli derecede azalma olur ve tükürük alkalileşir (112). Asit oluşumunu önleyen mekanizmaların başında mekanik temizlikle bakteri plağının uzaklaştırılması ve tükürüğün tamponlama kapasitesinin etkisi gelir (113).

Özellikle ortodontik tedavi gören hastalar, bakteri plağının ortadan kaldırılmasında oldukça etkili olan mekanik temizliği ağızda bulunan sabit ortodontik aygıtlar nedeniyle yeterince yapamamaktadır. Uzaklaştırılamayan bakteri plakları içinde bulunan mikroorganizmaların ürettikleri organik asitler ile ağız ortamı bu süre boyunca reaksiyona girer. Bu nedenle tükürüğün tamponlama kapasitesi bu hastalarda daha çok önem arz etmektedir (113).

Stephan ve Miller (9), 1940 yılında ön dişlerin düz yüzeyleri üzerine elektrotlar yerleştirerek glukoz solüsyonu ile ağızın çalkalanmasından sonra meydana gelen pH dalgalanmalarını “Ağız pH Değişim Eğrisi” grafiği (Grafik 2.1) ile göstermiştir. Bu grafiğe göre Stephan ve Miller (9), çözelti ile ağız çalkalandıktan 2-5 dk sonra pH’nın 5’in altına düştüğünü, 10-15 dk boyunca bu pH değerinde kaldığını ve ağız içi pH’nın normal değerlerine dönmesinin yaklaşık 40-45 dk sürdüğünü belirtmişlerdir.



Grafik 2.1. Stephan ve Miller'in oluşturduğu "Ağız pH Değişim Eğrisi" grafiği. Stephan ve Miller'dan (9) alınmıştır.

Diyetimizde başlıca üç tip besin yer almaktadır. Bunlar proteinler, karbonhidratlar ve yağlardır. Bunların dışında mineral tuzları, vitaminler ve eser elementler de az oranda olmak kaydıyla yer almaktadırlar. Ağız ortamında asit kaynağı karbonhidratlardır. Asitli içeceklerin, karbonhidrat içeriği yüksek yiyeceklerin çoğu bakteri plakları içinde bulunan mikroorganizmaların kolaylıkla fermente edebildiği ve ortodontik tedavi gören genç hasta grubunun en çok tercih ettiği besinler arasındadır (8).

Karbonhidratlardan zengin bir diyet ile beslenen kişilerin ağız florasında daha fazla laktobasil ve streptokoka rastlanmaktadır. *Streptokok*, *Laktobasil*, *Rothia* gibi asidojen bakteriler hızlı bir şekilde asit üretimi ve pH değerinde yüksek oranda bir düşme yaparken, *Actinomyces*, *Eubacterium*, *Peptostreptococcus* gibi bakteriler geç ve zor asit ürettikleri için pH değerinde zayıf bir düşme yapmaktadırlar (113).

Oral streptokoklar (*S.mitis*, *S.salivarius*, *S.sanguis*, *S.mutans*) genellikle karbonhidratlardan hızlı ve yüksek konsantrasyonda asit yaparlar. Ortodontik aparey veya başka bir protetik restorasyon bulunan kişilerin ağızlarında retansiyon bölgelerinin artması ile birlikte streptokok sayısında da hızlı bir artış olmaktadır (113).

Oral streptokoklardan *S.mutans* ve *S.salivarius* karbonhidratları asitlere en hızlı şekilde dönüştürerek enerji üretmektedirler. Üredikleri ortamda pH 4.0-4.3'e kadar düşürebilmektedirler.

Ağız içi pH değişim olaylarında etkili olan diğer bakteriler ise *Laktobasiller*'dir. Karbonhidratları kolayca sindirebilmektedirler. Son ürün olarak daima laktat açığa çıkarırlar (*Emden Meyerhof Pathway* reaksiyonu sonucu). Hem üredikleri ortamda asit oluştururlar hem de asidik ortamda daha kolay ürerler. Ortamdaki pH'ı 4.0'ün altına düşürebilmektedirler (113).

Laktobasiller diyetteki karbonhidrat konsantrasyon değişimlerine hızlı cevap vermektedirler. Dişlerin çıkması veya ağza aparey ilavesi ile laktobasil sayısında artış görülür. Bunun sebebi ağızda besin retansiyonu olan bölgelerin laktobasillere rezervuar görevi görmesidir. Streptokokların, laktobasillerin yerleşeceği bölgede daha önce başka bir yol ile asit ortamı sağlamış olması bu bakterinin kolonizasyonunu kolaylaştırmaktadır (113).

2.5. Korozyon

Korozyon; materyallerin bulunduğu ortamdaki maddeler ile kimyasal reaksiyona girmesi sonucu yavaş yavaş yıkılması olayıdır. Vücut sıvıları ile temasta olan biyomateriyalin birçoğu korozyona uğramaktadır (11). Çeşitli etkenler nedeniyle metalin termodinamik stabilitesinin bozulup katı formdan iyonik forma geçme potansiyeline sahip olması, bunun sonucunda da içinde bulunduğu ortama iyon salınımı yapmasıyla korozyon meydana gelmektedir. Bir metalin korozyona uğrayıp uğramaması metalin termodinamik stabilitesi ile ilgilidir. Metallerden yalnızca saf altın ve platin neredeyse her ortamda stabil kalmayı başarır (12).

Korozyon; kimyasal veya elektrokimyasal olmak üzere 2 reaksiyon sonucu meydana gelmektedir (61):

1. Kimyasal reaksiyon: Metal alaşımı oluşturan elementlerin birinin veya bir kaçının oksijen ya da metal olmayan başka bir elementle reaksiyona girmesiyle stabil olan alaşım yapısının çözünmesidir.

Kimyasal korozyon, metalin içinde bulunduğu ortamdaki diğeri bir elementle doğrudan elektron alışverişinin söz konusu olduğu bir reaksiyondur. Bu korozyonda dıştan içe doğru bir aşınma söz konusudur. Bu aşınma ve bozunma gazlar, nem, asit veya alkali solüsyonlar ve belirli kimyasal maddeler ile oluşmaktadır (61).

2. Elektrokimyasal reaksiyon: İletken bir elektrolit içerisinde farklı element yapısındaki materyallerin birinden diğeriine elektron akışı ile meydana gelen korozyon türüdür. Bu tür korozyonda materyallerin biri çözünürken, diğeriine çözünen madde ilave olmaktadır.

Elektrokimyasal korozyon reaksiyonunun oluşabilmesi için; potansiyel fark, yük transferi ve sürekli olan bir akım iletim yolu bulunmalıdır. Çeşitli metalleri içeren sulu ortamlar en korozif ortam olarak bilinir ve bu ortamda oksijen, karbondioksit, asitler, bazlar ve asit tuzları bulunduğu zaman korozif etki artmaktadır (29). Ağızda sıvı ortam nedeniyle elektrokimyasal korozyon meydana gelmektedir. Bu işlem; denge sağlanıncaya ya da iyon salınımını durduracak bir faktör oluşuncaya kadar devam etmektedir.

Bütün metal yüzeyleri en üstte bir oksit tabaka oluşturmak için oksijen ile reaksiyona girmektedir. Alaşımın üzerinde bu tabaka olduğu sürece korozyon gözlenmez. Ancak alaşımın yıkılma potansiyeli aşıldığında oksit tabaka çözülür ve yüzey korozyonu başlar (114). Korozyon yüzey üzerindeki difüzyona bağılı bir durum olduğu için, difüzyonu engellemek korozyonu büyük ölçüde azaltmaktadır. Bunun için pasifleştirme ve kromat kaplama yöntemleri kullanılmaktadır.

Ağız ortamının sürekli değışen ve tahmin edilemeyen kimyasal yapısı, bazı korozyon oluşumlarının tahminine izin vermemektedir. Ağız ortamında bulunan kimyasalların biyomateryallerde korozyonu tetikleyici nitelikte olduğu gösterilmiştir (115). Korozyon için en istenmeyen durum; metal ya da alaşımın ağız ortamında yavaş fakat sürekli olarak çözünmesidir (116). Korozyonla beraber dayanıklılık, metal ömrü ve geçirgenlik gibi materyal yapı ve özellikleri de zayıflamaya başlar. Bunun sonucu olarak metalin korozif ürünleri bulunduğu ortama lokal ya da sistemik olarak zararlı etkiler göstermektedir (54).

2.5.1. Korozyon çeşitleri

Ağız ortamında gerçekleşen korozyon çeşitleri aşağıdaki gibidir (2, 115, 117-119):

1. Üniform korozyon: En sık görülen korozyon türüdür (117). Metal yapı tüm yüzeylerde eşit ve düzenli şekilde korozyona maruz kalır ve ağırlık kaybı ile orantılı olarak mekanik özelliklerinde azalmalar ortaya çıkmaktadır. Bu tip korozyona ortodontik ataşmanlarda az rastlanır, çünkü bu materyaller korozif ajanlarla eşit ölçüde temas etmez (30).

2. Çukurcuk korozyonu: Ortodontik braketler ve teller, üretim süreçleri sonunda yüksek miktarda gözle görünmeyecek boyutlarda deliklere ve çatlaklara sahip olabilmektedir. Bu yapı lokal olarak o bölgelerde plak oluşumuna neden olan mikroorganizmaların yerleşmesine, bunun sonucunda lokal pH değişimlerine sebep olmaktadır (117). Yapay tükürükte tel yüzeyinde çukurcuk korozyonuna, potansiyodinamik polarizasyon deneylerinde ve taramalı elektron mikroskop çalışmalarında rastlanmıştır (3). Es-Souni ve ark.'nın (120) yaptıkları çalışmada, Cr-Co alaşımlarda Ni-Ti alaşımlara göre daha çok çukurcuk korozyonu görüldüğünü rapor etmişlerdir. Metalin ağırlık kaybından çok mekanik özellikleri ya da görünüşü etkilenmektedir (31).

3. Çatlak korozyonu: Yorulmuş halde bulunan metal, küçük gerilmelerin etkisi ile çatlayabilmektedir. Oluşan çatlamlar korozyonun oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Korozif bir ortamda çekme veya basınç gerilmelerinin periyodik olarak değişmesi sonucu oluşmaktadır. Örneğin; teller ağızda uzun süre yüklemeye maruz kalırsa ortaya çıkabilir (61). Tellerin ataşman, yapıştırıcı, akrilik veya elastik gibi materyallerle teması sonucunda da ortaya çıkmaktadır (118, 121). Paslanmaz çelik yapılar özellikle bu tip korozyona hassastır (31).

4. Galvanik korozyon: Galvanik korozyon iki metalin iletken bir sıvı ya da elektrolit içinde bulunması sonucu meydana gelmektedir. Elektronegatifliği daha yüksek olan madde anot, elektropozitifliği daha yüksek olan madde ise katot olur. Bu durumda katotta korozyon gözlenmektedir. Ortodontide bu korozyona örnek olarak ark teli braket kombinasyonu gösterilebilir. Paslanmaz çelikten üretilen braketler

çeliğin daha elektropozitif olmasından dolayı korozyona daha önce uğramaktadır. Aynı alaşımda iki farklı yüzeyin varlığı da galvanik korozyonu tetikleyebilmektedir (122, 123). Gövdesi ile tabanı birbirine birleştirilmiş iki ayrı metalden oluşan braketler, elektrolit görevi yapan tükürük ortamında pil şekline dönüşür. Bunun sonucunda daha az soylu olan metal çözünerek, gövde ile tabanın birbirinden ayrılmasına neden olur ve ortama zararlı iyonlar salınır (30).

5. Granüller arası korozyon: Paslanmaz çelikler özellikle sıcak lehimleme esnasında granüler korozyona maruz kalabilir (30). Isınma sonucu çelikteki kromun karbonla reaksiyonu sonucu krom karbitin bileşiği oluşur. Bu durum alaşımı daha kırılgan ve daha az dirençli hale dönüştürmektedir. Berger ve ark. (18), östenit paslanmaz çelik tellerin, Co-Cr alaşımlı tellere göre Ni ve Cr iyon salınım miktarının daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.

6. Sürtünme korozyonu: Ağızda tel ile braket oluşu arasında sürekli bir sürtünme ilişkisi vardır. Bu metallerin temas yüzeylerinde sürtünmeye bağlı olarak ortaya çıkan korozyondur. Tellerle braket slotlarının birbirlerine baskı oluşturduğu noktalarda uzun süreli kuvvetler soğuk büküme neden olmaktadır. Soğuk büküm gerçekleşen bu yüzeylerde oksitlenme hızı artmaktadır. Bu korozyonun oluşum mekanizması için iki teori bulunmaktadır. Birincisi; metal yüzeylerin sürtünmesi sırasında, çok küçük parçacıklar yüzeyden koparak hızlı bir şekilde oksitlenmekte ve korozyon meydana gelmektedir. İkincisi ise metal yüzeyinde oksijen varlığında ince bir oksit film oluşmasıdır. Sürtünme ile bu oksit film aşınır ve metalin parlak yüzeyi ortaya çıkarak korozyon meydana gelmektedir (61).

7. Gerilme korozyonu: Korozyif ortamda bulunan bir metal aynı zamanda statik bir gerilime maruzdur. Gerilmeler, teller ve braketler üzerinde elektrokimyasal potansiyel oluşturarak bazı noktalarda anot ve katodik özellikler gösterilmesine, dolayısıyla korozyon için uygun bir ortamın oluşmasına sebep olmaktadır (117, 118). Ark teli brakete ligatürlendiği zaman yüklenmeye bağlı olarak stres bölgeleri meydana gelmekte ve bu bölgelerde korozyon gerçekleşebilmektedir. Ni-Ti ark telleri ağız ortamında uzun süreli kaldığında çiğneme esnasında çok sayıda küçük yüklere maruz kalmaktadır (61).

8. Mikrobiyolojik korozyon: Mikroorganizmalar ve onların ürettikleri maddeler de korozyonu artırıcı yönde etki gösterebilmektedir. Mikroorganizmalar ve onların yan ürünleri alaşımları iki şekilde etkileyebilmektedir. Birincisi; belirli mikrobiyolojik türler alaşımdaki metalleri emebilir ve metabolize edebilir. İkincisi ise bazı mikroorganizmaların yan ürünleri asidik ortam oluşturarak alaşımların korozyona daha kolay maruz kalmalarına sebep olabilir (61).

Çeşitli mikroorganizmalar paslanmaz çelik içindeki demire saldırır. Bunlar *Desulfovibrio Desulfiricans* veya *Desulfotomaculum* gibi sülfat redükleyenler, *Thiobacillus Ferroxidans*, *Beggiatoa* ya da *Thiotrix* gibi sülfür okside ediciler, *Aerobacter* veya *Flavobacterium* gibi yapışkan nemli madde oluşturanlar veya *Sphaerptilus Hyphomicrobium* ve *Gallionella* gibi demir tüketici mikroorganizmalardır (118).

2.5.2. Ortodontik açıdan korozyonu etkileyen faktörler

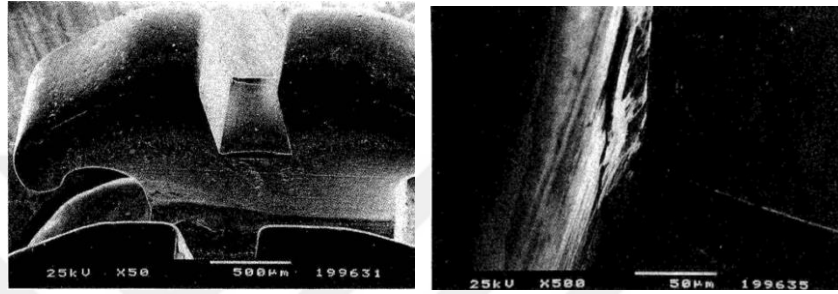
Günümüzde kullanılan birçok ortodontik materyal alaşımlardan yapılmaktadır ve metalik yapıdadır. Tükürükle temas halinde olduğu için bu materyaller korozyona dirençli olmalıdır. Sabit ortodontik tedavide kullanılan çeşitli tel ve yaylar için kullanılan metaller; paslanmaz çelik, Ni-Ti, Co-Cr ve β -titanyumdur. Braketler ise metalik, seramik, polimerik yapıda olabildikleri gibi seramik ve polimerik yapıların metalle birleştirilmiş şekilleri de mevcuttur. Seramik ve polimerik braketler kimyasal ve mekanik yıkımlara hassastır; ancak korozyona uğramazlar ve metalleri korozyona zorlamazlar, çünkü bu materyaller inert özelliktedir (29).

Paslanmaz çelik alaşımlar, ortodontik braketlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Metalik braketlerin üretiminde farklı üretim yöntemleri kullanılmaktadır (Tablo 2.3) Hangi üretim yönteminin daha az sitotoksik olduğu konusunda görüş birliği olmasa da, lehimlenmiş parçaları bulunan braketlerin daha fazla sitotoksik olabileceği düşünülmektedir (124).

Braketlerin yapımında dört temel teknik kullanılmaktadır (30):

1. Çekme ya da frezleme tekniğiyle üretilen braketler (Milled-machined brackets)

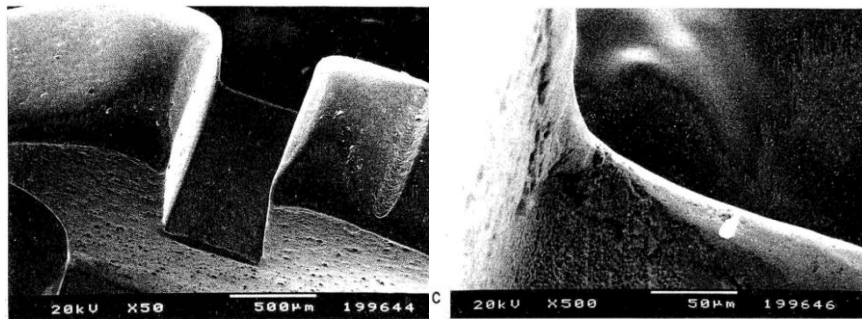
Bu teknikte braket, uzun çubuklardan kesilmek suretiyle üretilmektedir. Kesilen ham gövdeye daha sonra taban lehimlenir. Braket gövdesinin çubuktan elmas disklerle kesilmesi esnasında braket oluğu hizasında ortaya çıkan küçük çapaklar parlatma sırasında oluğun içine doğru kıvrılarak keskin kenarlar oluşmasına neden olabilmektedir. Kaydırma mekanikleri sırasında tel ile braketin en çok temasta olduğu bu noktalarda keskin çapakların bulunması tel ile braket arasındaki sürtünme değerleri üzerinde etkili olmaktadır (Resim 2.1).



Resim 2.1. Çekme ya da frezleme tekniğiyle üretilen braketin SEM görüntüleri. Oluk kenarlarında çapaklar gözlenmektedir. Tosun'dan (30) alınmıştır.

2. Döküm braketler

Sıvı metal, hassas olarak hazırlanan braket kalıpları içine enjekte edilmektedir. Bu teknikle üretilen braketlerde de oluk kenarlarında pürüzsüz bitiş bulmak problemli olabilmektedir (Resim 2.2).



Resim 2.2. Döküm tekniğiyle üretilen braketin SEM görüntüleri. Oluk kenarlarında izler gözlenmektedir. Tosun'dan (30) alınmıştır.

3. Sinterleme tekniğiyle üretilen braketler

İnce metal tozları yüksek sıcaklık altında hassas kalıplara sıkıştırılmaktadır. Modern braketlerin üretiminde kullanılan bu tekniğin avantajı braket olukları ve kanatlar gibi önemli bölümlerin son derece hassas ve pürüzsüz olarak elde edilebilmesine olanak vermesidir (Resim 2.3).



Resim 2.3. Sinterleme tekniğiyle üretilen braketin SEM görüntüleri. Oluk kenarlarındaki bitiş düzgün gözlenmektedir. Tosun'dan (30) alınmıştır.

4. Metal enjeksiyonla kalıplama tekniğiyle üretilen braketler

Erimiş metal yüksek basınç altında kalıplara enjekte edilmektedir. Son yıllarda üretilen kaliteli braketlerin üretimleri çoğunlukla bu teknikle gerçekleştirilmektedir (30).

Tablo 2.3. Farklı üreticilere ait ortodontik braketlerin yapım teknikleri.

Ticari isim	Yapım Tekniği
American Orthodontics (125)	Metal Enjeksiyonla Kalıplama Tekniği
GAC-Shoulder, Microlock (30)	Döküm Tekniğiyle
3M Unitek (38)	Çekme ya da Frezleme Tekniği
Rocky Mountain (35)	Metal Enjeksiyonla Kalıplama Tekniği
Ultradent (39)	Çekme ya da Frezleme Tekniği
Dentaurum (37)	Metal Enjeksiyonla Kalıplama Tekniği

Paslanmaz çelik materyallerde lehimleme ve kaynak esnasında yanlış ısı tedavisi uygulandığında metalin mikro yapısında taneler arası ve stres korozyonu oluşabilmektedir ve metalin fiziksel ve kimyasal özellikleri değişebilmektedir (126). Çekme ya da frezleme tekniğinde uygulanan lehim aşaması bu nedenle önemlidir. Bu teknikte uygulanan soğutma işlemi braketin slot yüzeyini etkilemektedir. Soğuk işlenen slot ve kanat kısımlarında ve braketin adeziv tabanının lehimlenmesi

esnasında korozyon çifti oluşabilmektedir. Ayrıca bazı üreticiler farklı bileşimde çelik kullanarak da galvanik çift oluşturabilmektedir.

Üretim süreçlerinden bağımsız olarak korozyon tüm metalik cihazları etkilese de braket yapımındaki çeşitlilik, parlatma ve son şeklinin verilmesindeki farklılıklar braketlerin korozyona karşı yatkınlıklarını değiştirebilmektedir (13). Bazı üreticiler yüzeyin düzeltilmesinde elektroliz yöntemi ile parlatma işlemi uygulayarak braketin korozyona karşı hassasiyetini azaltmaktadırlar. Bazı braketlere altın elektrolizi ya da titanyum nitritle plazma ark deposisyonu yapılarak estetik özellik kazandırılmaktadır. Aynı zamanda titanyum nitrit kaplama ile korozyona karşı direnç arttırılmaktadır (29).

Ortodontik teller steril olmayan bir koşulda ve paketinde otoklavlanabilir ifadesiyle teslim alınmaktadır. Otoklavlama sırasında ark tellerinin kalitesinin ve karakteristiklerinin etkilenebildiği ve oksidasyona daha eğilimli hale geldiği de rapor edilmiştir (127). Genel olarak biyolojik dokularla veya sıvılarla kontak halinde olan materyaller için, pH dalgalanmaları veya sıcaklık değişiklikleri gibi çevresel faktörler alaşımın korozyon miktarını arttırabilmektedir (128).

2.5.3. Ağız boşluğunda korozyon

Oral kavitede ortodontik materyallerin korozyon miktarını hızlandıran birçok faktör mevcuttur. Tükürük, elektronların ve iyonların iletimi için elektrolit işlevi görmektedir. Sıcaklık ve pH değerlerinin dalgalanması, enzimatik ve mikrobiyal aktivite, oral kaviteye yiyecek ve içeceklerle giren çeşitli kimyasallar hepsi korozyonu artırmaktadır. Her bir metal alaşımın doğal heterojenliği ve diğer alaşımlarla kullanımı, mikroyüzey kesintililiği, ortodontik aygıtlar üzerine uygulanan kuvvetler ve teller ile braketler arasındaki sürtünme de korozyon sürecini hızlandırmaktadır. İyon salınımı sonucu olumsuz biyolojik etkileri önlemek için alaşımın biyouyumluluğu büyük bir önem taşımaktadır. Metal iyonlarının sürekli salınımları dokularda birikmeleriyle geri döndürülemez toksik etkilere neden olabilmektedir. Kanseri araştırmalarına ve metal toksikolojisine dair literatür çeşitli metal iyonlarının zararları hakkında birçok rapor içermektedir (52, 53, 129). Çoğu ortodontik alaşım içerisinde bulunan Ni ve Cr iyonları kimyasal karsinojen olarak

sınıflandırılmaktadır. Ortodontik alaşımlardan salınan metal iyonları oral dokularla uzun süreli kontakt halindedir. Metal iyonlarının kronik düşük seviyeleri hücrel metabolizmayı ve morfolojiyi değiştirebildiği gibi enflamasyona hatta DNA instabilitesine neden olabilmektedir. Ortodontik tedavide kullanılan teller, braketlere bağlandığında ikisi arasında galvanik bir akım meydana gelebilmektedir (130-132). Örneğin; bazı liken planus, lökoplaki ve oral kanser gibi ciddi durumların oluşumunda elektrogalvanik olarak etkilenmiş hücrelerin neden olduğu gösterilmiştir (131, 133). Elektrogalvanik olarak etkilenmiş hücreler ortadan kaldırıldığında lezyonun da kaybolduğu görülmüştür (133).

Ortodontik hastalarda alerjik reaksiyonların oluşma insidansı yaklaşık olarak %1 ve bunların %85'i kontak dermatittir (132). Bu hastaların birçoğu da ağız dışı headgear kullanmışlardır (55). Ortodontik tellerden salınan metal iyonları sonucu oluşan alerjik ve doku reaksiyonları birçok çalışmada rapor edilmiştir (132, 134-136). Örneğin; Greppi ve ark (136), nikel duyarlılığı olan hastalarda ağız içinde yüksek nikel ile karşılaştıklarında şiddetli lokal reaksiyon tespit etmişler ve tek bir hastada ise ağız dışında parmak ve ellerinde ürtiker şeklinde kızarıklıklar gözlemlemişlerdir. Diğer çalışmalarda Ni içerikli ortodontik apareylerin; Ni'ye duyarlı olan hastalarda gingival ve ağız sağlığıyla ilgili ya çok az ya da hiçbir şekilde etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir (137, 138). Bu çalışmalarda görülüyor ki nikel karşı aşırı duyarlılığın gerçekleşmesi için ağız ortamında yüksek oranda alerjene ihtiyaç vardır (3, 31, 33, 139).

2.6. Ortodontide İyon Salınım Miktarı Ölçüm Yöntemleri

Metal elementlerden iyon salınım miktarlarının araştırılmasında 3 yöntem bulunmaktadır. Bunlar; in-vivo, in-vitro ya da geçmişe ait yapılan çalışmaların değerlendirilmesidir (117). İn-vitro çalışmalar farklı metodların kullanılabilmesi ve çeşitli solüsyonlardaki değişimin değerlendirilebilmesi nedeniyle önemli bir çalışma şeklidir. Bu çalışmalarda daha çok NaCl içerikli su (%0,05 ya da %0,9 oranlarında) ya da farklı bileşimlerde yapay tükürük kullanılmaktadır (140). Metal iyonlarının bu sıvılardaki miktarlarının analizi için kütle spektrometrisi kullanılmaktadır. Analizler sonucu bulunan değerler çok küçük değerler olduğundan analiz yönteminin hassas çalışma prensibine sahip olması ve analiz sonunda doğru bir ölçüm elde

edilmesi gerekmektedir. ICP-MS cihazı bu nitelikleri taşıyan kütle spektrometri çeşitlerinden biridir (26).

Yapılan çalışmalarda (Tablo 2.4) metal iyon seviyelerinin ölçümünde birçok analitik teknik kullanılmıştır. Bunlardan Park ve Shearer (31) %0,05 NaCl solüsyonunu analiz etmek için AAS cihazını kullanmışlardır. Barret ve ark. (3) yapay tükürük örneklerini, Kerosuo ve ark. (5) ve Grimsdottir ve ark. (2) %0,9 NaCl solüsyonunu analiz etmek için FAAS (*Flawless Atomic Absorption Spectrometry*) cihazını kullanmışlardır. Staffoloni ve ark. (49) inorganik ve organik asit, Huang ve ark. (6) tükürük örneklerinde GFAAS (*Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry*) cihazını kullanarak analiz yapmışlardır. Eliades ve ark. (141) tükürük örneklerinde ICP-AES (*Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry*) cihazını kullanarak iyon salınım miktarlarını değerlendirmişlerdir. Gürsoy ve ark. (142) yapay tükürük örneklerinin, Haddad ve ark. (4) yapay tükürük ve yapay plak sıvısı örneklerinin ve Darabara ve ark. (143) 1 M laktik asit içeriğindeki iyon salınım miktarlarını değerlendirebilmek için ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma Atomic Optic Emission Spectrometry*) cihazını kullanarak analiz yapmışlardır. Mikulewicz ve Chojnacka (144), Luft ve ark. (1) ve Hwang ve ark. (145) yapay tükürük örneklerinin analizi için ICP-MS cihazını kullanmışlardır. Kuhta ve ark. (146) ise yapay tükürük örneklerinin analizi için HR-ICP-MS (*High Frekans Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*) cihazını kullanmışlardır.

Mikulewicz ve Chojnacka (144), ICP-MS'in AAS'ye göre daha düşük eşik değerine ve daha yüksek çözünürlüğe sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Ancak Wolf (147), reaktiflerden geçen küçük cisimlere karşı bu cihaz çok duyarlı olduğundan ölçülen yapıların öncesinde yüksek hassasiyetli filtrelerden geçirilmesi gerektiği belirtmiştir.

ICP-MS'in çalışma aralığı diğer yöntemlere oranla oldukça geniştir. Birçok element için ng-mg/l arasında kalibrasyon grafikleri çizilebilmektedir ve farklı derişime sahip birçok elementin aynı anda analizine olanak sağlamaktadır. Değişik örnek göndericilerle eşleştirildiğinde ICP-MS, sıvı örnekler dışında katı örneklerin analizinde de sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (147).

ICP-MS analizi tıp ve adli alanlarda daha çok kullanılmaktadır. Klinisyen ağır metal zehirlenmelerinde metal sayım tayini isteyebilir. Böyle bir durumda kan, idrar, plazma, serum ve metal taşıyan kan hücrelerinden örnekler alınarak analiz gerçekleştirilmektedir. Diğer bir çalışma alanı çevresel incelemelerde kullanılmasıdır. Özetle bu analiz metal, protein ve biyomoleküllerin sayımı ve element analizinde kullanılmaktadır (147). Bunlar dışında çok sayıda elementin hızlı, hassas ve doğru biçimde ölçülmesine olanak sağlayan bir cihaz olması nedeniyle çalışmamızda ICP-MS cihazı kullanılmıştır.

Literatür incelendiğinde iyon salınımının farklı analitik metodlar kullanılarak değerlendirildiği çalışmaların (3, 5, 6, 27, 31, 49, 141, 142, 145, 146) mevcut olduğu görülmektedir ve bu çalışmalarla ilgili veriler, Tablo 2.4-6'da özetlenmiştir.

Tablo 2.4. Ortodontide iyon salınımı ile ilgili gerçekleştirilen in-vitro çalışmalara ait veriler.

Yazar	Yıl	İncelenen Metaller	Solüsyon	İnkübasyon zamanı/gün	pH değerleri	Metod
Park ve Shearer (31)	1983	Cr, Ni	%0,05 NaCl	3-12 (4 zaman aralığı)	-	AAS
Grimsdottir ve ark. (2)	1992	Cr, Ni	%0,9 NaCl	7 (2 zaman aralığı)	-	FAAS
Barrett ve ark. (3)	1993	Cr, Ni	Yapay tükürük	1-28 (5 zaman aralığı)	pH 6,75	FAAS
Kerosuo ve ark. (5)	1995	Cr, Ni	%0,9 NaCl	7 (3 zaman aralığı)	-	FAAS
Staffolani ve ark. (49)	1999	Cr, Ni, Cu, Ag, Pd	İnorganik asit (HCl), organik asit	1-28 (3 zaman aralığı)	pH (3,5-6,5) ve pH (2,5-2,2)	GF-AAS
Hwang ve ark. (145)	2001	Cr, Ni, Cu, Fe, Ti	Yapay tükürük	1-84 (8 zaman aralığı)	pH 6,75	ICP-MS
Huang ve ark. (6)	2003	Ni, Ti	Yapay tükürük	1-28 (5 zaman aralığı)	pH (2,5-3,75-5-6,25)	GF-AAS
Eliades ve ark. (141)	2004	Cr, Ni	%0,9 NaCl	30	-	ICP-AES
Gürsoy ve ark. (142)	2004	Cr, Ni, Cu, Fe, Mn, Ti	Yapay tükürük	45	pH 7	ICP-OES
Baydaş ve ark. (148)	2005	Cr, Ni, Co	Yapay tükürük	90 (3 zaman aralığı)	pH (4-5,5-7)	GF-AAS
Darabara ve ark. (143)	2006	Cr, Ni	1 M Laktik asit	28	-	ICP-OES
Luft ve ark. (1)	2009	Ni	Yapay tükürük	7	pH (4,8- 5)	ICP-MS
Haddad ve ark. (4)	2009	Cr, Ni	Yapay tükürük ve Yapay plak sıvısı	28	pH (2,3-6,7)	ICP-OES
Kuhta ve ark. (146)	2009	Cr, Ni, Cu, Fe, Ti, Zn	Yapay tükürük	1-28 (4 zaman aralığı)	pH (3,5-6,75)	HR-ICP-MS
Mikulewicz ve ark. (27)	2012	Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ni, Cr	Yapay tükürük	30	-	ICP-MS

Tablo 2.5. Ortodontide iyon salınımı ile ilgili yapılan in-vitro çalışmalara ait örnek ve kontrol grubu sayısı, kullanılan materyallerin miktarı, cinsi ve firması.

Yazar	Örnek Sayısı	Kontrol	İncelenen materyalin sayısı			Kullanılan materyallerin cinsi/firması		
			Braket	Bant	Tel	Braket	Bant	Tel
Park ve Shearer (31)	10	10	3 (+2 premolar band)	2	½ Üst çene	Tip 303Se ve 304	Tip 303Se and 304/AISI	-
Grimsdottir ve ark. (2)	19	-	5	5(+4 face bow)	5	SS/3M, Dentaaurum Forestadent, Ormco	SS/ 3M, RMO Forestadent,Ormco, GAC	Elgiloy/ RMO Nitinol/3M, Masel, Dentaaurum SS/ 3M
Barrett ve ark. (3)	10 (2 grup)	2	3 (+2 premolar band)	2 (+2 molar band)	10 (+10 SS ligatür)	SS 303, 304	SS 305/316	SS/3M Unitek NİTi/3M Unitek
Kerosuo ve ark. (5)	5 (3 grup)	-	5	1	½ Üst çene	Mini Twin/ Ormco	SS/GAC	NiTi/Ormco
Staffolani ve ark. (49)	2	2	10	2	1	SS 316/Leone	S/ 304 ve 316/Leone	NiTi/Leone
Hwang ve ark. (145)	320 (4 grup)	64	5	2	½ Üst çene	SS/Tomy	SS/Tomy	SS/Ormco SS/Dentaaurum Copper NiTi/ Ormco Bioforce/Tomy
Huang ve ark. (6)	4	-	-	-	4	-	-	NiTi /Ormco, RMO, KH, SY
Eliades ve ark. (141)	2	-	20	0	10	SS/Dentaaurum	-	NiTi/Ormco
Gürsoy ve ark. (142)	60 (4 grup)	15	5	1	½ Üst çene (+5 SS ligatür)	SS/GAC: (a) yeni, (b) yeni, (c) eski, (d) eski	SS/GAC: (a) yeni, (b) eski, (c) yeni, (d) eski	NiTi/GAC
Baydaş ve ark. (148)	12 (4 grup)	-	1	1	¼ Üst çene (+2 SS ligatür)	SS/ Omniarch	SS/ Omniarch	NiTi, SS, Çok sarımlı SS, TMA/ GAC
Darabara ve ark. (143)	6	-	-	-	1	SS/Equilibrium, Gemini, Micro Loc, OptiMESH, Dentaaurum Ti/Orthos2, Rematitan	-	NiTi/Ormco
Luft ve ark. (1)	9	-	10	-	-	SS/Damon 2, Damon 3, Dentaaurum Discovery, Innovation, Opal, Speed, Smartclip, Time, Ultratium	-	-
Haddad ve ark. (4)	28 (7 grup)	3	20	-	-	SS/Kirium Line Abzil, AO Mini Master Series, Discovery Dentaaurum, Full Size Unitek, Morelli M.B.T., NuEdge TP, Victory Unitek	-	-
Kuhta ve ark. (146)	18 (3 tip ark teli)	-	5	1	½ Üst çene	SS/Dentaaurum	SS/Dentaaurum	Dentaaurum: (a) NiTi, (b) NiTi/Thermo, (c) SS
Mikulewicz ve ark. (27)	30	30	20	4	2	3M Unitek Gemini APC 2	SS/3M Unitek	SS/ American Orthodontics

Tablo 2.6. Ortodontide iyon salınımı ile ilgili gerçekleştirilen in-vitro çalışmalara ait elementlerin iyon konsantrasyon verileri (Birim: µg/l cinsinden).

Yazar	Ni	Cr	Fe	Ti	Cu	Pd	Ag	Mn	Al	Co	Zn
Park ve Shearer (31)	31,250±5,500	28,000±4,500								,	
Grimsdottir ve ark. (2)	200-900 (3M)* 200-400 (D)	800-2400 (3M)* -									
Barrett ve ark. (3)	702-8,408	16.4-126.9									
Kerosuo ve ark. (5)	10,260-26,580	1500-2700									
Staffolani ve ark. (49)	3270-5130	1320-1600			590-3200	74-159	80-162				
Hwang ve ark. (145)	13-35*	4-22*	770*	< 0,3	7,5						
Huang ve ark. (6)	4-12 µg/cm ² (RMO pH 3,75)* 1,8-4 µg/cm ² (RMO pH 5) 1,3-3 µg/cm ² (RMO pH 6,25)										
Eliades ve ark. (141)	11,000±900 (DD)*	1,000 (DD)*									
Gürsoy ve ark. (142)	10-20	4-7,5	64,3-140	2-4	10-31			2-2,5			
Baydaş ve ark. (148)	0,75-5,03-4,24 (pH 7) 11,5-34,06-40,17 (pH 5,5) 19,5-45,09-47,73 (pH 4)	0-0,39-0,3 (pH 7) 0-0-1,26 (pH 5,5) 0-0,02-3,32 (pH 4)								0 (pH 7) 0,55-1,76-2,68 (pH 5,5) 1-2,83-3,27 (pH 4)	
Darabara ve ark. (143)	44.7 (3M)*	6.48 (3M)*									
Luft ve ark. (1)	5,24 (DD)										
Haddad ve ark. (4)	10,39 (AO pH 6,7)* 1731 (AO pH 2,3) 13.07 (3M pH 6,7) 6999 (3M pH 2,3)	5.73 (AO pH 6,7)* 3590 (AO pH 2,3) 2.27 (3M pH 6,7) 13,727 (3M pH 2,3)									
Kuhta ve ark. (146)	10-50 (pH 6,75)* 800-900 (pH 3,5)	11-15 (pH 6,75)* 550-600 (pH 3,5)	40-90 (pH 6,75)* 3000-4000 (pH 3,5)	0,09-0,3 (pH 6,75)* 0,5-1 (pH 3,5)	100-180 (pH 6,75)* 2500-5000 (pH 3,5)						5-7 (pH 6,75)* 150-200 (pH 3,5)
Mikulewicz ve ark. (27)	573	101	2,382	3,94	121			68	559	4	91

* Çalışmamızda incelenen üreticilere ait veriler gösterilmektedir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma Abant İzzet Baysal Üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2017.06.03.1182 proje numarasıyla desteklenmektedir.

3.1. Araştırmada Kullanılan Braket ve Teller

Bu çalışmada, 5 farklı ortodontik malzeme üreticisinden temin edilmiş her bir firmadan 18 adet .022" slot MBT reçeteli kapaksız paslanmaz çelik braket setleri ve ortodontik tedavinin seyri sırasında sırasıyla kullanılan 7 farklı boyutta üretilmiş .012", .014", .016", .018" veya (.020"), .014"x.025" veya (.016"x.022"), .017"x.025", .019"x.025" üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri farklı pH değerlerinde iyon salınım miktarlarının değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Braket ve tellerin temin edildiği firmalar; American Orthodontics™ (Sheboygan, WI, ABD), Dentaaurum™ (Ispringen, Baden-Württemberg, Almanya), 3M Unitek™ (Monrovia, CA, ABD), Opal Orthodontics by Ultradent Products™ (South Jordan, ABD) ve Rocky Mountain™ (Denver, CO, ABD)'dir.

3.2. Araştırmada Kullanılan Test Solüsyonu

İmmersiyon test elektroliti olarak modifiye Fusuyama suni salyası kullanılmıştır (Tablo 3.1). Suni salya içeriği, Kwon ve ark. (149) ve Wang ve ark.'nın (150) yaptıkları çalışmalardan örnek alınarak İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Araştırma Merkezi Kimya bölümünde hazırlanmıştır.

Tablo 3.1. Yapay tükürük kompozisyonu.

Kompozisyon	Konsantrasyon (mg/l)
NaCl	0,4
KCl	0,4
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,795
Na H ₂ PO ₄ .H ₂ O	0,69
KSCN	0,3
Na ₂ S.9H ₂ O	0,05
CO (NH ₂) ₂ (üre)	1,0
Distile Su	1.000 ml

3.3. Farklı pH Değerlerine Sahip Yapay Tükürüğün Hazırlanması

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Araştırma Merkezi Kimya bölümünde, yapay tükürüğün pH değeri öncelikle ağız pH değerine yakın olarak 6,7'ye ayarlanmıştır. Ortodontik tedavi gören gençlerin beslenme düzeninin bir parçası olan karbonhidrattan zengin besin ve şekerli içecek tüketiminden sonra Stephan (10) ve Stephan ve Miller (9)'a ait "Ağız pH Değişim Eğrisi" değerleriyle uyumlu olacak şekilde laktik asitle ya da sodyum hidroksitle önce pH 5,5'e sonra pH 4'e düşürülerek 3 farklı pH değeri elde edilmiştir. 3 farklı pH değerindeki yapay tükürük, numunelerin hazırlanacağı zamana kadar +4⁰C'de muhafaza edilmiştir.

3.4. Numunelerin Hazırlanması

Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezinde, farklı üreticilere ait braket ve teller, 100 ml yapay tükürük içeren 250 ml cam laboratuvar şişelerine toplamda 180 adet numune olacak şekilde yerleştirilmiştir. Aynı firmaya ait braketlerden pH 6,7'de (6 adet), pH 5,5'te (6 adet) ve pH 4'te (6 adet), bekletilecek şekilde 18 örnek hazırlanmıştır. Her bir firmadan aynı pH değerinde 6 adet numune hazırlanmasının amacı ölçüm hatalarını elimine etmektir. Aynı şekilde aynı firmaya ait tellerden her bir numunede (bir numune içinde 7 adet tel bulunacaktır) ortodontik tedavinin seyri sırasında sırasıyla kullanılan .012", .014", .016", .018" veya (.020"), .014"x.025" veya (.016"x.022"), .017"x.025", .019"x.025" üst çene ovoid form Ni-Ti ark tellerinden pH 6,7'de (6 adet), pH 5,5 (6 adet) ve pH 4'te (6 adet) bekletilecek şekilde 18 örnek hazırlanmıştır. Bazı firmalarda .018" veya .014"x.025" boyutlarında Ni-Ti ark teli üretimi olmaması nedeniyle yerlerine .020" veya .016"x.022" boyutlarındaki Ni-Ti ark telleri kullanılmıştır.

Tüm ark telleri aynı kesici ile 5 cm uzunluğunda 3 parça şeklinde kesilmiştir. Her firma için hazırlanan 3 farklı pH değerinde toplamda 18 örneğin her birinden iyon salınım değerleri alınarak her bir pH değeri için paslanmaz çelik braketlerden ve üst çene ovoid form Ni-Ti ark tellerinden ortalama bir iyon salınım değeri elde edilmiştir.

İçerisinde yalnızca pH 6,7, pH 5,5 ve pH 4 değerinde yapay tükürük bulunan 3 numune kontrol grubu olarak, metalik kontaminasyona izin verilmeden aynı koşullarda tutulmuştur.

Çalışmamızda yer alan ticari firmalara ve farklı pH değerlerine ait gruplar Tablo 3.2'deki gibi oluşturulmuştur;

Tablo 3.2. Çalışmamızda yer alan ticari firmalara ve farklı pH değerlerine ait oluşturulan gruplar (n:numune adeti).

Materyal	Ticari isim	pH:6.7 (n)	pH:5.5 (n)	pH:4 (n)
022" Slot MBT Kapaksız Metal Braket Seti	American Orthodontics Master Series	6	6	6
	3M Unitek Gemini	6	6	6
	Rocky Mountain Orthodontics Fli Twin	6	6	6
	Ultradent Avex	6	6	6
	Dentaurum Discovery Smart Series	6	6	6
.012"	American Orthodontics	6	6	6
.014"	3M Unitek	6	6	6
.016"				
.018" veya (.020")	Rocky Mountain Orthodontics Orthonol	6	6	6
.014"x.025" veya (.016"x.022")				
.017"x.025"	Ultradent Via	6	6	6
.019"x.025"				
Üst Çene Ovoid Form Ni-Ti Ark Telleri	Dentaurum Rematitan	6	6	6

3.4. Örneklerin Analiz İçin Hazırlanması

Numuneler, analiz için örneklerin alınma zamanına kadar 37⁰C'de kapalı ortamda bekletilmiştir (Resim 3.1). 1 ve 42 günlük (6 hafta) immersiye sürelerinden sonra farklı asiditeler içerisindeki iyon salınım miktarını ölçmek amacıyla örnekler alınmıştır. Örnekler, analiz edileceği zamana kadar +4⁰C'de muhafaza edilmiştir. Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan ICP-MS (Thermo Scientific, X Series 2, ABD) cihazı kullanılarak (Bkz. EK-1) Ni, Ti, Cr, Fe, Cd, Cu, Zn, Co, Mn, Al, V, As, Se, Sr, Mo, Sb, Hg, Rb, Tl ve Pb elementlerinin yapay tükürük içerisindeki iyon konsantrasyon düzeyleri analiz edilmiştir.



Resim 3.1. Numunelerin 37⁰C’de kapalı ortamda bekletildiği inkübatör.

3.1. ICP-MS Analizinin Uygulanması

“İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP)” ve “Kütle Spektrometri (MS)” olmak üzere iki ünitenin bileşiminden oluşmuştur (Resim 3.2). Örneklerin yüksek sıcaklıktaki bir plazmaya, genellikle argon, gönderilerek moleküler bağların kırıldığı ve atomların iyonlaştırıldığı bir analitik tekniktir, Örnek, genel olarak bir solüsyon halinde örnek giriş sistemi aracılığıyla nebulizöre ve spreycamına sunulur. Burada yüksek hızlı argon akışı sayesinde örnek solüsyonu sisleştirilir. Sadece çok küçük damlacıklar argon plazmasına taşınır, diğerleri doğrudan atığa gider. 6000 Kelvin sıcaklığında plazma örneği buharlaştırılır ve ICP ünitesinde iyonize edilir. İyon akışı, atmosferik basınçtan örnekleyici (*sampler*) ve süzücü (*skimmer*) konları aracılığıyla yüksek vakumlu bir ortama gider. Sonra iyon akımı iyon lensleri aracılığıyla quadrapola odaklanarak kütle filtresine yönlendirilir. İyonlar MS ünitesinde kütle yük oranına göre ayrılırlar ve detektör tarafından ölçülürler.

Aynı örnek için ard arda ölçülen üç değer alınır ve kontrol programı bu değerlerin ortalamasını ve standart sapmasını hesaplar. Yapılan hesaplamalar kalibrasyon standartlarına göre dönüştürülür ve örneklerin başlangıç

konsantrasyonuna göre bulunur. İki hesaplanmış ortalamaların ağırlıklı ortalamaları ve bu ağırlıklı ortalamaların hataları hesap edilir.



Resim 3.2. ICP-MS cihazı (Thermo Scientific, X Series 2, ABD). www.dubit.duzce.edu.tr (151) adresinden alınmıştır.

3.2. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullanılan istatistiksel analizler, Biyoistatistik Uzmanı Dr. Arzu BAYGÜL tarafından istatistiksel anlamlılık düzeyi 0,05 olarak belirlenerek, MedCalc Statistical Software version 12.7.7 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium; <http://www.medcalc.org>; 2013) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sürekli değişkenleri tanımlamak için deskriptif istatistikler (ortalama, standart sapma, minimum, medyan, maksimum) kullanılmıştır. Bağımsız ve normal dağılan iki sürekli değişkenin karşılaştırması Student *t* testi ile, bağımsız ve normal dağılıma uygunluk göstermeyen iki değişkenin karşılaştırması Mann-Whitney U testi ile yapılmıştır. Normal dağılıma uymayan ikiden fazla gruba ait sürekli değişkenlerin karşılaştırması Kruskal Wallis testi ile yapılmıştır. Kruskal Wallis sonrası Post-Hoc değerlendirmesi için Bonferroni düzeltilmeli Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Bağımlı ve normal dağılıma uygun olan iki sürekli değişken arasındaki ilişki için Paired Samples *t* test, bağımlı ve normal dağılıma uygun olmayan iki sürekli değişken arasındaki ilişki için Wilcoxon Signed Rank test yapılmıştır.

4. BULGULAR

Araştırmamızda 5 farklı ortodonti üreticisinden temin edilmiş paslanmaz çelik braket setlerinin ve ortodontik tedavinin seyri sırasında kullanılan 7 farklı boyutta üretilmiş üst çene ovoid form Ni-Ti ark tellerinin farklı sürelerde ve pH değerlerindeki iyon salınımının in-vitro olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmamızın kapsamını geniş tutabilmek ve elde edilen sonuçları daha net değerlendirebilmek amacıyla 21 adet elementin salınım düzeylerine bakılmıştır. Alerjik, mutajenik ve sitotoksik özellikte gösterebilen ağır metallerin iyon salınım oranlarına özellikle dikkat edilmiştir.

İyon salınım verilerinin ortalama ve standart sapma sonuçları Tablo 4.1-4.10'da gösterilmiştir. Belirtilen veriler deney numunelerinden kontrol numunelerinin düşülmesi ile elde edilmiştir.

Tablo 4.1. Çalışmamızda incelenen elementlerin American Orthodontics Master Series markasına ait braketleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH: 6,7		pH: 5,5		pH: 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Al	1,492 (0,504) 1,408 (1-2,27)	1,525 (0,518) 1,436 (1,024-2,328)	3,2082 (1,353) 2,673 (1,84-5,50)	3,20822 (1,353) 2,673 (1,837-5,499)	4,173 (3,068) 3,404 (1,43-10,01)	4,1737 (3,068) 3,404 (1,426-10,009)
V	3,722 (0,242) 3,793 (326-3,93)	3,800 (0,238) 3,869 (3,350-4,011)	4,6874 (0,179) 4,666 (4,47-4,89)	4,6873 (0,179) 4,666 (4,471-4,891)	5,7597 (0,430) 5,721 (5,340-6,57)	5,75972 (0,430) 5,721 (5,340-6,57)
Cr	6,891 (5,983) 4,538 (1,67-14,37)	7,031 (6,101) 4,628 (1,72-14,65)	5,856 (3,654) 4,971 (1,51-11,57)	5,856 (3,654) 4,971 (1,51-11,57)	11,005 (16,640) 4,694 (1,75-44,64)	11,005 (16,640) 4,694 (1,75-44,64)
Mn	2,010 (0,616) 1,913 (1,35-2,70)	2,052 (0,626) 1,951 (1,380-2,750)	2,6972 (3,356) 1,3738 (1,13-9,55)	2,6971 (3,356) 1,37383 (1,134-9,545)	4,4258 (0,870) 4,671 (2,89-5,23)	4,42583 (0,870) 4,671 (2,885-5,228)
Fe	102,564 (37,983) 103,346 (55,88-143,17)	104,693 (38,657) 105,413 (57-146,03)	165,684 (26,602) 162,416 (126,03-206,4)	165,684 (26,602) 162,416 (126,03-206,4)	124,144 (46,177) 105,866 (94,23-217)	124,144 (46,177) 105,866 (94,23-217)
Co	0,316 (0,045) 0,317 (0,27-0,37)	0,322 (0,045) 0,323 (0,28-0,38)	0,912 (0,325) 0,813 (0,56-1,49)	0,912 (0,325) 0,813 (0,56-1,49)	2,486 (0,299) 2,455 (2,07-3,01)	2,486 (0,299) 2,455 (2,07-3,01)
Ni	17,474 (5,250) 18,246 (11,74-22,99)	17,840 (5,345) 18,660 (11,97-23,45)	142,517 (166,771) 91,058 (17,52-462,40)	142,517 (166,771) 91,058 (17,52-462,40)	418,288 (153,396) 425,966 (223,47-620,53)	418,288 (153,396) 425,966 (223,47-620,53)
Cu	6,152 (1,117) 6,469 (4,72-77)	6,280 (1,131) 6,598 (4,85-7,85)	15,472 (7,219) 14,275 (9,39-29,24)	15,472 (7,219) 14,275 (9,39-29,24)	15,496 (2,462) 14,658 (13,17-19,96)	15,496 (2,462) 14,658 (13,17-19,96)
Zn	5,022 (1,846) 5,209 (2,24-7,06)	5,131 (1,894) 5,313 (2,28-7,25)	3,145 (2,324) 2,360 (1,13-6,91)	3,145 (2,324) 2,360 (1,13-6,91)	3,316 (2,285) 2,59 (1,36-7,55)	3,316 (2,285) 2,59 (1,36-7,55)
As	0,178 (0,065) 0,206 (0,10-0,24)	0,184 (0,064) 0,210 (0,10-0,25)	0,144 (0,071) 0,137 (0,06-0,25)	0,144 (0,071) 0,137 (0,06-0,25)	0,621 (0,472) 0,371 (0,33-1,52)	0,621 (0,472) 0,371 (0,33-1,52)
Se	0,092 (0,034) 0,077 (0,06-0,15)	0,094 (0,035) 0,078 (0,06-0,16)	0,120 (0,036) 0,115 (0,08-0,18)	0,120 (0,036) 0,115 (0,08-0,18)	0,072 (0,039) 0,008 (0,01-0,12)	0,072 (0,039) 0,008 (0,01-0,12)
Sr	56,538 (1,812) 56,862 (53,3-58,87)	57,728 (1,722) 58 (54,72-60,05)	87,808 (3,771) 88,226 (81,95-92,55)	87,808 (3,771) 88,226 (81,95-92,55)	97,981 (4,509) 96,8 (93,08-105,83)	97,981 (4,509) 96,8 (93,08-105,83)
Mo	1,966 (0,347) 1,874 (1,53-2,40)	2,007 (0,351) 1,912 (1,58-2,44)	2,729 (0,498) 2,862 (1,98-3,3)	2,729 (0,498) 2,862 (1,98-3,3)	8,598 (0,469) 8,528 (8,16-9,32)	8,598 (0,469) 8,528 (8,16-9,32)
Cd	0,00342 (0,0009) 0,0035 (0,001-0,004)	0,00349 (0,0009) 0,0036 (0,0017-0,0045)	1,132 (2,665) 0,055 (0,001-6,572)	1,132 (2,665) 0,055 (0,001-6,572)	0,038 (0,03) 0,034 (0,005-0,086)	0,038 (0,03) 0,034 (0,005-0,086)
Sn	1,821 (0,332) 1,759 (1,402-2,421)	1,860 (0,339) 1,795 (1,430-2,470)	1,644 (0,884) 1,179 (0,942-3,186)	1,644 (0,884) 1,179 (0,942-3,186)	1,049 (0,168) 1,131 (0,762-1,179)	1,049 (0,168) 1,131 (0,762-1,179)

Tablo 4.1. (Devamı) Çalışmamızda incelenen elementlerin American Orthodontics Master Series markasına ait braketleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH: 6,7		pH: 5,5		pH: 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Sb	0,2339 (0,047) 0,225 (0,191-0,321)	0,2338 (0,048) 0,229 (0,195-0,328)	2,269 (5,514) 0,014 (0,002-13,526)	2,269 (5,514) 0,014 (0,002-13,526)	0,842 (0,252) 0,797 (0,555-1,186)	0,842 (0,252) 0,797 (0,555-1,186)
Hg	0,159 (0,072) 0,157 (0,727-0,289)	0,162 (0,073) 0,160 (0,074-0,295)	0,009 (0,006) 0,008 (0,002-0,019)	0,009 (0,006) 0,008 (0,002-0,019)	0,006 (0,003) 0,004 (0,003-0,011)	0,006 (0,003) 0,004 (0,003-0,011)
Rb	0,0037 (0,0009) 0,0039 (0,0018-0,0048)	0,0039 (0,001) 0,0041 (0,002-0,005)	0,349 (0,244) 0,262 (0,195-0,841)	0,363 (0,254) 0,273 (0,203-0,874)	0,667 (0,339) 0,530 (0,439-1,339)	0,694 (0,352) 0,551 (0,456-1,393)
Ti	0,280 (0,057) 0,270 (0,229-0,386)	0,298 (0,603) 0,286 (0,243-0,409)	0,115 (0,190) 0,317 (0,005-0,498)	0,119 (0,198) 0,033 (0,005-0,518)	12,269 (22,103) 0,596 (0,0627-55,324)	12,760 (22,987) 0,620 (0,065-57,536)
Tl	0,0040 (0,001) 0,0042 (0,002-0,0052)	0,0043 (0,001) 0,0045 (0,002-0,0055)	0,377 (0,264) 0,283 (0,211-0,908)	0,392 (0,274) 0,295 (0,219-0,944)	0,721 (0,366) 0,572 (0,474-1,447)	0,750 (0,493) 0,595 (0,493-1,505)
Pb	0,112 (0,062) 0,098 (0,040-0,203)	0,115 (0,064) 0,100 (0,04-0,207)	0,101 (0,083) 0,093 (0,004-0,230)	0,101 (0,083) 0,093 (0,004-0,230)	0,341 (0,083) 0,093 (0,004-0,230)	0,344 (0,083) 0,093 (0,004-0,230)

Tablo 4.2. Çalışmamızda incelenen elementlerin American Orthodontics markasına ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH: 6,7		pH: 5,5		pH: 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Al	8,7247 (1,717) 8,696 (6,66-11,02)	8,72472 (1,717) 8,696 (6,656-11,016)	5,486 (2,283) 5,381 (2,88-8,46)	5,486 (2,283) 5,3813 (2,884-8,46)	3,3467 (0,956) 3,429 (2,33-4,9)	3,34672 (0,956) 3,429 (2,325-4,903)
V	3,4974 (0,134) 3,475 (3,36-3,73)	3,49744 (0,134) 3,475 (3,362-3,734)	2,92 (1,123) 3,371 (0,63-3,41)	2,92 (1,123) 3,371 (0,627-3,413)	3,9119 (0,323) 4,018 (3,27-4,15)	3,91194 (0,323) 4,018 (3,27-4,152)
Cr	1,7508 (0,770) 1,759 (0,78-2,66)	1,7508 (0,770) 1,759 (0,78-2,66)	1,7159 (1,298) 1,593 (0,25-3,71)	1,7159 (1,298) 1,593 (0,25-3,71)	2,869 (3,123) 1,894 (0,49-8,87)	2,869 (3,123) 1,894 (0,49-8,87)
Mn	3,5203 (6,110) 1,127 (0,83-15,99)	3,52033 (6,110) 1,127 (0,830-15,99)	0,5074 (0,284) 0,486 (0,033-0,86)	0,50738 (0,284) 0,486 (0,033-0,864)	1,3362 (0,246) 1,338 (1,05-1,77)	1,3362 (0,246) 1,338 (1,049-1,767)
Fe	135,558 (5,322) 134,925 (128,86-142,06)	135,558 (5,322) 134,925 (128,86-142,06)	223,461 (369,035) 80,985 (54,16-976,17)	223,461 (369,035) 80,985 (54,16-976,17)	77,710 (16,168) 77,143 (54,32-98,93)	77,710 (16,168) 77,143 (54,32-98,93)
Co	0,141 (0,009) 0,0128 (0,01-0,03)	0,141 (0,009) 0,0128 (0,01-0,03)	0,145 (0,034) 0,142 (0,11-0,21)	0,145 (0,034) 0,142 (0,11-0,21)	0,269 (0,036) 0,279 (0,21-0,31)	0,269 (0,036) 0,279 (0,21-0,31)
Ni	15,042 (4,226) 13,97 (11,28-22,24)	15,042 (4,226) 13,97 (11,28-22,24)	30,735 (6,458) 28,046 (24,67-42,31)	30,735 (6,458) 28,046 (24,67-42,31)	30,977 (7,954) 29,796 (23,6-40,51)	30,977 (7,954) 29,796 (23,6-40,51)
Cu	0,485 (0,279) 0,49 (0,03-0,83)	0,485 (0,279) 0,49 (0,03-0,83)	1,273 (1,253) 0,813 (0,04-3,22)	1,273 (1,253) 0,813 (0,04-3,22)	0,428 (0,214) 0,344 (0,28-0,84)	0,428 (0,214) 0,344 (0,28-0,84)
Zn	5,111 (4,455) 3,798 (1,43-13,20)	5,111 (4,455) 3,798 (1,43-13,20)	4,965 (3,833) 4,242 (0,81-11,67)	4,965 (3,833) 4,242 (0,81-11,67)	4,514 (3,293) 3,030 (2,07-10,51)	4,514 (3,293) 3,030 (2,07-10,51)
As	0,626 (0,252) 0,597 (0,28-0,97)	0,626 (0,252) 0,597 (0,28-0,97)	0,13 (0,029) 0,139 (0,08-0,16)	0,13 (0,029) 0,139 (0,08-0,16)	0,694 (0,692) 0,396 (0,26-2,09)	0,694 (0,692) 0,396 (0,26-2,09)
Se	0,085 (0,055) 0,084 (0,02-0,16)	0,085 (0,055) 0,084 (0,02-0,16)	0,335 (0,055) 0,331 (0,25-0,40)	0,335 (0,055) 0,331 (0,25-0,40)	0,228 (0,396) 0,074 (0,02-1,03)	0,228 (0,396) 0,074 (0,02-1,03)
Sr	64,876 (6,584) 62,21 (58,74-76,46)	64,876 (6,584) 62,21 (58,74-76,46)	62,617 (4,870) 64,023 (52,96-66,54)	62,617 (4,870) 64,023 (52,96-66,54)	78,360 (1,608) 78,571 (75,44-80,07)	78,360 (1,608) 78,571 (75,44-80,07)
Mo	7,001 (15,979) 0,487 (0,44-39,62)	7,001 (15,979) 0,487 (0,44-39,62)	21,111 (48,650) 1,135 (0,42-120,4)	21,111 (48,650) 1,135 (0,42-120,4)	13,047 (25,853) 0,616 (0,51-65,14)	13,047 (25,853) 0,616 (0,51-65,14)
Cd	0,0162 (0,022) 0,004 (0,003-0,059)	0,0162 (0,022) 0,004 (0,003-0,059)	0,089 (0,074) 0,078 (0,018-0,201)	0,089 (0,074) 0,078 (0,018-0,201)	0,0179 (0,029) 0,006 (0,002-0,077)	0,0179 (0,029) 0,006 (0,002-0,077)
Sn	5,841 (3,304) 4,813 (3,032-11,950)	5,841 (3,304) 4,813 (3,032-11,950)	1,933 (0,798) 1,986 (0,815-2,936)	1,933 (0,798) 1,986 (0,815-2,936)	1,008 (0,187) 1,085 (0,772-1,169)	1,008 (0,187) 1,085 (0,772-1,169)

Tablo 4.2. (Devamı) Çalışmamızda incelenen elementlerin American Orthodontics markasına ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH: 6,7		pH: 5,5		pH: 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Sb	2,294 (4,197)	2,294 (4,197)	3,900 (8,981)	3,900 (8,981)	3,920 (6,352)	3,920 (6,352)
	0,626 (0,416-10,856)	0,626 (0,416-10,856)	0,243 (0,030-22,23)	0,243 (0,030-22,23)	0,422 (0,288-16,063)	0,422 (0,288-16,063)
Hg	0,0158 (0,028)	0,0158 (0,028)	0,0532 (0,077)	0,0532 (0,077)	0,004 (0,002)	0,004 (0,002)
	0,004 (0,003-0,074)	0,004 (0,003-0,074)	0,004 (0,003-0,178)	0,004 (0,003-0,178)	0,004 (0,002-0,009)	0,004 (0,002-0,009)
Rb	2,0739 (4,963)	2,156 (5,161)	0,259 (0,083)	0,270 (0,086)	0,616 (0,014)	0,641 (0,015)
	0,0243 (0,0141-12,204)	0,0252 (0,0146-12,698)	0,259 (0,144-0,390)	0,270 (0,150-0,406)	0,618 (0,594-0,636)	0,643 (0,618-0,661)
Ti	1,585 (3,635)	1,648 (3,780)	1,545 (3,722)	1,607 (3,871)	0,073 (0,074)	0,076 (0,077)
	0,0995 (0,044-9,004)	0,103 (0,045-9,364)	0,09 (0,011-9,144)	0,030 (0,011-9,510)	0,054 (0,004-0,206)	0,056 (0,005-0,215)
Tl	2,239 (5,360)	2,329 (5,574)	0,280 (0,090)	0,291 (0,093)	0,666 (0,015)	0,692 (0,016)
	0,026 (0,015-13,180)	0,027 (0,015-13,707)	0,280 (0,155-0,421)	0,291 (0,162-0,438)	0,668 (0,642-0,686)	0,694 (0,667-0,714)
Pb	3,538 (6,929)	3,538 (6,929)	0,324 (0,154)	0,324 (0,154)	0,065 (0,049)	0,065 (0,049)
	0,088 (0,062-17,403)	0,088 (0,062-17,403)	0,362 (0,111-0,501)	0,362 (0,111-0,501)	0,058 (0,016-0,134)	0,058 (0,016-0,134)

Tablo 4.3. Çalışmamızda incelenen elementlerin 3M Unitek Gemini markasına ait braketleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Al	14,2359 (5,484) 15,996 (6,94-21,36)	14,2358 (5,484) 15,996 (6,94-21,36)	7,1619 (4,546) 6,222 (3,01-15,13)	7,16194 (4,546) 6,222 (3,01-15,133)	3,1672 (1,190) 2,842 (1,96-5,11)	3,16716 (1,190) 2,812 (1,96-5,105)
V	7,251 (0,243) 7,308 (6,91-7,5)	7,251 (0,243) 7,308 (6,911-7,501)	7,4812 (0,195) 7,421 (7,26-7,78)	7,48122 (0,195) 7,421 (7,257-7,779)	7,441 (0,206) 7,377 (7,21-7,72)	7,441 (0,206) 7,377 (7,21-7,72)
Cr	4,969 (2,959) 4,232 (2,46-10,49)	4,969 (2,959) 4,232 (2,46-10,49)	4,027 (1,536) 4,184 (1,3-5,93)	4,027 (1,536) 4,184 (1,3-5,93)	3,611 (2,504) 3,022 (1,29-7,32)	3,611 (2,504) 3,022 (1,29-7,32)
Mn	1,5688 (0,186) 1,602 (1,25-1,75)	1,5687 (0,186) 1,602 (1,245-1,75)	1,680 (0,328) 1,654 (1,21-2,21)	1,6801 (0,328) 1,654 (1,21-2,21)	4,139 (1,310) 3,9752 (2,8-6,46)	4,139 (1,310) 3,97516 (2,8-6,46)
Fe	131,057 (19,641) 136,15 (99,58-157,43)	131,057 (19,641) 136,15 (99,58-157,43)	122,061 (8,096) 122,316 (113,53-132,97)	122,061 (8,096) 122,316 (113,53-132,97)	116,877 (5,924) 115,95 (109,93-126,90)	116,877 (5,924) 115,95 (109,93-126,90)
Co	0,345 (0,412) 0,346 (0,30-0,41)	0,345 (0,412) 0,346 (0,30-0,41)	0,788 (0,035) 0,794 (0,73-0,83)	0,788 (0,035) 0,794 (0,73-0,83)	1,020 (0,058) 1,010 (0,96-1,1)	1,020 (0,058) 1,010 (0,96-1,1)
Ni	19,442 (7,172) 16,23 (14,37-32,64)	19,442 (7,172) 16,23 (14,37-32,64)	28,247 (14,941) 22,683 (19,04-58,01)	28,247 (14,941) 22,683 (19,04-58,01)	23,398 (3,829) 22,705 (20,11-30,40)	23,398 (3,829) 22,705 (20,11-30,40)
Cu	1,808 (0,538) 1,809 (0,94-2,56)	1,808 (0,538) 1,809 (0,94-2,56)	2,138 (0,803) 1,889 (1,49-3,57)	2,138 (0,803) 1,889 (1,49-3,57)	6,852 (7,086) 4,172 (2,43-21,11)	6,852 (7,086) 4,172 (2,43-21,11)
Zn	1,864 (0,266) 1,931 (1,49-2,13)	1,864 (0,266) 1,931 (1,49-2,13)	2,845 (1,833) 2,106 (1,38-6,11)	2,845 (1,833) 2,106 (1,38-6,11)	4,248 (2,741) 3,155 (1,90-8,55)	4,248 (2,741) 3,155 (1,90-8,55)
As	0,584 (0,275) 0,537 (0,21-0,99)	0,584 (0,275) 0,537 (0,21-0,99)	0,400 (0,317) 0,248 (0,14-0,81)	0,400 (0,317) 0,248 (0,14-0,81)	0,644 (0,333) 0,684 (0,17-0,99)	0,644 (0,333) 0,684 (0,17-0,99)
Se	0,085 (0,043) 0,082 (0,01-0,13)	0,085 (0,043) 0,082 (0,01-0,13)	0,697 (0,062) 0,703 (0,63-0,78)	0,697 (0,062) 0,703 (0,63-0,78)	0,076 (0,045) 0,058 (0,04-0,14)	0,076 (0,045) 0,058 (0,04-0,14)
Sr	88,218 (1,957) 88,448 (85,65-90,90)	88,218 (1,957) 88,448 (85,65-90,90)	101,403 (1,387) 101,673 (98,96-103,13)	101,403 (1,387) 101,673 (98,96-103,13)	108,583 (1,328) 108,4 (107,27-111,03)	108,583 (1,328) 108,4 (107,27-111,03)
Mo	0,773 (0,065) 0,769 (0,68-0,86)	0,773 (0,065) 0,769 (0,68-0,86)	21,398 (48,397) 0,914 (0,75-120,13)	21,398 (48,397) 0,914 (0,75-120,13)	1,507 (1,511) 0,856 (0,67-4,55)	1,507 (1,511) 0,856 (0,67-4,55)
Cd	0,0161 (0,0173) 0,012 (0,002-0,503)	0,0161 (0,0173) 0,012 (0,002-0,503)	0,0718 (0,057) 0,057 (0,0156-0,164)	0,0718 (0,057) 0,057 (0,0156-0,164)	0,0832 (0,063) 0,061 (0,015-0,174)	0,0832 (0,063) 0,061 (0,015-0,174)
Sn	1,437 (0,604) 1,563 (0,659-2,189)	1,437 (0,604) 1,563 (0,659-2,189)	0,841 (0,368) 0,697 (0,524-1,539)	0,841 (0,368) 0,697 (0,524-1,539)	0,931 (0,245) 0,835 (0,42-1,414)	0,931 (0,245) 0,835 (0,42-1,414)

Tablo 4.3. (Devamı) Çalışmamızda incelenen elementlerin 3M Unitek Gemini markasına ait braketleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Sb	0,637 (0,084)	0,637 (0,084)	4,254 (8,803)	4,254 (8,803)	0,727 (0,090)	0,727 (0,090)
	0,621 (0,0563-0,795)	0,621 (0,0563-0,795)	0,682 (0,565-22,223)	0,682 (0,565-22,223)	0,752 (0,552-0,794)	0,752 (0,552-0,794)
Hg	0,064 (0,137)	0,064 (0,137)	0,011 (0,018)	0,011 (0,018)	0,008 (0,003)	0,008 (0,003)
	0,008 (0,002-0,344)	0,008 (0,002-0,344)	0,004 (0,001-0,005)	0,004 (0,001-0,005)	0,007 (0,005-0,014)	0,007 (0,005-0,014)
Rb	0,079 (0,185)	0,083 (0,193)	0,096 (0,047)	0,100 (0,049)	1,265 (1,870)	1,316 (1,945)
	0,004 (0,001-0,458)	0,004 (0,001-0,476)	0,091 (0,0211-0,149)	0,095 (0,021-0,155)	0,566 (0,376-5,078)	0,588 (0,391-5,281)
Ti	1,758 (3,528)	1,828 (3,669)	0,240 (0,056)	0,250 (0,058)	0,711 (1,179)	0,740 (1,226)
	0,297 (0,131-8,955)	0,309 (0,136-9,313)	0,253 (0,152-0,291)	0,263 (0,158-0,302)	0,263 (0,109-3,116)	0,273 (1,114-3,240)
Tl	0,086 (0,200)	0,089 (0,208)	0,104 (0,051)	0,108 (0,053)	0,483 (0,182)	0,503 (0,189)
	0,004 (0,002-0,495)	0,004 (0,002-0,515)	0,098 (0,022-0,161)	0,102 (0,023-0,167)	0,501 (0,186-0,668)	0,521 (0,194-0,694)
Pb	0,076 (0,040)	0,076 (0,040)	0,239 (0,223)	0,239 (0,223)	0,354 (0,554)	0,354 (0,554)
	0,079 (0,029-0,135)	0,079 (0,029-0,135)	0,173 (0,0140-0,544)	0,173 (0,0140-0,544)	0,042 (0,002-1,367)	0,042 (0,002-1,367)

Tablo 4.4. Çalışmamızda incelenen elementlerin 3M markasına ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Al	16,833 (6,968) 15,967 (9,57-29,74)	16,833 (6,968) 15,966 (9,566-29,736)	6,144 (0,927) 6,373 (4,57-7,10)	6,144 (0,927) 6,373 (4,571-7,102)	2,468 (1,263) 2,163 (1,32-4,79)	2,468 (1,263) 2,163 (1,318-4,792)
V	4,117 (0,128) 4,169 (3,91-4,23)	4,117 (0,128) 4,169 (3,911-4,228)	3,843 (0,093) 3,828 (3,76-4,02)	3,843 (0,093) 3,828 (3,755-4,022)	3,953 (0,196) 3,947 (3,73-4,23)	3,953 (0,196) 3,947 (3,732-4,225)
Cr	2,549 (0,836) 2,349 (1,40-3,60)	2,549 (0,836) 2,349 (1,40-3,60)	1,958 (1,503) 1,623 (0,56-4,41)	1,958 (1,503) 1,623 (0,56-4,41)	3,012 (2,727) 2,607 (0,47-7,54)	3,012 (2,727) 2,607 (0,47-7,54)
Mn	1,769 (0,428) 1,777 (1,22-2,51)	1,769 (0,428) 1,777 (1,218-2,505)	1,104 (0,208) 1,037 (0,95-1,51)	1,104 (0,208) 1,037 (0,953-1,506)	1,982 (0,648) 1,904 (1,32-3,15)	1,982 (0,648) 1,904 (1,324-3,148)
Fe	66,257 (10,721) 65,65 (54,51-83,78)	66,256 (10,721) 65,65 (54,51-83,78)	65,908 (7,206) 65,256 (57,32-78,40)	65,908 (7,206) 65,256 (57,32-78,40)	148,523 (58,179) 126,846 (117,1-266,6)	148,523 (58,179) 126,846 (117,1-266,7)
Co	0,049 (0,016) 0,042 (0,03-0,07)	0,049 (0,016) 0,042 (0,03-0,07)	0,175 (0,052) 0,174 (0,10-0,23)	0,175 (0,052) 0,174 (0,10-0,23)	0,298 (0,023) 0,292 (0,28-0,34)	0,298 (0,023) 0,292 (0,28-0,34)
Ni	9,736 (1,68) 9,283 (7,88-12,86)	9,463 (1,68) 9,283 (7,88-12,86)	13,643 (1,789) 13,375 (11,04-16,0)	13,643 (1,789) 13,375 (11,04-16,00)	14,530 (0,888) 14,321 (13,68-16,26)	14,530 (0,888) 14,321 (13,68-16,26)
Cu	1,677 (2,352) 0,333 (0,13-5,82)	1,677 (2,352) 0,333 (0,13-5,82)	0,594 (0,571) 0,369 (0,07-1,53)	0,594 (0,571) 0,369 (0,07-1,53)	0,935 (0,976) 0,543 (0,08-2,70)	0,935 (0,975) 0,543 (0,08-2,70)
Zn	4,017 (1,786) 4,001 (2,2-6,83)	4,017 (1,786) 4,001 (2,20-6,83)	4,188 (1,992) 3,884 (1,74-6,48)	4,188 (1,992) 3,884 (1,74-6,48)	3,204 (1,174) 3,186 (1,42-4,94)	3,204 (1,174) 3,186 (1,42-4,94)
As	0,797 (0,268) 0,858 (0,44-1,11)	0,797 (0,268) 0,858 (0,44-1,11)	0,317 (0,158) 0,274 (0,18-0,62)	0,317 (0,158) 0,274 (0,18-0,62)	0,661 (0,352) 0,799 (0,18-1,08)	0,661 (0,352) 0,799 (0,18-1,08)
Se	0,059 (0,009) 0,057 (0,05-0,07)	0,059 (0,009) 0,057 (0,05-0,07)	0,419 (0,103) 0,461 (0,21-0,49)	0,419 (0,104) 0,461 (0,21-0,49)	0,116 (0,035) 0,118 (0,07-0,16)	0,116 (0,035) 0,118 (0,07-0,16)
Sr	70,676 (2,43) 71,213 (67,54-73,71)	70,676 (2,43) 71,213 (67,54-73,71)	73,198 (2,252) 73,203 (69,42-75,94)	73,198 (2,252) 73,203 (69,42-75,94)	76,986 (1,808) 77,081 (74,40-79,19)	76,986 (1,808) 77,081 (74,4-79,19)
Mo	1,196 (0,974) 0,770 (0,60-3,12)	1,196 (0,975) 0,770 (0,60-3,12)	0,667 (0,129) 0,633 (0,52-0,90)	0,667 (0,129) 0,633 (0,52-0,90)	0,443 (0,073) 0,430 (0,38-0,58)	0,443 (0,073) 0,430 (0,38-0,58)
Cd	0,017 (0,014) 0,016 (0,002-0,038)	0,017 (0,013) 0,016 (0,002-0,038)	0,172 (0,086) 0,187 (0,029-0,265)	0,172 (0,086) 0,187 (0,029-0,265)	0,142 (0,162) 0,087 (0,017-0,458)	0,142 (0,162) 0,087 (0,017-0,458)
Sn	0,464 (1,694) 4,521 (2,117-6,954)	0,464 (1,694) 4,521 (2,117-6,954)	3,016 (0,627) 2,901 (2,183-3,904)	3,016 (0,627) 2,901 (2,183-3,904)	0,593 (0,202) 0,553 (0,351-0,942)	0,593 (0,202) 0,553 (0,351-0,942)

Tablo 4.4. (Devamı) Çalışmamızda incelenen elementlerin 3M markasına ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Sb	0,740 (0,146)	0,740 (0,146)	2,737 (5,688)	2,737 (5,688)	0,462 (0,151)	0,462 (0,151)
	0,762 (0,468-0,887)	0,762 (0,468-0,887)	0,448 (0,294-14,346)	0,448 (0,294-14,346)	0,489 (0,219-0,605)	0,489 (0,219-0,605)
Hg	0,015 (0,022)	0,015 (0,022)	0,012 (0,009)	0,012 (0,009)	0,006 (0,006)	0,005 (0,006)
	0,006 (0,001-0,061)	0,006 (0,001-0,061)	0,008 (0,007-0,032)	0,008 (0,007-0,032)	0,004 (0,002-0,017)	0,004 (0,002-0,017)
Rb	0,040 (0,021)	0,042 (0,022)	0,518 (0,286)	0,539 (0,298)	0,559 (0,149)	0,582 (0,155)
	0,039 (0,018-0,074)	0,041 (0,019-0,077)	0,437 (0,269-1,026)	0,454 (0,279-1,067)	0,601 (0,278-0,682)	0,625 (0,289-0,709)
Ti	0,103 (0,053)	0,107 (0,055)	1,889 (2,727)	1,964 (2,836)	1,150 (2,193)	1,196 (2,281)
	0,091 (0,058-0,207)	0,095 (0,061-0,215)	0,866 (0,101-7,135)	0,901 (0,105-7,420)	0,265 (0,119-5,619)	0,276 (0,124-5,844)
Tl	0,043 (0,023)	0,045 (0,024)	0,506 (0,309)	0,582 (0,321)	0,604 (0,161)	0,628 (0,167)
	0,043 (0,019-0,080)	0,044 (0,020-0,841)	0,472 (0,290-1,108)	0,491 (0,302-1,152)	0,649 (0,300-0,736)	0,675 (0,312-0,766)
Pb	0,348 (0,283)	0,348 (0,283)	0,231 (0,113)	0,231 (0,113)	0,027 (0,018)	0,027 (0,019)
	0,244 (0,105-0,815)	0,244 (0,105-0,815)	0,248 (0,053-0,366)	0,248 (0,053-0,366)	0,026 (0,008-0,051)	0,026 (0,008-0,052)

Tablo 4.5. Çalışmamızda incelenen elementlerin Dentaureum Discovery Smart Series markasına ait braketleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Al	10,328 (2,027) 10,319 (7,22-12,72)	10,289 (2,027) 10,319 (7,220-12,716)	6,554 (7,683) 3,795 (1,96-22,15)	6,5548 (7,683) 3,795 (1,959-22,150)	5,880 (4,532) 3,717 (2,21-11,83)	5,8807 (4,532) 3,717 (2,207-11,833)
V	8,022 (0,196) 8,018 (7,75-8,31)	8,022 (0,196) 8,0186 (7,752-8,305)	7,551 (0,222) 7,647 (7,12-7,69)	7,551 (0,222) 7,647 (7,119-7,693)	7,758 (0,182) 7,78 (7,56-7,94)	7,758 (0,182) 7,78 (7,55-7,94)
Cr	4,778 (1,684) 3,916 (3,3-7,46)	4,778 (1,684) 3,916 (3,3-7,46)	2,971 (1,136) 2,966 (1,33-4,56)	2,971 (1,136) 2,966 (1,33-4,56)	6,481 (3,199) 5,750 (3,51-11,08)	6,481 (3,199) 5,750 (3,51-11,08)
Mn	2,363 (0,279) 2,274 (2,05-2,72)	2,363 (0,279) 2,274 (2,049-2,720)	1,8321 (0,472) 1,760 (1,30-2,40)	1,83211 (0,472) 1,760 (1,30-2,396)	6,7017 (2,010) 6,202 (5,15-10,50)	6,7016 (2,010) 6,202 (5,136-10,496)
Fe	155,944 (19,507) 157,516 (129-179,07)	155,944 (19,507) 157,516 (129-179,07)	138,105 (10,534) 136,03 (128,30-156,03)	138,105 (10,534) 136,03 (128,30-156,03)	143,261 (13,754) 141,35 (127,03-167,77)	143,261 (13,754) 141,35 (127,03-167,77)
Co	0,449 (0,022) 0,446 (0,42-0,49)	0,449 (0,022) 0,446 (0,42-0,49)	0,893 (0,182) 0,937 (0,60-1,13)	0,893 (0,182) 0,937 (0,60-1,13)	1,867 (0,051) 1,856 (1,80-1,95)	1,867 (0,051) 1,856 (1,80-1,95)
Ni	10,983 (0,537) 10,823 (10,35-11,93)	10,983 (0,537) 10,823 (10,35-11,93)	16,832 (2,203) 16,071 (14,32-19,62)	16,832 (2,203) 16,071 (14,32-19,62)	36,3 (2,751) 36,415 (32,11-39,44)	36,3 (2,751) 36,415 (32,11-39,44)
Cu	1,654 (0,378) 1,676 (1,12-2,12)	1,654 (0,378) 1,676 (1,12-2,12)	2,147 (0,817) 2,012 (1,33-3,58)	2,147 (0,817) 2,012 (1,33-3,58)	3,492 (0,383) 3,454 (2,97-3,93)	3,492 (0,383) 3,454 (2,97-3,93)
Zn	2,482 (0,841) 2,718 (1,11-3,48)	2,482 (0,841) 2,718 (1,11-3,48)	3,053 (1,055) 2,774 (2,03-4,64)	3,053 (1,055) 2,774 (2,03-4,64)	5,124 (3,370) 3,394 (2,06-10,30)	5,124 (3,370) 3,394 (2,06-10,30)
As	0,821 (0,274) 0,775 (0,49-1,21)	0,821 (0,274) 0,775 (0,49-1,21)	0,292 (0,092) 0,329 (0,13-0,36)	0,292 (0,092) 0,329 (0,13-0,36)	0,436 (0,180) 0,430 (0,22-0,68)	0,436 (0,180) 0,430 (0,22-0,68)
Se	0,089 (0,046) 0,078 (0,04-0,16)	0,089 (0,046) 0,078 (0,04-0,16)	0,542 (0,271) 0,576 (0,03-0,81)	0,542 (0,271) 0,576 (0,03-0,81)	0,118 (0,032) 0,133 (0,07-0,15)	0,118 (0,032) 0,133 (0,07-0,15)
Sr	94,139 (1,330) 94,355 (91,81-95,59)	94,139 (1,330) 94,355 (91,81-95,59)	93,721 (15,883) 99,25 (62,14-104,17)	93,721 (15,883) 99,25 (62,14-104,17)	108,60 (1,992) 109,016 (105,27-111,30)	108,60 (1,992) 109,016 (105,27-111,30)
Mo	35,493 (79,931) 2,309 (2,17-198,63)	35,493 (79,931) 2,309 (2,17-198,63)	2,364 (0,244) 2,365 (1,96-2,64)	2,364 (0,244) 2,365 (1,96-2,64)	7,743 (5,460) 4,691 (4,28-17,65)	7,743 (5,460) 4,691 (4,28-17,65)
Cd	0,053 (0,110) 0,008 (0,002-0,279)	0,053 (0,110) 0,008 (0,002-0,279)	0,459 (0,032) 0,036 (0,018-0,108)	0,459 (0,032) 0,036 (0,018-0,108)	0,070 (0,082) 0,043 (0,007-0,228)	0,070 (0,082) 0,043 (0,007-0,228)
Sn	2,297 (0,855) 2,160 (1,239-3,507)	2,297 (0,855) 2,160 (1,239-3,507)	1,717 (1,021) 1,319 (0,816-3,167)	1,717 (1,021) 1,319 (0,816-3,167)	1,120 (0,448) 1,022 (0,615-1,696)	1,120 (0,448) 1,022 (0,615-1,696)

Tablo 4.5. (Devamı) Çalışmamızda incelenen elementlerin Dentaurem Discovery Smart Series markasına ait braketleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Sb	8,457 (18,481)	8,457 (18,481)	0,254 (0,089)	0,254 (0,089)	0,766 (0,354)	0,766 (0,354)
	0,872 (0,780-46,180)	0,872 (0,780-46,180)	0,244 (0,168-0,403)	0,244 (0,168-0,403)	0,655 (0,438-1,447)	0,655 (0,438-1,447)
Hg	0,005 (0,0008)	0,005 (0,0008)	0,0138 (0,156)	0,0138 (0,156)	0,006 (0,002)	0,006 (0,002)
	0,005 (0,003-0,006)	0,005 (0,003-0,006)	0,008 (0,005-0,045)	0,008 (0,005-0,045)	0,006 (0,002-0,009)	0,006 (0,002-0,009)
Rb	0,078 (0,122)	0,0814 (0,127)	0,263 (0,222)	0,274 (0,230)	0,572 (0,046)	0,595 (0,048)
	0,020 (0,005-0,318)	0,020 (0,006-0,331)	0,175 (0,120-0,702)	0,182 (0,125-0,730)	0,559 (0,526-0,645)	0,581 (0,547-0,671)
Ti	2,061 (4,630)	2,143 (4,816)	0,143 (0,178)	0,149 (0,185)	2,760 (6,513)	2,870 (6,773)
	0,156 (0,078-11,512)	0,162 (0,081-11,973)	0,077 (0,004-0,486)	0,080 (0,005-0,506)	0,102 (0,194-16,054)	0,106 (0,02-16,696)
Tl	0,0846 (0,132)	0,0880 (0,137)	0,285 (0,239)	0,296 (0,249)	0,617 (0,0503)	0,642 (0,052)
	0,216 (0,006-0,343)	0,225 (0,006-0,357)	0,189 (0,129-0,758)	0,197 (0,135-0,788)	0,603 (0,568-0,697)	0,628 (0,590-0,725)
Pb	0,344 (0,104)	0,344 (0,104)	0,181 (0,138)	0,181 (0,138)	0,116 (0,070)	0,116 (0,070)
	0,338 (0,238-0,471)	0,338 (0,238-0,471)	0,123 (0,06-0,402)	0,123 (0,06-0,402)	0,091 (0,034-0,214)	0,091 (0,034-0,214)

Tablo 4.6. Çalışmamızda incelenen elementlerin Dentaurem markasına ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Al	9,915 (4,306) 11,615 (3,40-14,44)	9,915 (4,306) 11,615 (3,398-4,306)	4,233 (3,132) 2,625 (1,62-8,66)	4,233 (3,132) 2,625 (1,62-8,66)	3,599 (1,937) 3,432 (1,39-6,57)	3,599 (1,937) 3,432 (1,386-6,575)
V	4,207 (0,258) 4,207 (3,91-4,60)	4,207 (0,258) 4,207 (3,911-4,596)	3,986 (0,182) 3,910 (3,84-4,33)	3,986 (0,182) 3,910 (3,842-4,327)	4,02 (0,194) 4,106 (3,64-4,16)	4,021 (0,195) 4,106 (3,644-4,159)
Cr	13,997 (15,208) 7,428 (1,55-37,82)	13,997 (15,208) 7,428 (1,55-37,82)	2,837 (2,08) 2,979 (0,46-5,23)	2,837 (2,08) 2,979 (0,46-5,23)	4,135 (2,579) 3,306 (1,44-8,13)	4,135 (2,579) 3,306 (1,44-8,13)
Mn	1,474 (0,677) 1,302 (0,80-2,73)	1,474 (0,678) 1,302 (0,799-2,732)	2,015 (0,646) 1,934 (1,09-2,78)	2,015 (0,646) 1,934 (1,085-2,781)	0,614 (0,120) 0,650 (0,45-0,77)	0,614 (0,120) 0,650 (0,448-0,766)
Fe	129,394 (72,441) 107,47 (50,14-218,87)	129,394 (72,441) 107,47 (50,14-218,87)	128,26 (12,481) 127,21 (112,9-145,06)	128,260 (12,481) 127,21 (112,99-145,06)	129,768 (17,657) 121,63 (115,2-158,3)	129,768 (17,657) 121,63 (115,24-158,3)
Co	0,123 (0,100) 0,091 (0,05-0,32)	0,123 (0,10) 0,091 (0,05-0,32)	0,345 (0,034) 0,356 (0,28-0,37)	0,345 (0,034) 0,356 (0,28-0,37)	0,194 (0,082) 0,218 (0,08-0,28)	0,194 (0,082) 0,218 (0,08-0,28)
Ni	85,206 (12,591) 91,585 (62,97-94,35)	85,206 (12,591) 91,585 (62,97-94,35)	389,5 (192,39) 332,73 (245,87-771,57)	389,500 (192,396) 332,733 (245,87-771,57)	91,473 (5,736) 92,038 (84,35-98,69)	91,473 (5,736) 92,038 (84,35-98,69)
Cu	5,978 (8,746) 0,755 (0,23-20,64)	5,978 (8,746) 0,755 (0,23-20,64)	0,544 (0,340) 0,521 (0,10-1,04)	0,544 (0,340) 0,521 (0,10-1,04)	1,110 (0,241) 1,068 (0,86-1,45)	1,110 (0,241) 1,068 (0,86-1,45)
Zn	7,245 (6,882) 3,636 (1,45-17,81)	7,245 (6,882) 3,636 (1,45-17,81)	7,118 (4,242) 7,061 (2,67-14,4)	7,118 (4,242) 7,061 (2,67-14,40)	2,412 (1,897) 1,631 (0,69-5,56)	2,412 (1,897) 1,631 (0,69-5,56)
As	0,738 (0,471) 0,604 (0,25-1,46)	0,738 (0,471) 0,604 (0,25-1,46)	0,436 (0,384) 0,368 (0,05-1,11)	0,436 (0,384) 0,368 (0,05-1,11)	0,314 (0,315) 0,187 (0,05-0,85)	0,314 (0,316) 0,188 (0,05-0,85)
Se	0,120 (0,047) 0,128 (0,06-0,18)	0,120 (0,047) 0,128 (0,06-0,18)	0,113 (0,027) 0,106 (0,08-0,15)	0,113 (0,027) 0,106 (0,08-0,15)	0,600 (0,178) 0,667 (0,34-0,77)	0,600 (0,178) 0,667 (0,34-0,77)
Sr	67,579 (9,144) 64,641 (61,57-85,86)	67,579 (9,144) 64,641 (61,57-85,86)	76,688 (2,552) 75,96 (71,31-78,6)	75,688 (2,552) 76,960 (71,31-78,6)	65,960 (4,26) 65,947 (60,59-70,65)	65,961 (4,26) 65,946 (60,59-70,65)
Mo	0,560 (0,108) 0,551 (0,42-0,69)	0,560 (0,108) 0,551 (0,42-0,69)	0,624 (0,287) 0,476 (0,4-1,15)	0,624 (0,287) 0,475 (0,40-1,15)	0,459 (0,087) 0,435 (0,38-0,63)	0,459 (0,087) 0,435 (0,38-0,63)
Cd	0,204 (0,491) 0,003 (0,002-1,207)	0,204 (0,491) 0,003 (0,002-1,207)	0,151 (0,161) 0,102 (0,003-0,457)	0,151 (0,161) 0,102 (0,003-0,457)	0,014 (0,013) 0,008 (0,003-0,034)	0,013 (0,012) 0,008 (0,002-0,034)
Sn	1,607 (0,312) 1,486 (1,312-2,143)	1,607 (0,312) 1,468 (1,312-2,143)	0,721 (0,191) 0,735 (0,499-1,034)	0,721 (0,191) 0,735 (0,499-1,035)	1,552 (1,654) 0,966 (0,550-4,906)	1,551 (1,654) 0,966 (0,550-4,906)

Tablo 4.6. (Devamı) Çalışmamızda incelenen elementlerin Dentaaurum markasına ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Sb	0,426 (0,148)	0,426 (0,149)	0,319 (0,132)	0,319 (0,132)	0,118 (0,159)	0,118 (0,159)
	0,386 (0,260-0,652)	0,385 (0,260-0,652)	0,343 (0,164-0,504)	0,343 (0,164-0,505)	0,043 (-0,04-0,343)	0,042 (-0,043-0,343)
Hg	0,007 (0,004)	0,007 (0,004)	0,008 (0,004)	0,008 (0,004)	0,006 (0,010)	0,006 (0,010)
	0,006 (0,003-0,012)	0,007 (0,003-0,012)	0,008 (0,002-0,013)	0,008 (0,002-0,013)	0,009 (-0,013-0,014)	0,009 (-0,013-0,014)
Rb	0,037 (0,025)	0,039 (0,026)	0,720 (0,149)	0,749 (0,155)	0,534 (0,106)	0,555 (0,109)
	0,031 (0,015-0,080)	0,032 (0,016-0,083)	0,661 (0,611-0,998)	0,687 (0,636-1,038)	0,540 (0,39-0,666)	0,561 (0,406-0,692)
Ti	0,072 (0,041)	0,075 (0,043)	0,024 (0,021)	0,025 (0,021)	0,030 (0,021)	0,031 (0,022)
	0,079 (0,011-0,126)	0,082 (0,011-0,131)	0,016 (0,008-0,063)	0,017 (0,009-0,066)	0,020 (0,011-0,069)	0,021 (0,011-0,071)
Tl	0,040 (0,027)	0,042 (0,028)	0,778 (0,161)	0,809 (0,167)	0,577 (0,114)	0,600 (0,118)
	0,033 (0,016-0,086)	0,035 (0,017-0,090)	0,713 (0,661-1,078)	0,742 (0,687-1,121)	0,583 (0,421-0,719)	0,606 (0,438-0,748)
Pb	0,555 (0,681)	0,555 (0,681)	0,176 (0,313)	0,176 (0,313)	0,129 (0,086)	0,128 (0,086)
	0,255 (0,073-1,861)	0,255 (0,073-1,861)	0,064 (0,010-0,811)	0,064 (0,01-0,811)	0,109 (0,031-0,281)	0,109 (0,031-0,281)

Tablo 4.7. Çalışmamızda incelenen elementlerin Rocky Mountain Orthodontics Fli Twin markasına ait braketleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Al	20,1306 (4,617) 20,130 (15,31-24,51)	20,13061 (4,617) 20,130 (15,306-24,513)	7,2812 (1,066) 6,806 (6,40-9,10)	7,28116 (1,066) 6,806 (6,396-9,101)	12,959 (2,198) 11,905 (10,89-16,37)	12,959 (2,198) 11,905 (10,893-16,366)
V	9,120 (0,323) 9,029 (8,78-9,52)	9,120 (0,323) 9,0291 (8,78-9,518)	5,344 (2,822) 3,611 (3,43-9,17)	5,344 (2,822) 3,611 (3,426-9,174)	3,4819 (0,172) 3,424 (3,31-3,76)	3,48194 (0,172) 3,424 (3,305-3,764)
Cr	4,878 (2,116) 4,186 (3,31-9,04)	4,878 (2,116) 4,186 (3,31-9,04)	3,437 (2,293) 2,640 (1,29-7,77)	3,437 (2,293) 2,640 (1,29-7,77)	4,349 (1,636) 4,361 (1,97-6,11)	4,349 (1,636) 4,361 (1,97-6,11)
Mn	2,1967 (0,533) 2,010 (1,64-3,08)	2,19672 (0,533) 2,010 (1,64-3,08)	1,473 (0,252) 1,431 (1,15-1,82)	1,473 (0,252) 1,431 (1,15-1,82)	3,123 (0,699) 2,951 (2,40-4,47)	3,123 (0,699) 2,951 (2,40-4,467)
Fe	202,616 (91,714) 178,483 (112,37-344,93)	202,616 (91,714) 178,483 (112,37-344,93)	162,933 (29,749) 164,9 (121,60-202,60)	162,933 (29,749) 164,9 (121,60-202,60)	321,688 (142,840) 325,28 (89,67-507,77)	321,688 (142,840) 325,28 (89,67-507,77)
Co	1,454 (0,766) 1,308 (0,73-2,54)	1,454 (0,766) 1,308 (0,73-2,54)	1,272 (0,384) 1,339 (0,76-1,79)	1,272 (0,384) 1,339 (0,76-1,79)	3,238 (1,046) 3,167 (1,80-4,49)	3,238 (1,046) 3,167 (1,80-4,49)
Ni	1782,138 (1547,457) 1134,333 (458,53-4101)	1782,138 (1547,457) 1134,333 (458,53-4101)	767,240 (473,498) 870,366 (56,48-1426)	767,240 (473,498) 870,366 (56,48-1426)	2137,894 (950,274) 1989,666 (949,03-3237,67)	2137,894 (950,274) 1989,666 (949,03-3237,67)
Cu	3,151 (1,266) 2,940 (1,39-5,22)	3,151 (1,266) 2,940 (1,39-5,22)	1,132 (1,216) 0,537 (0,14-2,72)	1,132 (1,216) 0,537 (0,14-2,72)	1,090 (0,583) 1,077 (0,41-1,75)	1,090 (0,583) 1,077 (0,41-1,75)
Zn	4,842 (3,530) 3,759 (1,18-11,08)	4,842 (3,530) 3,759 (1,18-11,08)	2,255 (0,662) 2,061 (1,72-3,46)	2,255 (0,662) 2,061 (1,72-3,46)	3,627 (0,781) 3,626 (2,36-4,60)	3,627 (0,781) 3,626 (2,36-4,60)
As	0,831 (0,342) 0,839 (0,39-1,26)	0,831 (0,342) 0,839 (0,39-1,26)	0,319 (0,158) 0,339 (0,03-0,51)	0,319 (0,158) 0,339 (0,03-0,51)	0,474 (0,207) 0,408 (0,30-0,81)	0,474 (0,207) 0,408 (0,30-0,81)
Se	0,153 (0,123) 0,127 (0,04-0,38)	0,153 (0,123) 0,127 (0,04-0,38)	0,501 (0,138) 0,472 (0,35-0,73)	0,501 (0,138) 0,472 (0,35-0,73)	0,132 (0,052) 0,124 (0,07-0,21)	0,132 (0,052) 0,124 (0,07-0,21)
Sr	103,087 (3,232) 104,066 (96,69-105,80)	103,087 (3,232) 104,066 (96,69-105,80)	77,977 (19,177) 66,371 (64,76-107,37)	77,977 (19,177) 66,371 (64,76-107,37)	69,512 (1,498) 69,611 (67,57-71,7)	69,512 (1,498) 69,611 (67,57-71,7)
Mo	5,398 (1,333) 4,809 (4,09-7,52)	5,398 (1,333) 4,809 (4,09-7,52)	6,076 (5,926) 3,631 (2,63-18,02)	6,076 (5,926) 3,631 (2,63-18,02)	9,520 (3,085) 8,54 (7,11-15,70)	9,520 (3,085) 8,54 (7,11-15,70)
Cd	0,0312 (0,019) 0,027 (0,004-0,062)	0,0312 (0,019) 0,027 (0,004-0,062)	0,047 (0,0193) 0,0506 (0,024-0,0676)	0,047 (0,0193) 0,0506 (0,024-0,0676)	0,0607 (0,043) 0,043 (0,019-0,120)	0,0607 (0,043) 0,043 (0,019-0,120)
Sn	2,363 (0,905) 2,426 (0,884-3,645)	2,363 (0,905) 2,426 (0,884-3,645)	1,831 (0,433) 1,752 (1,348-2,575)	1,831 (0,433) 1,752 (1,348-2,575)	1,516 (0,442) 1,413 (1,162-2,355)	1,516 (0,442) 1,413 (1,162-2,355)

Tablo 4.7. (Devamı) Çalışmamızda incelenen elementlerin Rocky Mountain Orthodontics Fli Twin markasına ait braketleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Sb	0,793 (0,152)	0,793 (0,152)	1,170 (1,769)	1,170 (1,769)	2,645 (3,339)	2,645 (3,339)
	0,783 (0,585-0,981)	0,783 (0,585-0,981)	0,457 (0,348-4,776)	0,457 (0,348-4,776)	0,5211 (0,439-7,243)	0,5211 (0,439-7,243)
Hg	0,0077 (0,005)	0,0077 (0,005)	0,005 (0,001)	0,005 (0,001)	0,005 (0,003)	0,005 (0,003)
	0,005 (0,003-0,018)	0,005 (0,003-0,018)	0,006 (0,003-0,007)	0,006 (0,003-0,007)	0,003 (0,002-0,0126)	0,003 (0,002-0,0126)
Rb	0,031 (0,0359)	0,033 (0,037)	0,794 (0,572)	0,826 (0,595)	1,798 (2,533)	1,869 (2,634)
	0,017 (0,002-0,086)	0,017 (0,002-0,089)	0,572 (0,316-1,691)	0,595 (0,328-1,759)	0,772 (0,736-6,968)	0,803 (0,765-7,247)
Ti	0,163 (0,107)	0,169 (0,111)	0,960 (2,013)	0,999 (2,093)	0,263 (0,101)	0,273 (0,105)
	0,143 (0,059-0,336)	0,148 (0,062-0,350)	0,178 (0,045-5,067)	0,186 (0,047-5,270)	0,266 (0,118-0,394)	0,276 (0,122-0,410)
Tl	0,034 (0,038)	0,035 (0,040)	0,858 (0,618)	0,892 (0,642)	1,941 (2,735)	2,019 (2,845)
	0,018 (0,002-0,092)	0,019 (0,002-0,096)	0,618 (0,341-1,827)	0,642 (0,355-1,900)	0,834 (0,795-7,526)	0,867 (0,826-7,827)
Pb	0,283 (0,239)	0,283 (0,239)	0,268 (0,129)	0,268 (0,129)	0,689 (0,406)	0,689 (0,406)
	0,246 (0,024-0,723)	0,246 (0,024-0,723)	0,257 (0,140-0,491)	0,257 (0,140-0,491)	0,638 (0,138-1,189)	0,638 (0,138-1,189)

Tablo 4.8. Çalışmamızda incelenen elementlerin Rocky Mountain Orthodontics Orthonol markasına ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH6,7		pH5,5		pH4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Al	10,970 (11,475) 5,741 (2,21-30,21)	10,970 (11,475) 5,741 (2,207-30,207)	3,664 (1,786) 3,757 (0,75-5,55)	3,664 (1,786) 3,757 (0,749-5,554)	3,664 (3,233) 2,262 (1,39-9,89)	3,664 (3,233) 2,262 (1,39-9,89)
V	4,531 (0,127) 4,494 (4,41-4,72)	4,531 (0,127) 4,494 (4,407-4,723)	4,218 (0,102) 4,238 (4,04-4,33)	4,218 (0,102) 4,238 (4,045-4,334)	4,072 (0,091) 4,063 (3,93-4,21)	4,072 (0,091) 4,063 (3,93-4,21)
Cr	6,853 (8,719) 1,644 (0,77-19,94)	6,853 (8,719) 1,644 (0,77-19,94)	2,681 (2,858) 1,652 (0,4-7,83)	2,681 (2,858) 1,641 (0,40-7,83)	6,089 (10,381) 2,016 (0,97-27,25)	6,089 (10,381) 2,016 (0,97-27,25)
Mn	1,944 (0,833) 0,833 (0,70-7,53)	1,944 (2,737) 0,833 (0,698-7,536)	0,941 (0,555) 0,749 (0,58-2,06)	0,941 (0,555) 0,749 (0,581-2,060)	2,035 (0,899) 1,976 (0,97-3,04)	2,035 (0,899) 1,976 (0,97-3,04)
Fe	146,09 (53,879) 122,846 (103,83-128,1)	146,094 (53,879) 122,846 (103,83-248,1)	138,437 (35,56) 123,273 (114,43-206,47)	138,44 (35,557) 123,273 (114,43-206,47)	135,696 (17,289) 130,656 (122,2-169,4)	135,696 (17,289) 130,656 (122,2-169,4)
Co	0,098 (0,025) 0,088 (0,08-0,14)	0,098 (0,025) 0,087 (0,08-0,14)	0,279 (0,009) 0,280 (0,27-0,29)	0,279 (0,009) 0,280 (0,27-0,29)	0,415 (0,088) 0,399 (0,33-0,58)	0,415 (0,088) 0,399 (0,33-0,58)
Ni	11,953 (1,21) 11,445 (10,68-13,87)	11,953 (1,21) 11,445 (10,68-13,87)	17,089 (1,624) 16,616 (15,23-19,41)	17,089 (1,624) 16,616 (15,23-19,41)	22,863 (10,599) 18,735 (17,36-44,42)	22,863 (10,599) 18,735 (17,36-44,42)
Cu	0,933 (0,233) 0,995 (0,52-1,19)	0,933 (0,233) 0,995 (0,52-1,19)	0,770 (0,452) 0,639 (0,32-1,51)	0,770 (0,452) 0,639 (0,32-1,51)	0,687 (0,825) 0,378 (0,23-2,36)	0,687 (0,825) 0,378 (0,23-2,36)
Zn	3,083 (2,908) 1,588 (0,91-7,37)	3,083 (2,809) 1,588 (0,91-7,37)	3,379 (2,258) 3,073 (0,84-6,12)	3,379 (2,258) 3,073 (0,84-6,12)	6,664 (5,067) 4,397 (1,65-15,16)	6,664 (5,067) 4,397 (1,65-15,16)
As	0,450 (0,255) 0,361 (0,25-0,92)	0,450 (0,255) 0,361 (0,25-0,92)	0,309 (0,205) 0,284 (0,11-0,67)	0,309 (0,205) 0,284 (0,11-0,67)	0,346 (0,104) 0,345 (0,21-0,48)	0,346 (0,104) 0,345 (0,21-0,48)
Se	0,077 (0,035) 0,069 (0,04-0,14)	0,077 (0,035) 0,069 (0,04-0,14)	0,861 (0,438) 0,953 (0,35-1,34)	0,861 (0,438) 0,953 (0,35-1,34)	0,1 (0,052) 0,08 (0,04-0,18)	0,1 (0,052) 0,08 (0,04-0,18)
Sr	63,539 (1,087) 63,12 (62,78-65,63)	63,539 (1,088) 63,120 (62,78-65,63)	71,564 (1,299) 71,953 (69,76-73,01)	71,564 (1,299) 71,953 (69,76-73,01)	74,503 (1,455) 74,671 (71,97-76,2)	74,503 (1,455) 74,671 (71,97-76,2)
Mo	2,388 (4,853) 0,412 (0,37-12,30)	2,389 (4,853) 0,412 (0,37-12,30)	0,702 (0,453) 0,522 (0,38-1,58)	0,702 (0,453) 0,522 (0,38-1,58)	0,351 (0,036) 0,365 (0,28-0,38)	0,351 (0,036) 0,365 (0,28-0,38)
Cd	0,030 (0,058) 0,008 (0,002-0,146)	0,030 (0,058) 0,008 (0,002-0,149)	16,247 (39,663) 0,054 (0,017-97,21)	16,247 (39,663) 0,054 (0,017-97,21)	0,171 (0,167) 0,110 (0,022-0,430)	0,171 (0,167) 0,110 (0,022-0,430)
Sn	1,582 (1,228) 1,142 (0,798-4,035)	1,582 (1,228) 1,142 (0,798-4,035)	1,035 (0,56) 0,898 (0,316-1,844)	1,035 (0,56) 0,898 (0,316-1,844)	0,678 (0,189) 0,635 (0,484-1,044)	0,678 (0,189) 0,635 (0,484-1,044)

Tablo 4.8. (Devamı) Çalışmamızda incelenen elementlerin Rocky Mountain Orthodontics Orthonol markasına ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH6,7		pH5,5		pH4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Sb	0,586 (0,561)	0,586 (0,561)	0,335 (0,261)	0,335 (0,261)	0,285 (0,060)	0,285 (0,060)
	0,352 (0,273-1,716)	0,352 (0,273-1,717)	0,219 (0,195-0,863)	0,219 (0,195-0,863)	0,280 (0,227-0,376)	0,280 (0,227-0,376)
Hg	0,009 (0,003)	0,009 (0,003)	0,011 (0,002)	0,011 (0,002)	0,011 (0,002)	0,011 (0,002)
	0,01 (0,005-0,012)	0,01 (0,005-0,012)	0,011 (0,007-0,015)	0,011 (0,007-0,015)	0,012 (0,008-0,015)	0,012 (0,008-0,015)
Rb	0,048 (0,04)	0,050 (0,042)	0,477 (0,101)	0,496 (0,105)	0,698 (0,039)	0,726 (0,040)
	0,037 (0,005-0,112)	0,039 (0,006-0,116)	0,475 (0,364-0,612)	0,494 (0,378-0,636)	0,687 (0,660-0,768)	0,715 (0,686-0,798)
Ti	0,029 (0,025)	0,031 (0,026)	0,022 (0,019)	0,023 (0,019)	0,025 (0,013)	0,026 (0,013)
	0,022 (0,001-0,070)	0,022 (0,001-0,073)	0,019 (0,004-0,054)	0,019 (0,004-0,056)	0,024 (0,011-0,044)	0,025 (0,011-0,046)
Tl	0,052 (0,044)	0,054 (0,045)	0,515 (0,109)	0,535 (0,114)	0,754 (0,042)	0,784 (0,044)
	0,041 (0,006-0,121)	0,042 (0,006-0,126)	0,514 (0,393-0,661)	0,534 (0,409-0,687)	0,742 (0,713-0,829)	0,772 (0,741-0,862)
Pb	0,162 (0,170)	0,162 (0,17)	0,116 (0,052)	0,116 (0,052)	0,034 (0,041)	0,034 (0,041)
	0,093 (0,021-0,456)	0,093 (0,021-0,456)	0,127 (0,036-0,162)	0,127 (0,036-0,162)	0,021 (0,005-0,117)	0,021 (0,005-0,117)

Tablo 4.9. Çalışmamızda incelenen elementlerin Ultradent Avex markasına ait braketleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Al	16,1672 (6,231) 15,126 (9,80-26,67)	16,16716 (6,230) 15,1266 (9,799-26,67)	7,7546 (4,381) 6,541 (4,42-16,32)	7,75461 (4,381) 6,5411 (4,423-16,32)	20,6939 (11,984) 18,260 (6,06-42,37)	20,69394 (11,984) 18,260 (6,057-42,373)
V	3,7393 (0,085) 3,760 (3,60-3,84)	3,73933 (0,085) 3,760 (3,599-3,836)	3,7807 (0,133) 3,798 (3,58-3,96)	3,78072 (0,133) 3,798 (3,576-3,955)	3,5128 (0,169) 3,497 (3,33-3,73)	3,5127 (0,169) 3,497 (3,325-3,727)
Cr	63,982 (30,368) 67,011 (28,86-98,34)	63,982 (30,368) 67,011 (28,86-98,34)	17,123 (4,348) 16,348 (13,13-23,51)	17,123 (4,348) 16,348 (13,13-23,51)	91,253 (48,795) 80,155 (36,7-179,07)	91,253 (48,795) 80,155 (36,7-179,07)
Mn	20,9317 (22,982) 12,694 (5,64-65,98)	20,9316 (22,982) 12,694 (5,64-65,98)	5,8636 (2,714) 6,546 (2,02-8,99)	5,86361 (2,714) 6,546 (2,02-8,99)	8,2477 (2,775) 7,664 (4,94-12,09)	8,24772 (2,775) 7,664 (4,94-12,09)
Fe	809,094 (468,721) 753,15 (315,33-1414)	809,094 (468,721) 753,15 (315,33-1414)	447,605 (145,876) 457,883 (218,6-661,1)	447,605 (145,876) 457,883 (218,6-661,1)	1564,633 (848,123) 1360,5 (725,13-3185)	1564,633 (848,123) 1360,5 (725,13-3185)
Co	2,144 (1,944) 1,327 (0,69-5,77)	2,144 (1,944) 1,327 (0,69-5,77)	2,325 (0,853) 2,557 (1,26-3,13)	2,325 (0,853) 2,557 (1,26-3,13)	4,267 (0,735) 4,151 (3,12-5,17)	4,267 (0,735) 4,151 (3,12-5,17)
Ni	256,172 (150,321) 239 (104,17-427,5)	256,172 (150,321) 239 (104,17-427,5)	143,867 (52,549) 139,25 (72,84-231,23)	143,867 (52,549) 139,25 (72,84-231,23)	233,1 (75,724) 205,933 (183,47-384,03)	233,1 (75,724) 205,933 (183,47-384,03)
Cu	14,764 (4,308) 14,026 (9,99-22,16)	14,764 (4,308) 14,026 (9,99-22,16)	12,548 (3,219) 14,015 (8,33-15,26)	12,548 (3,219) 14,015 (8,33-15,26)	17,410 (7,050) 16,561 (9,72-29,18)	17,410 (7,050) 16,561 (9,72-29,18)
Zn	3,579 (1,252) 3,095 (2,44-522)	3,579 (1,252) 3,095 (2,44-522)	4,030 (1,072) 4,067 (2,81-5,36)	4,030 (1,072) 4,067 (2,81-5,36)	4,592 (2,574) 4,463 (1,76-8,17)	4,592 (2,574) 4,463 (1,76-8,17)
As	0,557 (0,157) 0,544 (0,32-0,75)	0,557 (0,157) 0,544 (0,32-0,75)	0,502 (0,263) 0,448 (0,27-0,97)	0,502 (0,263) 0,448 (0,27-0,97)	0,455 (0,316) 0,352 (0,23-1,09)	0,455 (0,316) 0,352 (0,23-1,09)
Se	0,113 (0,049) 0,122 (0,04-0,16)	0,113 (0,049) 0,122 (0,04-0,16)	0,438 (0,099) 0,467 (0,29-0,58)	0,438 (0,099) 0,467 (0,29-0,58)	0,1001 (0,034) 0,103 (0,05-0,15)	0,1001 (0,034) 0,103 (0,05-0,15)
Sr	60,289 (1,345) 60,525 (58-62,01)	60,289 (1,345) 60,525 (58-62,01)	67,002 (1,384) 67,31 (64,58-68,72)	67,002 (1,384) 67,31 (64,58-68,72)	68,205 (1,813) 67,873 (66,17-71,34)	68,205 (1,813) 67,873 (66,17-71,34)
Mo	5,507 (2,518) 5,130 (2,47-8,9)	5,507 (2,518) 5,130 (2,47-8,9)	3,850 (1,327) 3,4 (2,78-6,40)	3,850 (1,327) 3,4 (2,78-6,40)	7,137 (3,033) 6,55 (4,20-12,92)	7,137 (3,033) 6,55 (4,20-12,92)
Cd	0,020 (0,006) 0,018 (0,015-0,033)	0,020 (0,006) 0,018 (0,015-0,033)	0,281 (0,178) 0,217 (0,149-0,632)	0,281 (0,178) 0,217 (0,149-0,632)	0,0632 (0,100) 0,026 (0,003-0,263)	0,0632 (0,100) 0,026 (0,003-0,263)
Sn	1,402 (0,271) 1,445 (0,929-1,688)	1,402 (0,271) 1,445 (0,929-1,688)	3,082 (1,785) 2,271 (1,355-5,901)	3,082 (1,785) 2,271 (1,355-5,901)	3,683 (3,014) 2,558 (2,105-9,811)	3,683 (3,014) 2,558 (2,105-9,811)
Sb	0,619 (0,356) 0,479 (0,449-1,345)	0,619 (0,356) 0,479 (0,449-1,345)	0,365 (0,149) 0,346 (0,225-0,639)	0,365 (0,149) 0,346 (0,225-0,639)	0,476 (0,246) 0,423 (0,185-0,850)	0,476 (0,246) 0,423 (0,185-0,850)

Tablo 4.9. (Devamı) Çalışmamızda incelenen elementlerin Ultradent Avex markasına ait braketleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Hg	0,579 (0,197)	0,579 (0,197)	0,592 (0,191)	0,592 (0,191)	0,420 (0,045)	0,420 (0,045)
	0,588 (0,326-0,800)	0,588 (0,326-0,800)	0,639 (0,296-0,769)	0,639 (0,296-0,769)	0,409 (0,364-0,482)	0,409 (0,364-0,482)
Rb	0,095 (0,063)	0,099 (0,066)	0,629 (0,189)	0,654 (0,197)	0,821 (0,060)	0,854 (0,063)
	0,071 (0,038-0,215)	0,074 (0,039-0,224)	0,622 (0,397-0,938)	0,647 (0,413-0,975)	0,832 (0,705-0,880)	0,865 (0,733-0,916)
Ti	3,796 (7,364)	3,948 (7,659)	5,360 (12,673)	5,575 (13,180)	0,921 (2,085)	0,957 (2,168)
	1,116 (0,086-18,515)	0,121 (0,089-19,256)	0,183 (0,101-31,230)	0,191 (0,105-32,479)	0,817 (0,006-5,176)	0,085 (0,006-5,383)
Tl	0,103 (0,068)	0,107 (0,071)	0,679 (0,204)	0,706 (0,213)	0,886 (0,065)	0,922 (0,068)
	0,077 (0,04-0,233)	0,080 (0,042-0,242)	0,672 (0,429-1,013)	0,699 (0,446-1,053)	0,899 (0,761-0,951)	0,935 (0,791-0,989)
Pb	0,280 (0,168)	0,280 (0,168)	0,386 (0,220)	0,386 (0,220)	0,950 (0,225)	0,950 (0,225)
	0,240 (0,111-0,575)	0,240 (0,111-0,575)	0,288 (0,196-0,709)	0,288 (0,196-0,709)	0,978 (0,544-1,202)	0,978 (0,544-1,202)

Tablo 4.10. Çalışmamızda incelenen elementlerin Ultradent Via markasına ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH6,7		pH5,5		pH4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Al	5,312 (1,510) 4,950 (3,32-7,31)	5,312 (1,510) 4,950 (3,32-7,31)	6,144 (0,927) 6,373 (4,57-7,10)	6,144 (0,927) 6,373 (4,57-7,10)	2,468 (1,263) 2,163 (1,32-4,79)	2,468 (1,263) 2,163 (1,32-4,79)
V	5,061 (0,292) 5,091 (4,74-5,53)	5,061 (0,292) 5,091 (4,74-5,53)	3,843 (0,093) 3,828 (3,76-4,02)	3,843 (0,093) 3,828 (3,76-4,02)	3,953 (0,196) 3,947 (3,73-4,23)	3,953 (0,196) 3,947 (3,73-4,23)
Cr	4,745 (2,477) 4,727 (1,77-8,55)	4,745 (2,477) 4,727 (1,77-8,55)	1,958 (1,503) 1,623 (0,56-4,41)	1,958 (1,503) 1,623 (0,56-4,41)	3,012 (2,727) 2,607 (0,47-7,54)	3,012 (2,727) 2,607 (0,47-7,54)
Mn	0,930 (0,126) 0,924 (0,74-1,10)	0,930 (0,126) 0,924 (0,74-1,10)	1,104 (0,208) 1,037 (0,95-1,51)	1,104 (0,208) 1,037 (0,95-1,51)	1,982 (0,648) 1,904 (1,32-3,15)	1,982 (0,648) 1,904 (1,32-3,15)
Fe	134,26 (18,122) 130,52 (119,57-169,74)	134,26 (18,122) 130,52 (119,57-169,74)	65,908 (7,206) 65,256 (57,32-78,40)	65,908 (7,206) 65,256 (57,32-78,40)	148,52 (58,179) 126,846 (117,1-266,6)	148,52 (58,179) 126,846 (117,1-266,6)
Co	0,141 (0,024) 0,139 (0,11-0,18)	0,141 (0,024) 0,139 (0,11-0,18)	0,175 (0,052) 0,174 (0,10-0,23)	0,175 (0,052) 0,174 (0,10-0,23)	0,298 (0,023) 0,292 (0,28-0,34)	0,298 (0,023) 0,292 (0,28-0,34)
Ni	15,556 (2,745) 15,49 (12,53-18,39)	15,556 (2,745) 15,49 (12,53-18,39)	13,643 (1,789) 13,375 (11,04-16,00)	13,643 (1,789) 13,375 (11,04-16,00)	14,530 (0,888) 14,321 (13,68-16,26)	14,530 (0,888) 14,321 (13,68-16,26)
Cu	0,681 (0,246) 0,710 (0,32-0,90)	0,681 (0,246) 0,710 (0,32-0,90)	0,594 (0,571) 0,369 (0,07-1,53)	0,594 (0,571) 0,369 (0,07-1,53)	0,935 (0,975) 0,543 (0,08-2,70)	0,935 (0,975) 0,543 (0,08-2,70)
Zn	1,268 (0,441) 1,159 (0,87-2,01)	1,268 (0,441) 1,159 (0,87-2,01)	4,188 (1,99) 3,884 (1,74-6,48)	4,188 (1,99) 3,884 (1,74-6,48)	3,204 (1,174) 3,186 (1,42-4,94)	3,204 (1,174) 3,186 (1,42-4,94)
As	0,712 (0,267) 0,678 (0,39-1,16)	0,712 (0,267) 0,678 (0,39-1,16)	0,317 (0,158) 0,274 (0,18-0,62)	0,317 (0,158) 0,274 (0,18-0,62)	0,661 (0,352) 0,799 (0,18-1,08)	0,661 (0,352) 0,799 (0,18-1,08)
Se	0,128 (0,054) 0,134 (0,04-0,20)	0,128 (0,054) 0,134 (0,04-0,20)	0,419 (0,104) 0,461 (0,21-0,49)	0,419 (0,104) 0,461 (0,21-0,49)	0,116 (0,035) 0,118 (0,07-0,16)	0,116 (0,035) 0,118 (0,07-0,16)
Sr	67,425 (2,331) 67,618 (64,08-70,44)	67,425 (2,331) 67,618 (64,08-70,44)	73,198 (2,252) 73,203 (69,42-75,94)	73,198 (2,252) 73,203 (69,42-75,94)	76,986 (1,808) 77,081 (74,40-79,19)	76,986 (1,808) 77,081 (74,40-79,19)
Mo	0,496 (0,081) 0,493 (0,39-0,64)	0,496 (0,081) 0,493 (0,39-0,64)	0,667 (0,129) 0,633 (0,52-0,90)	0,667 (0,129) 0,633 (0,52-0,90)	0,443 (0,073) 0,430 (0,38-0,58)	0,443 (0,073) 0,430 (0,38-0,58)
Cd	0,007 (0,002) 0,009 (0,004-0,010)	0,007 (0,002) 0,009 (0,004-0,010)	0,172 (0,086) 0,187 (0,029-0,265)	0,172 (0,086) 0,187 (0,029-0,265)	0,142 (0,162) 0,087 (0,017-0,458)	0,142 (0,162) 0,087 (0,017-0,458)
Sn	1,989 (0,862) 1,835 (1,103-3,412)	1,989 (0,862) 1,835 (1,103-3,412)	3,016 (0,627) 2,901 (2,183-3,904)	3,016 (0,627) 2,901 (2,183-3,904)	0,593 (0,202) 0,553 (0,352-0,942)	0,593 (0,202) 0,553 (0,352-0,942)
Sb	0,442 (0,101) 0,406 (0,354-0,633)	0,442 (0,101) 0,406 (0,354-0,633)	2,737 (5,688) 0,448 (0,294-14,346)	2,737 (5,688) 0,448 (0,294-14,346)	0,462 (0,151) 0,489 (0,219-0,605)	0,462 (0,151) 0,489 (0,219-0,605)

Tablo 4.10. Çalışmamızda incelenen elementlerin Ultradent Via markasına ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım verileri (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Birim: µg/l cinsinden).

Ort (SS) Med (min-max)	pH6,7		pH5,5		pH4	
	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42	Gün 1	Gün 42
Hg	0,013 (0,006) 0,010 (0,008-0,023)	0,013 (0,006) 0,010 (0,008-0,023)	0,013 (0,009) 0,008 (0,007-0,032)	0,013 (0,009) 0,008 (0,007-0,032)	0,005 (0,006) 0,004 (0,002-0,017)	0,005 (0,006) 0,004 (0,002-0,017)
Rb	0,031 (0,029) 0,021 (0,005-0,067)	0,033 (0,029) 0,025 (0,005-0,070)	0,518 (0,286) 0,437 (0,269-1,026)	0,539 (0,298) 0,454 (0,279-1,067)	0,559 (0,149) 0,601 (0,278-0,682)	0,582 (0,155) 0,625 (0,289-0,709)
Ti	0,066 (0,065) 0,040 (0,003-1,181)	0,067 (0,068) 0,042 (0,003-0,189)	1,889 (2,727) 0,866 (0,101-7,135)	1,964 (2,836) 0,901 (0,105-7,420)	1,150 (2,193) 0,265 (0,119-5,619)	1,196 (2,281) 0,276 (0,124-5,844)
Tl	0,033 (0,031) 0,023 (0,005-0,073)	0,036 (0,032) 0,027 (0,005-0,076)	0,560 (0,309) 0,472 (0,290-1,108)	0,582 (0,321) 0,491 (0,302-1,152)	0,604 (0,161) 0,649 (0,300-0,736)	0,627 (0,167) 0,675 (0,312-0,766)
Pb	0,049 (0,05) 0,031 (0,004-0,131)	0,049 (0,05) 0,031 (0,004-0,131)	0,231 (0,113) 0,248 (0,056-0,366)	0,231 (0,113) 0,248 (0,056-0,366)	0,027 (0,018) 0,026 (0,008-0,052)	0,027 (0,018) 0,026 (0,008-0,052)

4.1. pH'a Bağlı Değişimler

4.1.1 Grup içi pH'a bağlı değişimler

Firmaların farklı pH'larda T0 ve T1 zaman aralıkları için farklılıkları Mann Whitney U test ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı farklılıklar Tablo 4.11'de verilmiştir.

AO braket grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Al, V, Fe, Co, Ni, Cu, Sr, Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Al, V, Mn, Co, Ni, Cu, As, Sr, Mo, Cd, Sb, Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte V, Co, As, Sr ve Mo elementlerinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın asidik yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

AO braket grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Hg elementinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Sn ve Hg elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın nötr yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

3M braket grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Co, Se, Sr ve Cd elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Mn, Co, Cu, Sr, Cd, Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Mn, Co, Cu, Sr, Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım

miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın asidik yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

3M braket grubundan pH 4 değerinde yapay tükürükte Al elementinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Se elementinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın nötr yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

DD braket grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Co, Ni ve Hg elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Mn, Co, Ni, Cu, Sr, Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Mn, Co, Ni, Sr, Mo ve Sb elementlerinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın asidik yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

DD braket grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte V, As ve Sb elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Sn ve Pb elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın nötr yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

RMO braket grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Se, Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Co, Mo, Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Al, Mn ve Co elementlerinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın asidik yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

RMO braket grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Al, Mn, Cu ve As elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Al, V, Cu ve Sr elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Se elementinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın nötr yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

UA braket grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Se, Sr, Cd, Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Sr, Sn, Rb, Tl ve Pb elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Al, Cr, Co ve Pb elementlerinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın asidik yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

UA braket grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Al ve Cr elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte V elementinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte V ve Se elementlerinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın nötr yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

pH'ın azalmasıyla iyon salınım miktarlarında grupların çoğunluğunda istatistiksel olarak anlamlı artış görülen elementler braket grubu için Co ve Sr'dur.

Tablo 4.11. Çalışmamızda incelenen elementlerin farklı pH'lar arasında braket markalarına bağlı değişiminin istatistiksel analiz sonuçları (T0 ve T1 zamanları için değerler birbirine çok yakın olduğundan tablo her iki zaman aralığı için geçerlidir). AO: American Orthodontics Master Series, 3M: 3M Unitek Gemini, DD: Dentaaurum Discovery Smart Series, RMO: Rocky Mountain Orthodontics Fli Twin, UA: Ultradent Avex.

p*	BRAKETLER														
	AO			3M			DD			RMO			UA		
	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4
PH															
Al	0,009	0,015	0,699	0,026	0,002	0,065	-	-	-	0,002	0,015	0,002	0,015	0,394	0,015
V	0,002	0,002	0,002	-	-	-	0,002	0,065	0,310	0,041	0,002	0,132	0,589	0,015	0,015
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002	0,394	0,002
Mn	0,132	0,002	0,065	0,589	0,002	0,002	0,093	0,002	0,002	0,009	0,065	0,002	-	-	-
Fe	0,009	0,699	0,065	-	-	-	0,180	0,310	0,589	-	-	-	0,240	0,093	0,310
Co	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,937	0,009	0,002	0,394	0,065	0,002
Ni	0,015	0,002	0,026	0,132	0,180	1,000	0,002	0,002	0,002	-	-	-	-	-	-
Cu	0,002	0,002	0,699	0,937	0,004	0,015	0,394	0,002	0,026	0,015	0,009	0,699	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As	0,485	0,002	0,002	-	-	-	0,002	0,026	0,394	0,009	0,065	0,589	-	-	-
Se	-	-	-	0,002	0,589	0,002	-	-	-	0,004	0,937	0,002	0,002	0,589	0,002
Sr	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,240	0,002	0,002	0,093	0,002	0,394	0,002	0,002	0,310
Mo	0,026	0,002	0,002	-	-	-	0,937	0,240	0,002	0,240	0,004	0,065	-	-	-
Cd	0,065	0,002	0,589	0,009	0,009	0,818	-	-	-	-	-	-	0,002	1,000	0,026
Sn	0,310	0,002	0,132	-	-	-	0,240	0,009	0,394	-	-	-	0,026	0,002	0,485
Sb	0,065	0,002	0,065	-	-	-	0,002	0,093	0,002	-	-	-	-	-	-
Hg	0,002	0,002	0,394	-	-	-	0,009	0,093	0,310	-	-	-	-	-	-
Rb	0,002	0,002	0,041	0,065	0,009	0,002	0,041	0,002	0,065	0,002	0,002	0,240	0,002	0,002	0,065
Ti	0,065	0,394	0,026	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tl	0,002	0,002	0,041	0,065	0,015	0,002	0,041	0,002	0,065	0,002	0,002	0,240	0,002	0,002	0,065
Pb	-	-	-	-	-	-	0,093	0,002	0,485	-	-	-	0,310	0,004	0,009

*Mann Whitney U test. Anlamlı farklılık bulunan değerler kalın punto kullanılarak gösterilmiştir. ($p < 0,05$) değerinin altındaki p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 4.12. Çalışmamızda incelenen elementlerin farklı pH'lar arasında üst çene ovoid form Ni-Ti ark teli markalarına bağlı değişiminin istatistiksel analiz sonuçları (T0 ve T1 zamanları için değerler birbirine çok yakın olduğundan tablo her iki zaman aralığı için geçerlidir). AON: American Orthodontics üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, 3MN: 3M üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, DN: Dentaaurum Rematitan üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, RMON: Rocky Mountain Orthodontics Orthonol üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, UN: Ultradent Via üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri.

p*	ÜST ÇENE OVOID FORM Ni-Ti ARK TELLERİ														
	AON			3MN			DN			RMON			UN		
	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4
pH	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4	6,7-5,5	6,7-4	5,5-4
Al	0,041	0,002	0,132	0,002	0,002	0,004	0,026	0,026	0,818	-	-	-	0,004	0,485	0,240
V	0,041	0,065	0,041	-	-	-	-	-	-	0,002	0,002	0,065	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	0,009	0,310	0,002	0,004	0,485	0,009	0,180	0,002	0,002	0,394	0,093	0,015	-	-	-
Fe	0,065	0,002	1,000	0,937	0,002	0,002	-	-	-	-	-	-	0,041	0,009	0,093
Co	0,002	0,002	0,004	0,002	0,002	0,002	0,004	0,240	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Ni	0,002	0,002	0,699	0,004	0,002	0,310	0,002	0,485	0,002	0,002	0,002	0,093	0,002	0,002	0,065
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,041	0,041	0,589
As	0,002	0,485	0,002	0,009	0,485	0,180	-	-	-	-	-	-	0,002	0,485	0,041
Se	0,002	0,937	0,065	0,002	0,004	0,002	-	-	-	0,002	0,589	0,002	0,002	0,937	0,002
Sr	0,818	0,004	0,002	0,093	0,002	0,015	0,065	0,937	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,002
Mo	-	-	-	0,180	0,002	0,004	-	-	-	0,310	0,015	0,002	0,009	0,485	0,026
Cd	0,026	0,937	0,015	-	-	-	-	-	-	0,041	0,026	0,699	0,002	0,065	0,937
Sn	0,002	0,002	0,026	0,132	0,002	0,002	0,002	0,065	0,065	0,485	0,009	0,180	0,589	0,002	0,002
Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,937	0,004	0,015
Rb	0,093	0,065	0,002	0,002	0,002	0,589	0,002	0,002	0,065	0,002	0,002	0,002	-	-	-
Ti	-	-	-	0,015	0,009	0,937	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tl	-	-	-	0,002	0,002	0,589	0,002	0,002	0,065	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,589
Pb	0,394	0,240	0,004	0,818	0,002	0,002	-	-	-	0,937	0,041	0,015	-	-	-

*Mann Whitney U test. Anlamlı farklılık bulunan değerler kalın punto kullanılarak gösterilmiştir ($p < 0,05$) değerinin altındaki p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 4.12’de farklı markalara ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark tellerinin farklı pH’larda T0 ve T1 zaman aralıklarında iyon salınım miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterilmiştir.

AON tel grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Co, Ni ve Se elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Co, Ni ve Sr elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Mn, Co, As, Sr ve Rb elementlerinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH’ın asidik yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

AON tel grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Mn, As ve Sn elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Al, Fe ve Sn elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Cd ve Pb elementlerinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH’ın nötr yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

3MN tel grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Co, Ni, Se, Rb, Ti ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Fe, Co, Ni, Sr, Sn, Se, Rb, Ti ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Mn, Fe, Co ve Sr elementlerinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu

bulgular bize, pH'ın asidik yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

3MN tel grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Al, Mn ve As elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Al, Mo ve Pb elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Al, Se, Mo, Sn ve Pb elementlerinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın nötr yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

DN tel grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Co, Ni, Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Co, Ni ve Sr elementlerinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın asidik yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

DN tel grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Sn elementinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Mn elementinin elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Mn elementinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın nötr yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen

elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

RMON tel grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Se, Co, Ni, Sr, Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Co, Ni, Sr, Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Mn, Co, Sr, Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın asidik yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

RMON tel grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte V elementinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte V, Mo ve Sn elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Se, Mo ve Pb elementlerinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın nötr yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

UN tel grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Co, Ni, Tl, Se, Sr, Mo ve Cd elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Fe, Co, Ni, Sr ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Co, Sr ve Hg elementlerinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 4 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu

bulgular bize, pH'ın asidik yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

UN tel grubundan pH 5,5 değerinde yapay tükürükte Al elementinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Sn ve Hg elementlerinin iyon salınım miktarları pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 6,7 değerinde, pH 4 değerinde yapay tükürükte Sn ve Se elementlerinin iyon salınım miktarları pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile kıyaslandığında pH 5,5 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Bu bulgular bize, pH'ın nötr yönde değişmesiyle yukarıda bahsedilen elementlerin iyon salınım miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu belirtmektedir.

pH'ın azalmasıyla iyon salınım miktarlarında grupların çoğunluğunda istatistiksel olarak anlamlı artış görülen elementler tel grubu için Co, Ni ve Sr'dur.

4.2.2. Gruplar arası pH'a bağlı değişimler

Tablo 4.11'e göre pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile pH 4 değerinde salınan iyon miktarları kıyaslandığında pH'ın asidik yönde değişmesiyle istatistiksel olarak anlamlı artış görülen element sayısının en fazla olduğu braket grubu AO, tel grubu ise 3MN'dedir. T0 ve T1 zamanları için pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile pH 4 değerinde salınan iyon miktarları kıyaslandığında pH'ın asidik yönde değişmesiyle tüm braket gruplarında (UA braket grubu hariç) istatistiksel olarak anlamlı artış görülen element sayısı daha fazladır.

RMO braket grubu hariç, diğer tüm markalarda Co elementinin iyon salınım miktarı pH değerinin azalması ile istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artmıştır.

Tablo 4.13'te görüldüğü gibi pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile pH 4 değerinde salınan iyon miktarları kıyaslandığında pH'ın asidik yönde değişmesiyle total iyon salınım düzeyinde en çok artış görülen braket markası grubu UA, pH 5,5 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile pH 4

değerinde salınan iyon miktarları kıyaslandığında pH'ın asidik yönde değişmesiyle total iyon salınım düzeyinde en çok artış görülen braket markası grubu RMO'dur.

Tablo 4.13'e göre T0 ve T1 zaman aralıkları için tüm markalarda total iyon salınım düzeyinin en fazla pH 4 değerinde, yalnızca 3M braket grubunda total iyon salınım düzeyinin en fazla pH 5,5 değerinde, olduğu görülmektedir. En düşük salınımın pH 6,7 ve pH 5,5 değerinde hazırlanan yapay tükürükte gerçekleştiği görülmüştür. Tüm bu veriler doğrultusunda pH azaldıkça salınımın arttığı belirlenmiştir.

Tablo 4.14 incelendiğinde pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile pH 4 değerinde salınan iyon miktarları kıyaslandığında pH'ın asidik yönde değişmesiyle total iyon salınım düzeyinde en çok artış görülen tel markası grubu UN, pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile pH 5,5 değerinde salınan iyon miktarları kıyaslandığında pH'ın asidik yönde değişmesiyle total iyon salınım düzeyinde en çok artış görülen tel markası grubu DN'dir. Tablo 4.14'e göre 3MN, RMON ve UN tel grupları için total iyon salınım düzeyinin en fazla pH 4 değerinde, AON ve DN tel grupları için total iyon salınım düzeyinin en fazla pH 5,5 değerinde hazırlanan yapay tükürükte olduğu belirlenmiştir.

Bu bulgular bize farklı markaların farklı pH'larda farklı iyon salınım özelliği gösterdiğini vurgulamaktadır. Bu farklılık braket grubu için iyon salınımının düzeyinin pH 6,7 ve pH 5,5 değerinde hazırlanan yapay tükürükte minimum olduğunu, pH değerinin 4'e azalmasıyla maksimuma ulaştığını göstermektedir. Bu farklılık tel grubu için ise iyon salınım düzeyinin genellikle pH 6,7 değerinde minimum olduğunu, pH 5,5 ve pH 4 değerinde hazırlanan yapay tükürükte maksimuma ulaştığını göstermektedir.

Tablo 4.13. Çalışmamızda incelenen markalara ait braketlerin T0 ve T1 zamanları için farklı pH'larda total iyon salınım konsantrasyonları. AO: American Orthodontics Master Series, 3M: 3M Unitek Gemini, DD: Dentaaurum Discovery Smart Series, RMO: Rocky Mountain Orthodontics Fli Twin, UA: Ultradent Avex.

Ticari Markalar	BRAKETLER					
	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	1. gün	42. gün	1. gün	42. gün	1. gün	42. gün
AO	207,034 µg/l	211,2055 µg/l	440,9758 µg/l	441,0085 µg/l	715,5575 µg/l	716,1052 µg/l
3M	276,3538 µg/l	276,4306 µg/l	306,1839 µg/l	306,2021 µg/l	286,1254 µg/l	286,2254 µg/l
DD	338,9244 µg/l	338,9746 µg/l	280,1729 µg/l	280,2017 µg/l	340,7887 µg/l	340,9473 µg/l
RMO	2143,701 µg/l	2143,71 µg/l	1043,174 µg/l	1043,279 µg/l	2580,006 µg/l	2580,165 µg/l
UA	1263,933 µg/l	1264,093 µg/l	728,0629 µg/l	728,3299 µg/l	2031,827 µg/l	2031,932 µg/l

Tablo 4.14. Çalışmamızda incelenen markalara ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark tellerinin T0 ve T1 zamanları için farklı pH'larda total iyon salınım konsantrasyonları. AON: American Orthodontics üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, 3MN: 3M üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, DN: Dentaaurum Rematitan üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, RMON: Rocky Mountain Orthodontics Orthonol üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, UN: Ultradent Via üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri.

Ticari Markalar	TELLER					
	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	1. gün	42. gün	1. gün	42. gün	1. gün	42. gün
AON	263,8942 µg/l	264,1294 µg/l	363,7845 µg/l	363,8685 µg/l	224,0607 µg/l	224,1148 µg/l
3MN	181,484 µg/l	181,218 µg/l	181,239 µg/l	181,411 µg/l	260,654 µg/l	260,746 µg/l
DN	329,484 µg/l	329,491 µg/l	618,596 µg/l	618,657 µg/l	307,618 µg/l	307,662 µg/l
RMON	255,407 µg/l	255,418 µg/l	263,652 µg/l	263,695 µg/l	260,212 µg/l	260,271 µg/l
UN	239,345 µg/l	239,351 µg/l	323,967 µg/l	324,053 µg/l	328,332 µg/l	328,403 µg/l

4.2. Süreye Bağlı Değişimler

4.2.1 Grup içi süreye bağlı değişimler

Farklı üreticilerin braket ve üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için farklı pH değerlerinde oluşturulmuş gruplar Tablo 4.15'te gösterilmiştir. Gruplar arası elementlerin T0-T1 zaman aralıklarında iyon salınım düzeylerindeki değişimin istatistiksel analizi Tablo 4.16'da görülmektedir.

Tablo 4.16'ya göre T0-T1 zaman aralıklarında AO6,7 braket grubundaki tüm elementlerden gerçekleşen iyon salınım miktarlarının artışı istatistiksel olarak anlamlıdır.

T0-T1 zaman aralıklarında tüm pH değerlerinde ve tüm gruplarda Rb ve Ti elementlerinin iyon salınım düzeyinin artışının istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

AO6,7 grubundan T0'da salınan iyon miktarı T1'de salınan iyon miktarı ile kıyaslandığında %2'lik bir artış gösterdiği bulunmuştur. DD5,5 grubundan T0'da salınan iyon miktarı T1'de salınan iyon miktarı ile kıyaslandığında %3'lik bir artış gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer markaların T0'dan T1'e element salınım oranlarındaki artış çok küçük miktarda olduğundan yüzdelik artışı değerlendirilememiştir.

Tablo 4.17'ye göre AO grubu braketlerde T0-T1 zaman aralıkları için pH 6,7 değerinde metal iyon salınım miktarları en çok artan elementler Fe, Sr ve Ni'dir. Diğer gruplardaki braketlerde T0-T1 zaman aralığında tüm pH değerlerinde metal iyon salınım miktarları en çok artan elementler genel olarak Tl ve Ti elementleri olarak saptanmıştır.

Tablo 4.15. Çalışmamızda incelenen markalara ait braketler ve Ni-Ti tellerin farklı pH değerlerine ait oluşturulan grupları.

Ticari isim	pH 6,7	pH 5,5	pH 4
American Orthodontics Master Series	AO6,7	AO5,5	AO4
American Orthodontics Üst Çene Ovoid Form Ni-Ti Ark Telleri	AON6,7	AON5,5	AON4
3M Unitek Gemini	3M6,7	3M5,5	3M4
3M Üst Çene Ovoid Form Ni-Ti Ark Telleri	3MN6,7	3MN5,5	3MN4
Dentaurum Discovery Smart Series	DD6,7	DD5,5	DD4
Dentaurum Rematitan Üst Çene Ovoid Form Ni-Ti Ark Telleri	DN6,7	DN5,5	DN4
Rocky Mountain Orthodontics Fli Twin	RMO6,7	RMO5,5	RMO4
Rocky Mountain Orthodontics Orthonol Üst Çene Ovoid Form Ni-Ti Ark Telleri	RMON6,7	RMON5,5	RMON4
Ultradent Avex	UA6,7	UA5,5	UA4
Ultradent Via Üst Çene Ovoid Form Ni-Ti Ark Telleri	UN6,7	UN5,5	UN4

Tablo 4.16. Çalışmamızda incelenen markalara ait braketler ve Ni-Ti tellerin farklı pH değerlerine ait grupları arasında T0-T1 zaman aralıklarında değişiminin istatistiksel analizi

p*	Gruplar																				
	Al	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Sr	Mo	Cd	Sn	Sb	Hg	Rb	Ti	Tl	Pb
AO6,7	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,027	0,028	0,028	0,028	0,027	0,028	0,028	0,028
AO5,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
AO4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
AON6,7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
AON5,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
AON4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
3M6,7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
3M5,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
3M4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
3MN6,7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
3MN5,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
3MN4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
DD6,7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
DD5,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
DD4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
DN6,7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
DN5,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
DN4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
RMO6,7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
RMO5,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
RMO4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
RMON6,7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
RMON5,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
RMON4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
UA6,7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
UA5,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
UA4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
UN6,7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
UN5,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00
UN4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,028	0,028	1,00	1,00

*Wilcoxon Signed Rank test. Anlamli farklılık bulunan değerler kalın punto kullanılarak gösterilmiştir. ($p < 0,05$) değerinin altındaki p değerleri istatistiksel olarak anlamli kabul edilmiştir.

Tablo 4.17. Farklı pH'larda T0-T1 zaman aralığında iyon salınımı en çok artan elementlerin sıralaması. AO: American Orthodontics Master Series, 3M: 3M Unitek Gemini, DD: Dentaaurum Discovery Smart Series, RMO: Rocky Mountain Orthodontics Fli Twin, UA: Ultradent Avex, AON: American Orthodontics üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, 3MN: 3M üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, DN: Dentaaurum Rematitan üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, RMON: Rocky Mountain Orthodontics Orthonol üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, UN: Ultradent Via üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri.

Ticari Markalar	pH 6,7	pH 5,5	pH 4
AO	Fe > Sr > Ni	Tl	Ti
3M	Ti	Ti	Rb
DD	Ti	Rb=Tl	Ti
RMO	Ti	Ti	Tl
UA	Ti	Ti	Ti=Tl
AON	Tl	Ti	Tl
3MN	Ti	Tl	Ti
DN	Ti	Tl	Tl
RMON	Fe	Rb	Tl
UN	Tl	Tl	Tl

4.2.2. Gruplar arası süreye bağlı değişimler

Ark teli ve braketlerin içinde bulunduğu yapay tükürükten T0-T1 zaman aralıklarında alınan örneklerden yapılan ölçümler için uygulanan istatistiksel analiz sonucunda sürenin bazı elementler için iyon salınımında önemli olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen veriler; T0-T1 zaman aralıkları için hemen hemen eşit oranda iyon salınımı gerçekleştiği ve bunun yanında çok küçük farklılıklar bulunduğu yönündedir. Bu bulgu bize iyon salınımı miktarının ilk günde maksimuma ulaştığını ve zamanla yatay bir seyir izlediğini göstermektedir.

4.3. Elementlere bağlı değişimler

Braketlerin içeriğindeki element yüzdelerine baktığımızda Ni, Cr ve Fe elementlerinin, metal alaşımların temel bileşenleri olduğunu görmekteyiz. Çalışmamızdan elde edilen verilere göre yüksek oranda salınım yapan Fe ve Ni'in yanı sıra eser miktarda mevcut olduğu düşülen Sr elementinin yüksek oranda iyon salınımı yaptığı görülmüştür. Bunun sonucu olarak bu elementin korozyona yatkınlığının diğer elementlerden daha yüksek olduğu söylenebilir.

Tablo 4.18'e göre elementlerin iyon konsantrasyonlarının hangi üreticide ve pH değerinde en yüksek düzeyde iyon salınım yaptığı görülmektedir. Braket grubunda Fe, Ni, Cr, Al, Co, Cu ve Sr gibi sitotoksik özellikte gösterebilen elementlerin pH 4 değerinde en yüksek düzeyde iyon salınımı yaptığı bulunmuştur. Tel grubunda ise bu elementlerden Al, Cu ve Cr'un pH 6,7, Fe ve Ni'in pH 5,5 ve Co ve Sr'un pH 4 değerinde en yüksek düzeyde iyon salınımı yaptığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.18'i incelediğimizde toksik olabilecek elementler arasında sayılan Al, Fe, Co, Cu ve Cr gibi elementlerin en yüksek düzeyde iyon salınımını UA braket grubunda gerçekleştirdiğini görmekteyiz. Sitotoksik ve alerjik elementler arasında sayılan Ni'in en yüksek iyon salınımı düzeyine RMO braket grubunda, Sr'un ise 3M braket grubunda ulaştığı görülmektedir.

Tablo 4.18. Çalışmamızda incelenen elementlerin en yüksek iyon konsantrasyonuna ulaştıkları pH değerleri ve markaları (İyon salınım değeri [ulaştığı marka]) (Birim: µg/l cinsinden). AON: American Orthodontics üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, 3MN: 3M üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, DN: Dentaaurum Rematitan üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, RMON: Rocky Mountain Orthodontics Orthonol üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, UN: Ultradent Via üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri.

Elementler	BRAKETLER			TELLER		
	pH 6,7	pH 5,5	pH 4	pH 6,7	pH 5,5	pH 4
Al			20,7 µg/l [UA]	16,8 µg/l [DN]		
V	9,1 µg/l [RMO]					5,2 µg/l [UN]
Cr			91,3 µg/l [UA]	14 µg/l [DN]		
Mn	20,9 µg/l [UA]			3,5 µg/l [AON]		
Fe			1564,6 µg/l [UA]		223,5 µg/l [AON]	
Co			4,3 µg/l [UA]			0,5 µg/l [UN]
Ni			2137,9 µg/l [RMO]		389,5 µg/l [DN]	
Cu			17,4 µg/l [UA]	6,7 µg/l [DN]		
Zn	5,1 µg/l [AO]			7,2 µg/l [DN]		
As	0,8 µg/l [AO-3M]			0,8 µg/l [3MN]		
Se		0,7 µg/l [3M]			0,9 µg/l [RMON]	
Sr			108,6 µg/l [3M]			87,2 µg/l [UN]
Mo	35,5 µg/l [DD]				21,1 µg/l [AON]	
Cd		1,13 µg/l [DD]			16,2 µg/l [RMON]	
Sn			3,69 µg/l [DD]	5,84 µg/l [AON]		
Sb	8,47 µg/l [DD]					3,9 µg/l [AON]
Hg		0,59 µg/l [UA]			0,05 µg/l [AON]	
Rb	1,87 µg/l [RMO]				1,06 µg/l [UN]	
Ti	12,8 µg/l [AO]				1,96 µg/l [3MN]	
Tl	2 µg/l [RMO]			2,3 µg/l [AON]		
Pb	3,6 µg/l [AO]			3,5 µg/l [AON]		

Tablo 4.19. Çalışmamızda incelenen elementlerin farklı üreticilere ait braketlerden salınan iyon konsantrasyon düzeylerinin sıralaması (T0 ve T1 zamanları için değerler birbirine çok yakın olduğundan değerler aynıdır). AO: American Orthodontics Master Series, 3M: 3M Unitek Gemini, DD: Dentaaurum Discovery Smart Series, RMO: Rocky Mountain Orthodontics Fli Twin, UA: Ultradent Avex.

Ticari Markalar	pH 6,7	pH 5,5	pH 4
AO	Fe > Sr > Ni > Cr > Cu > Zn > V > Mn/Mo > Sn > Al > Co > Ti > Sb > As > Hg > Se/Pb > Rb/Tl > Cd	Fe > Sr > Ni > Cu > Cr > V > Al > Zn > Mn/Mo > Sb > Sn > Cd > Co > Ti > Rb > Ti > As /Se/Pb > Hg	Ni > Fe > Sr > Cu > Ti > Cr > Mo > V > Mn > Al > Pb > Zn > Co > Sn > Sb > Ti > Rb > As > Se > Cd > Hg
3M	Fe > Sr > Ni > Al > V > Cr > Zn > Cu > Ti > Mn > Sn > Mo > Sb > As > Co > Se > Ti > Pb > Rb > Hg > Cd	Fe > Sr > Ni > Mo > V > Al > Sb > Cr > Zn > Cu > Mn > Sn > Co > Se > As > Ti > Pb > Ti > Rb > Cd > Hg	Fe > Sr > Ni > V > Cu > Zn > Mn > Cr > Al > Mo > Rb > Co > Sn > Sb > Ti > As > Ti > Pb > Se > Cd > Hg
DD	Fe > Sr > Mo > Ni > Al > Sb > V > Cr > Zn > Mn > Sn > Ti > Cu > As > Co > Pb > Se > Rb/Tl > Cd > Hg	Fe > Sr > Ni > V > Al > Zn > Cr > Mo > Cu > Mn > Sn > Co > Se > As /Ti > Rb > Sb > Pb > Ti > Cd > Hg	Fe > Sr > Ni > V > Mo > Mn > Cr > Al > Zn > Cu > Ti > Co > Sn > Sb > Ti > Rb > As > Se / Pb > Cd > Hg
RMO	Ni > Fe > Sr > Al > V > Mo > Cr/Zn > Cu > Sn > Mn > Co > As > Sb > Pb > Se > Ti > Cd/Rb/Tl > Hg	Ni > Fe > Sr > Al > Mo > V > Cr > Zn > Sn > Mn > Co > Cu > Ti > Ti > Rb > Se > As/Sb > Cd > Hg	Ni > Fe > Sr > Al > Mo > Cr > Zn > V > Co > Mn > Sb > Ti > Rb > Sn > Cu > Pb > As > Ti > Se > Cd > Hg
UA	Fe > Ni > Cr > Sr > Mn > Al > Cu > Mo > Ti > V > Zn > Co > Sn > Sb > As > Hg > Pb > Ti/Se > Rb > Cd	Fe > Ni > Sr > Cr > Cu > Al > Mn > Ti > Zn > Mo > V > Sn > Co > Ti > Rb > Hg > As > Se > Pb > Sb > Cd	Fe > Ni > Cr > Sr > Al > Cu > Mn > Mo > Zn > Co > Sn > V > Pb/Ti > Ti > Rb > As > Sb > Hg > Se > Cd

Tablo 4.20. Çalışmamızda incelenen elementlerin farklı üreticilere ait üst çene ovoid form Ni-Ti ark tellerinden salınan iyon konsantrasyon düzeylerinin sıralaması (T0 ve T1 zamanları için değerler birbirine çok yakın olduğundan değerler aynıdır). AON: American Orthodontics üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, 3MN: 3M üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, DN: Dentaaurum Rematitan üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, RMON: Rocky Mountain Orthodontics Orthonol üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, UN: Ultradent Via üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri.

Ticari Markalar	pH 6,7	pH 5,5	pH 4
AON	Fe > Sr > Ni > Al > Mo > Sn > Zn > V/Mn/Pb > Sb > Ti > Rb > Cr > Ti > As > Cu > Se > Cd/Hg > Co	Fe > Sr > Ni > Mo > Al > Zn > Sb > V > Sn > Cr > Ti > Cu > Mn > Se/Pb /Ti > Rb > As/Co > Hg > Cd	Sr > Fe > Ni > Mo > Zn > Sb/V > Al > Cr > Mn > Sn > As/Tl > Rb > Cu > Co > Se > Ti > Pb > Cd > Hg
3MN	Sr > Fe > Al > Ni > V > Zn > Cr > Mn > Cu > Mo > As > Sb > Sn > Pb > Ti > Se > Co > Ti/Rb > Cd > Hg	Sr > Fe > Ni > Al > Zn > V > Sn > Sb > Cr > Ti > Mn > Mo > Cu > Ti > Rb > Se > As > Pb/Co > Cd > Hg	Fe > Sr > Ni > V > Zn > Cr > Al > Mn > Ti > Cu > As > Ti > Sn > Rb > Sb > Mo > Co > Cd > Se > Pb > Hg
DN	Fe > Ni > Sr > Cr > V > Al > Zn > Sn > Cu > Se/Mn/Tl > Rb > Mo > As > Co > Sb > Pb > Ti > Cd > Hg	Ni > Fe > Sr > Zn > Al > V > Cr > Mn > Ti > Sn/Rb > Mo > Cu > As > Sb > Co > Pb > Cd > Se > Ti > Hg	Fe > Ni > Sr > Cr > V > Al > Zn > Sn > Cu > Mn/Tl /Se > Rb > Mo > As > Co > Sb > Pb > Ti > Cd > Hg
RMON	Fe > Sr > N > Al > Cr > V > Zn > Mo > Mn > Sn > Cu > Sb > As > Pb > Co/ Se > Rb/Tl > Ti /Cd > Hg	Fe > Sr > Ni > Cd > V > Al > Zn > Cr > Sn > Mn/ Se > Cu > Mo > Ti > Rb > Sb > Co/As > Pb > Ti /Hg	Fe > Sr > Ni > Zn > Cr > V > Al > Mn > Cu/Tl > Rb > Sn > Mo/Co > As > Sb > Cd > Se > Ti /Pb > Hg
UN	Fe > Sr > Ni > Al > V > Cr > Sn > Zn > Mn > Cu/As > Mo > S > Se/Co > Ti > Pb > Ti/Rb > Hg > Cd	Fe > Sr > Ni > Mo > V > Cr > Zn > Al > Sn > Ti > Rb > Sb > Se > Mn /Cu > Co > As > Pb > Cd > Ti > Hg	Fe > Sr > Ni > Cr > Zn > V > Al > Cu > Mn > Ti > Sb > Rb > Mo > Sn/As > Co > Cd > Se > Pb > Ti > Hg

Tablo 4.19 ve Tablo 4.20 incelendiğinde çalışmamızda incelenen elementlerin farklı üreticilere ait braket ve üst çene ovoid form Ni-Ti ark tellerinden salınan iyon konsantrasyon düzeylerinin sıralaması görülmektedir. Her bir ticari markanın braket ve telleri için en çok ve en az salınan elementlerin benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. T0 ve T1 zamanlarında en çok salınan metal iyonları Fe, Ni, Sr, Cr ve Al iken en az salınan metal iyonları Cd ve Hg'dir. Cd ve Hg seviyesi saptama sınırının taban seviyesine yakındır. Diğer iyonların konsantrasyonları daha belirlenebilir seviyelerdedir.

Mevcut çalışmada markalara ait braket ve tellerin metal iyon salınımı miktarlarının sıralamasına baktığımızda, en çok (Fe, Ni, Sr, Cr ve Al) ve en az (Cd, Hg) salınan metal iyonları hariç, tüm markalar tüm pH'larda farklı düzeylerde metal iyon salınımı gerçekleştirmiş olup, aralarında herhangi bir korelasyon yoktur. Bu durum bize her markanın kendi içinde farklı pH'larda farklı iyon salınım özelliği gösterdiğini ve üretim tekniği, metal alaşım içeriği farklılığı gibi parametrelerin metal iyon salınımı üzerinde etkisi olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.19 incelendiğinde AO braket grubundan T0 ve T1 zamanlarında pH 6,7 ve 5,5 değerlerinde en yüksek oranda Fe elementinden, pH 4 değerinde ise en yüksek oranda Ni elementinden iyon salındığı, aynı braket grubundan pH 6,7 değerinde en düşük oranda Cd elementinden, pH 5,5 ve 4 değerlerinde ise en düşük oranda Hg elementinden iyon salındığı tespit edilmiştir.

3M, DD ve UA braket gruplarından T0 ve T1 zamanlarında tüm pH değerlerinde en yüksek oranda Fe elementinden iyon salındığı bulunmuştur.

3M braket grubundan pH 6,7 değerinde en düşük oranda Cd elementinden, pH 5,5 ve 4 değerlerinde ise en düşük oranda Hg elementinden iyon salındığı görülmüştür.

RMO braket grubundan T0 ve T1 zamanlarında tüm pH değerlerinde en yüksek oranda Ni elementinden iyon salındığı belirlenmiştir.

DD ve RMO braket gruplarından ise T0 ve T1 zamanlarında tüm pH değerlerinde en düşük oranda Hg elementinden iyon salındığı tespit edilmiştir.

UA braket grubundan ise T0 ve T1 zamanlarında tüm pH değerlerinde en düşük oranda Cd elementinden iyon salındığı bulunmuştur.

Yapay tükrüğe en fazla geçen element AO, 3M, DD ve UA braket grupları için Fe elementinin iyonları iken, RMO braket grubu için Ni elementinin iyonlarıdır.

Tablo 4.20 incelendiğinde AON tel grubundan T0 ve T1 zamanlarında pH 6,7 ve 5,5 değerlerinde en yüksek oranda Fe elementinden, pH 4 değerinde ise en yüksek miktarda Sr elementinden iyon salındığını görüyoruz. Aynı tel grubundan pH 6,7 değerinde en düşük oranda Co elementinden, pH 5,5 değerinde en düşük oranda Cd elementinden ve pH 4 değerinde ise en düşük oranda Hg elementinden iyon salındığı belirlenmiştir.

3MN tel grubundan T0 ve T1 zamanlarında pH 6,7 ve 5,5 değerlerinde en yüksek oranda Sr elementinden, pH 4 değerinde ise en yüksek miktarda Fe elementinden iyon salındığı görülmüştür.

3MN, DN ve RMON tel gruplarından ise T0 ve T1 zamanlarında tüm pH değerlerinde en düşük oranda Hg elementinden iyon salındığı tespit edilmiştir.

DN tel grubundan T0 ve T1 zamanlarında pH 6,7 ve 4 değerlerinde en yüksek oranda Fe elementinden, pH 5,5 değerinde ise en yüksek miktarda Ni elementinden iyon salındığını bulunmuştur.

RMON ve UN tel gruplarından T0 ve T1 zamanlarında tüm pH değerlerinde en yüksek oranda Fe elementinden iyon salınmıştır.

UN tel grubundan T0 ve T1 zamanlarında pH 6,7 değerinde en düşük oranda Cd elementinden, pH 5,5 ve pH 4 değerlerinde ise en düşük miktarda Hg elementinden iyon salındığını belirlenmiştir.

Yapay tükrüğe en fazla geçen element AON, DN, RMON ve UN tel grupları için Fe elementinin iyonları iken, 3MN braket grubu için Sr elementinin iyonlarıdır.

Tablo 4.21. pH'n azalmasıyla incelenen elementlerin iyon salınım miktarlarının yüzdelik artışının en yüksek değeri ve bu değerde salınım yaptığı braket markaları (İyon salınım değeri [ulaştığı marka]). AO: American Orthodontics Master Series, 3M: 3M Unitek Gemini, DD: Dentaaurum Discovery Smart Series, RMO: Rocky Mountain Orthodontics Fli Twin, UA: Ultradent Avex.

Elementler	pH 6,7-pH 5,5	pH 6,7-pH 4	pH 5,5-pH 4
Al		%180 µg/l [AO]	
V		%55 µg/l [AO]	
Cr			%433 µg/l [DD]
Mn			%266 µg/l [DD]
Fe			%250 µg/l [UA]
Co		%687 µg/l [AO]	
Ni		%2294 µg/l [AO]	
Cu		%279 µg/l [3M]	
Zn		%128 µg/l [3M]	
As			%331 µg/l [AO]
Se	%600 µg/l [3M]		
Sr		%73 µg/l [AO]	
Mo	%2668 µg/l [3M]		
Cd	%32999 µg/l [AO]		
Sn		163 µg/l [UA]	
Sb	%870 µg/l [AO]		
Hg	%176 µg/l [DD]		
Rb		%17927 µg/l [AO]	
Ti			%10569 µg/l [AO]
Tl		%17925 µg/l [AO]	
Pb			%3464 µg/l [AO]

Tablo 4.22. pH'n azalmasıyla incelenen elementlerin iyon salınım miktarlarının yüzdelik artışının en yüksek değeri ve bu değerde salınım yaptığı tel markaları. (İyon salınım değeri [ulaştığı marka]). AON: American Orthodontics üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, 3MN: 3M üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, DN: Dentaaurum Rematitan üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, RMON: Rocky Mountain Orthodontics Orthonol üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, UN: Ultradent Via üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri.

Elementler	pH 6,7-pH 5,5	pH 6,7-pH 4	pH 5,5-pH 4
Al			%55 µg/l [UN]
V			%34 µg/l [AON]
Cr			%127 µg/l [RMON]
Mn			%67 µg/l [UN]
Fe			%125 µg/l [3MN]
Co		%1808 µg/l [AON]	
Ni	%357 µg/l [DN]		
Cu			%273 µg/l [UN]
Zn		%373 µg/l [UN]	
As			%434 µg/l [AON]
Se	%1018 µg/l [RMON]		
Sr			%25 µg/l [AON]
Mo	%1146 µg/l [UN]		
Cd	%54057 µg/l [RMON]		-
Sn	%576 µg/l [3MN]		
Sb	%270 µg/l [3MN]		
Hg	%237 µg/l [AON]		
Rb	%3194 µg/l [UN]		
Ti	%1734 µg/l [3MN]		
Tl	%3245 µg/l [UN]		
Pb	%206 µg/l [UN]		

Tablo 4.21 ve 4.22'e göre T0 ve T1 zamanlarında pH değerin azalmasıyla iyon salınım miktarındaki artışın yüzdelik değeri görülmektedir. Buna göre Al, V, Co, Ni, Sr, Rb, Tl ve Pb elementlerinin iyon salınım miktarlarında en yüksek yüzdelik artışın görüldüğü braket grubu AO, pH aralığı ise 6,7-4'tür.

Cd ve Sb elementlerinin iyon salınım miktarlarında en yüksek yüzdelik artışın görüldüğü braket grubu AO, pH aralığı ise 6,7-5,5'dir.

As, Pb ve Ti elementlerinin iyon salınım miktarlarında en yüksek yüzdelik artışın görüldüğü braket grubu AO, pH aralığı ise 5,5-4'tür.

Cu ve Zn elementlerinin iyon salınım miktarları değerlendirildiğinde en yüksek yüzdelik artışın görüldüğü braket grubu 3M, pH aralığı ise 6,7-4'tür.

Se ve Mo elementlerinin iyon salınım miktarlarında değerlendirildiğinde en yüksek yüzdelik artışın görüldüğü braket grubu 3M, pH aralığı ise 6,7-5,5'dir.

Hg elementinin iyon salınım miktarında en yüksek yüzdelik artışın görüldüğü braket grubu DD, pH aralığı ise 6,7-5,5'dir.

Cr ve Mn elementlerinin iyon salınım miktarlarında en yüksek yüzdelik artışın görüldüğü braket grubu DD, pH aralığı ise 5,5-4'tür.

Fe elementinin iyon salınım miktarında en yüksek yüzdelik artışın görüldüğü braket grubu UN, pH aralığı ise 5,5-4'tür.

Sn elementinin iyon salınım miktarında en yüksek yüzdelik artışın görüldüğü braket grubu UN, pH aralığı ise 6,7-4'tür.

4.4. Ticari markalara bağılı değişimler

Tablo 4.23'te braketler ve Tablo 4.26'da üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için T0 ve T1 zamanlarında çalışmamızda incelenen elementlerin farklı pH değerlerinde maksimum ve minimum iyon salınımı gösterdiği markalar gösterilmiştir.

Tablo 4.23 incelendiğinde pH 6,7 değerinde genel olarak elementlerin en yüksek düzeyde iyon salınım özelliği gösterdiği braket grubu UA, en düşük düzeyde salınım özelliği gösterdiği braket grubu ise AO'dır.

pH 5,5 değerinde genel olarak elementlerin en yüksek düzeyde iyon salınım özelliği gösterdiği braket grubu UA'dır. En düşük oranda iyon salınımı yapan element sayıları tüm markalarda birbirine yakın bulunmuştur.

pH 4 değerinde genel olarak elementlerin en yüksek düzeyde iyon salınım özelliği gösterdiği braket grubu UA, en düşük düzeyde iyon salınım özelliği gösterdiği braket grubu ise 3M'dir.

UA grubu tüm pH değerlerinde elementlerin en yüksek oranda iyon salınımı yaptığı braket markasıdır. Toksik olabilecek elementler arasında sayılan Al, Fe, Co, Cu ve Cr gibi elementlerin iyonlarının en yüksek düzeyde UA braket grubundan salındığını görmekteyiz. Sitotoksik ve alerjik elementler arasında sayılan Ni elementinin iyonlarının en yüksek düzeyde RMO braket grubundan Sr'un ise 3M braket grubunda ulaştığı belirlenmiştir.

pH 6,7 değerinde elementlerin en düşük düzeyde iyon salınımı yaptığı braket grubu AO'dur. pH değerinin asidik özellik göstermesi sonucu bu gruptaki bazı elementlerin (Al, V, Fe, Co, As, Sr, Sb, Rb ve Tl) salınım oranı artmış ve elementlerin en düşük düzeyde iyon salınımı yaptığı grup 3M braket grubu olmuştur. Bu bulgular bize nötr pH ve asidik pH değerindeki ortamlarda markaların farklı iyon salınım özelliğine sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.23. Çalışmamızda incelenen elementlerin farklı pH değerlerinde maksimum ve minimum iyon salınımı gösterdiği braket markaları (T0 ve T1 zamanları için değerler birbirine çok yakın olduğundan değerler aynıdır). AO: American Orthodontics Master Series, 3M: 3M Unitek Gemini, DD: Dentaaurum Discovery Smart Series, RMO: Rocky Mountain Orthodontics Fli Twin, UA: Ultradent Avex.

Elementler	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min
Al	RMO	AO	UA	AO	UA	3M
V	RMO	AO=UA	RMO	UA	DD	RMO=UA
Cr	UA	DD	UA	DD	UA	3M
Mn	UA	3M	UA	RMO	UA	RMO
Fe	UA	AO	UA	3M	UA	3M
Co	UA	AO=3M	UA	3M	UA	3M
Ni	RMO	DD	RMO	DD	RMO	3M
Cu	UA	DD	AO	RMO	UA	RMO
Zn	AO	3M	UA	RMO	DD	AO
As	DD=RMO	AO	UA	AO	UA	DD
Se	*	*	3M	AO	*	*
Sr	RMO	AO	3M	UA	3M=DD	UA
Mo	DD	3M	3M	DD	RMO	3M
Cd	AO	DD	DD	UA	3M	AO
Sn	RMO	UA	UA	3M	UA	3M
Sb	DD	AO	3M	UA	RMO	UA
Hg	UA	DD	UA	RMO	UA	RMO
Rb	UA	AO	RMO	3M	RMO	DD
Ti	UA	RMO	UA	DD	AO	RMO
Tl	UA	AO	RMO	3M	RMO	3M
Pb	DD=RMO	3M	UA	AO	AO	DD

*Her markada aynı miktarda salındığından gözardı edilmiştir.

Tablo 4.24 incelendiğinde T0 ve T1 zamanlarında pH 6,7 değerinde genel olarak elementlerin en yüksek düzeyde iyon salınım özelliği gösterdiği tel grubu AON, en düşük düzeyde iyon salınım özelliği gösterdiği tel grubu ise UN'dir.

pH 5,5 değerinde genel olarak elementlerin en yüksek düzeyde iyon salınım özelliği gösterdiği tel grubu DN, en düşük düzeyde iyon salınım özelliği gösterdiği tel grubu ise AON'dur.

pH 4 değerinde genel olarak elementlerin en yüksek düzeyde iyon salınım özelliği gösterdiği tel grubu UN, en düşük düzeyde iyon salınım özelliği gösterdiği tel grubu ise DN grubundadır.

pH 6,7 değerinde elementlerin en düşük oranda iyon salınımı yaptığı tel markası grubu UN'dir. pH'ın asidik özellik göstermesi sonucu bu gruptaki bazı elementlerin (Mn, Zn, Cd, Rb, Tl ve Pb) salınım oranı artmış ve elementlerin en düşük düzeyde iyon salınımı yaptığı grup DN tel grubu olarak görülmüştür.

Tablo 4.24. Çalışmamızda incelenen elementlerin farklı pH değerlerinde maksimum ve minimum iyon salınımı gösterdiği üst çene ovoid form Ni-Ti ark teli markaları (T0 ve T1 zamanları için değerler birbirine çok yakın olduğundan değerler aynıdır). AON: American Orthodontics üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, 3MN: 3M üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, DN: Dentaaurum Rematitan üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, RMON: Rocky Mountain Orthodontics Orthonol üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, UN: Ultradent Via üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri.

Elementler	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min
Al	3MN	3MN	3MN	UN	UN	3MN
V	UN	AON	UN	AON	UN	AON=3MN
Cr	DN	AON	UN	AON	UN	AON
Mn	AON	UN	DN	AON	3MN=RMON	DENT
Fe	RMON	3MN	AON	3MN	UN	AO
Co	UN	AON	UN	AON	UN	DN
Ni	DN	3MN	DN	3MN	DN	3MN
Cu	DN	AON	AON	DN	UN	AON
Zn	DN	UN	DN	RMON=UN	RMO	DN
As	3MN	RMON	DN	AON	AON =3MN	DN=RMON
Se	*	*	RMON	DN	DN	3MN=RMON=UN
Sr	3MN	RMO	DN	RMON	UN	DN
Mo	AON	UN	AON	DN	AON	3MN=RMON
Cd	DN	UN	RMON	UN	RMON	DN
Sn	AON	3MN	3MN	DN	AON	DN
Sb	AON	DN	3MN	DN	AON	DN
Hg	AON	DN	AON	DN	RMO	AON=UN
Rb	AON	UN	DN	AON	UN	DN
Ti	AON	RMON	3MN	DN=RMON=UN	3MN	DN=RMON
Tl	AON	UN	UN	AON	UN	3MN= DN
Pb	AON	UN	AON	RMON	DN	3MN= DN

* Her markada aynı miktarda salındığından gözardı edilmiştir.

Tablo 4.25’de çalışmamızda incelenen elementlerin T0 ve T1 zamanlarında farklı pH değerlerinde markalar arasında iyon salınımının istatistiksel olarak değerlendirilmesi görülmektedir. Bu tabloya göre pH 6,7 değeri için braketlerde Ti dışındaki tüm elementlerin iyon salınım miktarlarındaki değişim markalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir. Tellerde ise sadece Ti elementindeki değişim markalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir.

pH 5,5 için braketlerde Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarlarındaki değişim markalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir. Tellerde ise Rb, Ti ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarlarındaki değişim markalar arasında istatistiksel anlamlı farklılık göstermektedir.

pH 4 için braketlerde Rb ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarlarındaki değişim markalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir. Tellerde ise Rb, Ti ve Tl elementlerinin iyon salınım miktarlarındaki değişim markalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir.

Tablo 4.26’da farklı pH değerlerinde markalar arasında iyon salınımı istatistiksel olarak anlamlı bulunan elementlerin istatistiksel analiz değerlendirilmesi görülmektedir. Bu tabloya göre pH 6,7 için AO braket grubundan salınan tüm elementlerin iyon düzeyleri ile diğer tüm markalardan salınan tüm elementlerin iyon düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. Bu farklılık AO braket grubundan salınan iyon düzeylerinin çoğunun diğer markalara göre daha düşük olması yönündedir. AO braket grubundan salınan Rb ve Tl’un iyon düzeyleri ile 3M, DD ve RMO braket gruplarından salınan Rb ve Tl’un iyon düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

Tablo 4.27’ye göre pH 5,5 için AO-3M, 3M-RMO ve 3M-UA, braket grupları arasında Rb ve Tl salınım düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır.

Tablo 4.28’e göre pH 4 için DD-RMO, DD-UA braket grupları arasında Rb’nin, 3M-RMO, 3M-UA, DD-RMO, DD-UA braket grupları arasında Tl’un

salınım düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. Bu farklılıklar RMO ve UA braket grupları lehinedir.

Tablo 4.29'a göre pH 6,7 için 3MN-RMON tel grupları arasında Ti'un salınım düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. Bu farklılık 3MN tel markası lehindedir.

Tablo 4.30'a göre pH 5,5 için AON-DN, AON-UN ve DN-RMON tel grupları arasında Rb'nin, 3MN-DN, 3MN-RMON, 3MN-UN tel grupları arasında Ti'un, AON-DN, AON-UN, DN-RMON tel grupları arasında Tl'nin salınım düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır.

Tablo 4.31'e göre pH 4 için AON-RMON, AON-UN, 3MN-UN, DN-RMON ve DN-UN tel grupları arasında Rb'nin, 3MN-DN, 3MN-RMON, 3MN-UN tel grupları arasında Ti'un, AON-RMON, AON-UN, 3MN-UN, DN-RMON ve DN-UN tel grupları arasında Tl'nin salınım düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır.

Bu veriler doğrultusunda braket grubu için RMO ve UA gruplarından, tel grubu içinse UN ve 3MN gruplarından salınan iyon düzeylerinin diğer markalara göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek miktarda olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.25. Çalışmamızda incelenen elementlerin farklı pH değerlerinde markalar arasında iyon salınımının istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

	pH 6,7		pH 5,5		pH 4	
	Braket	Tel	Braket	Tel	Braket	Tel
Al	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
V	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cr	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Mn	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Fe	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Co	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ni	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cu	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Zn	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
As	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Se	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Sr	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Mo	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cd	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Sn	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Sb	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Hg	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Rb	0,028	0,999	<0,001	0,001	0,009	<0,001
Ti	0,070	0,048	0,075	0,009	0,117	0,004
Tl	0,028	0,998	<0,001	0,001	0,001	<0,001
Pb	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

*Kruskal Wallis Test. Aralarında farklılık bulunan gruplar kalınlaştırılarak belirtilmiştir. ($p < 0,05$) değerinin altındaki p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 4.26. pH 6,7 değerinde braket markaları arasında iyon salınımı istatistiksel olarak anlamlı bulunan elementlerin istatistiksel analizi. AO: American Orthodontics Master Series, 3M: 3M Unitek Gemini, DD: Dentaureum Discovery Smart Series, RMO: Rocky Mountain Orthodontics Fli Twin, UA: Ultradent Avex.

p*	Braket (Ph 6,7)									
	AO-3M	AO-DD	AO-RMO	AO-UA	3M-DD	3M-RMO	3M-UA	DD-RMO	DD-UA	RMO-UA
Al	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
V	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cr	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Mn	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Fe	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Co	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ni	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cu	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Zn	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
As	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Se	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Sr	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Mo	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cd	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Sn	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Sb	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Hg	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Rb	0,818	0,015	0,818	0,002	0,132	0,394	0,065	0,394	0,240	0,065
Tl	0,818	0,015	0,818	0,002	0,132	0,394	0,065	0,394	0,240	0,065
Pb	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

*Mann Whitney U Test. Aralarında farklılık bulunan gruplar kalınlaştırılarak belirtilmiştir. ($p < 0,05$) değerinin altındaki p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 4.27. pH 5,5 değerinde braket markaları arasında iyon salınımı istatistiksel olarak anlamlı bulunan elementlerin istatistiksel analizi. AO: American Orthodontics Master Series, 3M: 3M Unitek Gemini, DD: Dentaureum Discovery Smart Series, RMO: Rocky Mountain Orthodontics Fli Twin, UA: Ultradent Avex.

p*	Braket (Ph 5,5)									
	AO-3M	AO-DD	AO-RMO	AO-UA	3M-DD	3M-RMO	3M-UA	DD-RMO	DD-UA	RMO-UA
Rb	0,002	0,132	0,026	0,041	0,026	0,002	0,002	0,015	0,026	1,00
Ti	0,002	0,132	0,026	0,041	0,026	0,002	0,002	0,015	0,026	1,00

*Mann Whitney U Test. Aralarında farklılık bulunan gruplar kalınlaştırılarak belirtilmiştir. ($p < 0,05$) değerinin altındaki p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 4.28. PH 4 değerinde braket markaları arasında iyon salınımı istatistiksel olarak anlamlı bulunan elementlerin istatistiksel analizi. AO: American Orthodontics Master Series, 3M: 3M Unitek Gemini, DD: Dentaureum Discovery Smart Series, RMO: Rocky Mountain Orthodontics Fli Twin, UA: Ultradent Avex.

p*	Braket (Ph 4)									
	AO-3M	AO-DD	AO-RMO	AO-UA	3M-DD	3M-RMO	3M-UA	DD-RMO	DD-UA	RMO-UA
Rb	1,00	0,589	0,041	0,065	0,937	0,041	0,065	0,002	0,002	0,310
Ti	0,394	0,589	0,041	0,065	0,310	0,002	0,002	0,002	0,002	0,310

*Mann Whitney U Test. Aralarında farklılık bulunan gruplar kalınlaştırılarak belirtilmiştir. ($p < 0,05$) değerinin altındaki p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 4.29. pH 6,7 değerinde tel markaları arasında iyon salınımı istatistiksel olarak anlamlı bulunan elementlerin istatistiksel analizi. AON: American Orthodontics üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, 3MN: 3M üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, DN: Dentaureum Rematitan üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, RMON: Rocky Mountain Orthodontics Orthonol üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, UN: Ultradent Via üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri.

p*	Tel (Ph 6,7)									
	AON-3MN	AON-DN	AON-RMON	AON-UN	3MN-DN	3MN-RMON	3MN-UN	DN-RMON	DN-UN	RMON-UN
Ti	0,937	0,240	0,015	0,132	0,394	0,004	0,240	0,132	0,699	0,240

*Mann Whitney U Test. Aralarında farklılık bulunan gruplar kalınlaştırılarak belirtilmiştir. ($p < 0,05$) değerinin altındaki p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 4.30. pH 5,5 değerinde tel markaları arasında iyon salınımı istatistiksel olarak anlamlı bulunan elementlerin istatistiksel analizi. AON: American Orthodontics üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, 3MN: 3M üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, DN: Dentaaurum Rematitan üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, RMON: Rocky Mountain Orthodontics Orthonol üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, UN: Ultradent Via üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri.

p*	Tel (Ph 5,5)									
	AON-3MN	AON-DN	AON-RMON	AON-UN	3MN-DN	3MN-RMON	3MN-UN	DN-RMON	DN-UN	RMON-UN
Rb	0,041	0,002	0,009	0,002	0,132	0,818	0,041	0,004	0,310	0,009
Ti	0,065	0,310	0,394	0,310	0,002	0,001	0,002	0,699	0,589	0,818
TI	0,041	0,002	0,009	0,002	0,132	0,818	0,041	0,004	0,310	0,009

*Mann Whitney U Test. Aralarında farklılık bulunan gruplar kalınlaştırılarak belirtilmiştir. ($p < 0,05$) değerinin altındaki p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 4.31. pH 4 değerinde tel markaları arasında iyon salınımı istatistiksel olarak anlamlı bulunan elementlerin istatistiksel analizi. AON: American Orthodontics üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, 3MN: 3M üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, DN: Dentaaurum Rematitan üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, RMON: Rocky Mountain Orthodontics Orthonol üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri, UN: Ultradent Via üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri.

p*	Tel (Ph 4)									
	AON-3MN	AON-DN	AON-RMON	AON-UN	3MN-DN	3MN-RMON	3MN-UN	DN-RMON	DN-UN	RMON-UN
Rb	0,589	0,180	0,002	0,002	0,485	0,026	0,002	0,004	0,002	0,041
Ti	0,009	0,310	0,310	0,699	0,002	0,002	0,002	1,00	0,180	0,180
TI	0,589	0,180	0,002	0,002	0,485	0,026	0,002	0,004	0,002	0,041

*Mann Whitney U Test. Aralarında farklılık bulunan gruplar kalınlaştırılarak belirtilmiştir. ($p < 0,05$) değerinin altındaki p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

TARTIŞMA

Metal alaşımların korozyona karşı direnci, alaşımın biyouyumluluğunu belirleyen en önemli faktörlerdendir (152). Literatürde (20, 153), ortodontik materyallerin biyouyumluluk özellikleri geniş bir şekilde tartışılmaktadır. Ortodontik tedavilerde paslanmaz çelik ve Ni-Ti esaslı materyaller mekanik özellikleri nedeniyle büyük oranda tercih edilmektedir. Bu materyallerin en büyük dezavantajlarından biri ağız ortamında korozyona uğramaları sonucu iyon salınımı gerçekleşmesidir (6). Oral kavitede ortodontik cihazların korozyonunu hızlandıran birçok faktör mevcuttur. Barret ve ark. (3) tükürüğün pH'ının, enzim aktivitesinin, organik asit ve bakteri florasının ağızdaki metallerde korozyonun oluşmasında etkili olan faktörler olduğunu belirtmişlerdir. Ortodontik alaşımlardan salınan metal iyonları oral dokularla uzun süreli kontakt halindedir. Ortodontik tedavilerde kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmakta olan bant, braket ve tellerin içeriğinde bulunan elementlerden salınan iyonların olası toksik ve mutajenik etkilerinin varlığından bahsedilmektedir (3, 12, 16, 154). Kanseri araştırmalarına ve metal toksikolojisine dair literatür, metal iyonlarının kronik düşük seviyelerinin hücresel metabolizmayı ve morfolojiyi değiştirebildiği ve enflamasyona hatta DNA instabilitesine neden olabildiği hakkında birçok rapor içermektedir (152). Bu nedenle ağızdaki sabit ortodontik apareylerden kişinin dolaşımına katılan günlük metal iyonu miktarı oldukça önemlidir. Park ve Shearer (31), 1983 yılında yaptıkları çalışmada ortodontik aygıtlardan günde 40 µg Ni ve 30 µg Cr salındığını belirlemişlerdir. Halen ortodontik materyallerin alaşım içeriğinde bulunan elementlerin iyon salınım oranlarını değerlendirmek ve bu konsantrasyonların toksik doza ulaşp ulaşmadığını araştırmak amacıyla yapılan çalışmaların yeterli olmadığı belirtilmektedir (26). Güncel literatür incelendiğinde (Bkz. Tablo 2.4-2.6) birçok çalışmada ağız ortamının pH değişimleri göz ardı edilerek farklı markalara ait braket, bant ve tel sistemlerinin aynı numune içerisinde gözlem süresine tabi tutulduğu, buna bağlı gerçekleşen iyon salınım miktarlarının her çalışmada çok büyük farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Her markanın üretim şekli, materyal içeriği ve alaşım özelliği gibi farklılıkları iyon salınımını etkileyen en önemli faktörlerdendir. Bu nedenle bu çalışmada, ortodontik

tedavide kullanılan tüp ve bantların her markaya ait üretimi mevcut olmadığı için, her markaya ait üretimi olan paslanmaz çelik braket ve Ni-Ti ark telleri düzeneğinden ağız ortamının pH değişimleri sonucu iyon salınım değerlerine ait veriler elde ederek, hangi markanın daha biyouyumlu olduğunu yorumlayabilmek amaçlanmıştır. Güncel literatüre ait birçok çalışmadan farklı olarak bu çalışmada, 5 markaya ait paslanmaz çelik braket setleri ve ortodontik tedavinin seyri sırasında kullanılan bütün boyutlardaki üst çene ovoid form Ni-Ti ark tellerinden incelenen 21 elemente ait iyon salınımının, ağız ortamının değişen dinamik yapısına bağlı pH değişimlerini yansıtan yapay tükürük sıvısında inkübasyon süresi mümkün olduğunca uzun tutularak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Literatür incelendiğinde (Bkz. Tablo 2.4) ortodontik materyallerden salınan metal iyon seviyelerinin ölçümünde birçok analitik teknik kullanıldığı görülmektedir. Park ve Shearer (31) %0,05 NaCl solüsyonunu analiz etmek için AAS cihazını kullanmışlardır. Barret ve ark. (3), Kerosuo ve ark. (5) ve Grimsdottir ve ark. (2) analiz için FAAS cihazını kullanmışlardır. Staffoloni ve ark. (49, 155) ve Huang ve ark. (6) örneklerinin analizini GFAAS cihazını kullanarak yapmışlardır. Eliades ve ark. (141) tükürük örneklerinde ICP-AES cihazını kullanarak iyon salınım miktarlarını değerlendirmişlerdir. Gürsoy ve ark. (142), Haddad ve ark. (4) ve Darabara ve ark. (143) ICP-OES cihazını kullanarak analiz yapmışlardır. Mikulewicz ve Chojnacka (144), Luft ve ark. (1) ve Hwang ve ark. (145) analiz için ICP-MS cihazını kullanmışlardır. Kuhta ve ark. (146) ise analiz için HR-ICP-MS cihazını kullanmışlardır. ICP-MS cihazının mükemmel algılama limitlerine sahip olduğu birçok çalışmada (144, 147) rapor edilmiştir. Mikulewicz ve Chojnacka (144), ICP-MS'in AAS'ye göre daha düşük eşik değerine ve daha yüksek çözünürlüğe sahip olduğunu rapor etmişlerdir. ICP-MS, ICP-OES, FAAS ve GFAAS ile kıyaslandığında en fazla sayıda elementi tespit edebilecek hassasiyette çalışan bir analiz cihazı olduğu kabul edilmektedir (156). Çoğu element için ICP-MS'in belirgin şekilde yüksek duyarlılığı, trilyonlarca aralıktaki iyonları tespit edebilmeyi mümkün kılmaktadır (156). Kuhta ve ark.'nın (146) analiz için kullandıkları HR-ICP-MS cihazı ise ICP-MS'e göre daha yüksek çözünürlükte analiz imkanı tanımaktadır. Mevcut şartlar içerisinde bu cihaz bulunmadığından ve diğer cihazlara göre çok

sayıda elementin hızlı, hassas ve doğru biçimde ölçülmesine olanak sağlayan bir cihaz olması nedeniyle çalışmamızda ICP-MS cihazı kullanılmıştır.

Ağız ortamında meydana gelen pH dalgalanmaları ortamdaki metallere iyon salınımını tetikleyebilmektedir. Ortodontik tedavi gören gençlerin beslenme düzeni karbonhidrat ağırlıklı, şekerli ve yüksek asiditeye sahip besin tüketimini kapsamaktadır (8). Stephan ve Miller (9), bu tüketiminin ağız içerisindeki pH değişimini nasıl etkilediğini bulmak için bir çalışma yapmıştır. Stephan (10), bir diğer çalışmada ise, karbonhidrat tüketimi sonrası ağız içindeki bazı mikroorganizmaların ağız içi pH'ı 4'e düşürecek kadar hızlı bir şekilde asit ürettiğini göstermiştir. Bu bilgiler doğrultusunda "Ağız pH Değişim Eğrisi" grafiği oluşturulmuştur. Stephan ve Miller (9), çalışmalarında glikoz içeren çözelti ile ağız çalkalandıktan 2-5 dk sonra pH'ın 5'in altına düştüğünü, 10-15 dk boyunca bu pH değerinde kaldığını ve ağız içi pH'ın normal değerlerine dönmesinin yaklaşık 40-45 dk sürdüğünü belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalarda (Bkz. Tablo 2.4) ağızdaki pH değişimleri sonucu Stephan ve Miller'a (9) göre mümkün olan pH aralığının dışında, pH 2,2-2,3-2,5 ve 3,5 gibi, değerlerde de çalışıldığından bu durumun ağızdaki iyon salınım miktarlarını tam olarak değerlendirebilmeyi mümkün kılmadığı düşünülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada ağız pH'ını taklit etmek amacıyla nötr özelliğe sahip yapay tükürük; Stephan ve Miller (9)'ın "Ağız pH Değişim Eğrisi" grafiği (Bkz. Grafik 2.1) ile uyumlu olacak şekilde pH 5,5 özelliğe sahip yapay tükürük ve Stephan (10)'ın bir diğer çalışmada elde ettiği bulgulara göre ağız içi pH'ın maksimum 4'e kadar düşmesiyle uyumlu olacak şekilde pH 4 özelliğe sahip yapay tükürük ile iyon salınım miktarlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Farklı üretim süreçlerinden dolayı fabrika çıkışlı paslanmaz çelik braket sistemlerinin ve Ni-Ti ark tellerinin asidik oral çevredeki aşınma direnci farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılıklara dair bilgiler klinik olarak son derece önemli, fakat bir o kadar da kısıtlıdır. Bu nedenle bu konunun daha fazla incelenmesinin gerekliliği vurgulanmaktadır (25). Ortodontik tedavi sırasında en yaygın olarak kullanılan braket çeşidinin paslanmaz çelik braketler olmasından dolayı bu çalışmada bu braket çeşidi incelenmiştir (28). Rondelli ve Vicentini (157) ortodontik tedavilerde kullanılan metal alaşımlarının yapılarını biyouyumluluk, yıpranma ve

koroziona karşı dayanıklılık açısından incelemişlerdir. Ni-Ti tellere göre paslanmaz çelik tellerin daha fazla koroziona uğradığını belirtmişlerdir. Ayrıca, Ni-Ti tellerin ortodontik tedavi sırasında daha uzun süre ağızda kullanılması nedeniyle bu çalışmada paslanmaz çelik teller yerine Ni-Ti ark telleri tercih edilmiştir. Çalışmamızda kullanılan Ni-Ti tellerin diğer bir özelliği ortodontik tedavinin seyri sırasında kullanılan bütün boyutlardaki üst çene ovoid form ark telleri olmasıdır. Bunun nedeni ortodontik tedavi sırasında yarım çene için kullanılan aynı formdaki tüm Ni-Ti ark tellerinden iyon salınım miktarlarını değerlendirebilmek ve total olarak her iki çenede kullanılan bütün boyutlardaki Ni-Ti ark tellerinden salınan iyon miktarlarının toksik doza yaklaşp yaklaşmadığı hakkında bilgi edinebilmektir. Tablo 2.5'te görüldüğü üzere yapılan çalışmalarda genel olarak ya markadan bağımsız bir şekilde çalışılmış ya da sadece arkin yarısına ait braket (5-10 braket) veya tel (1/2-1/4 tel) üniteleri incelenmiştir. Çalışmamızda farklı olarak aynı üreticilere ait hem 20 adet paslanmaz çelik braket hem de ortodontik tedavide sırayla kullanılan 7 farklı boyuttaki üst çene ovoid form Ni-Ti ark telinin ayrı ayrı iyon salınım değerleri incelenmiştir. Ağız içerisinde hem braketlerden hem Ni-Ti ark tellerinden gerçekleşen iyon salınım miktarlarının toksik olabilecek doza yaklaşma ihtimalleri göz önüne alındığında, bu durumun kullanılacak markanın tercihinde önemli bir kriter olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada 5 grup 5 farklı markanın paslanmaz çelik braketleri için ve 5 grup ise braketlerle aynı markalara ait olan üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri için toplamda 10 grup oluşturulmuş ve analiz edilmiştir. Her markanın braket ve tellerinden aynı pH değerinde 6 adet numune hazırlanmıştır. Hazırlanan farklı pH'lardaki iyon salınım miktarlarının tespit edilebilmesi için 6 numunenin ortalaması alınmıştır. Böylece elde edilen iyon salınım miktarlarının ideale yakın ölçülebilmesi ve olası dikkatsizlikten meydana gelebilecek hatalarla ilişkili yanlış verilerin kullanılmasını önlemek amaçlanmıştır. Haddad ve ark. (4), yaptıkları çalışmada piyasada satılan 7 farklı braket grubundan simüle edilmiş oral ortamda gerçekleşen Ni ve Cr salınımlarını ICP-OES cihazını kullanarak belirlemişlerdir. Çalışmalarında metal salınımının ölçüldüğü diğer in-vitro çalışmalara göre daha fazla grup sayısı kullanmışlardır. Başka bir çalışmada Baydaş ve ark. (148), 4 farklı ark teli kullanarak, nötr ve asidik pH'larda iyon salınım değerlerini incelemeyi

hedeflemişlerdir. Hazırlanan farklı pH'lardaki iyon salınım miktarlarının ideale yakın tespit edilebilmesi için 2 numunenin ortalamasını almışlardır. Literatür incelenip (Bkz. Tablo 2.4-2.6) geçmiş çalışmalar dikkate alındığında Hwang ve ark.'nın (145) yaptığı çalışmanın kapsamının diğer çalışmalara göre daha geniş olduğu görülmektedir. Hwang ve ark.'nın (145) çalışmasından farklı olarak bu çalışmada, daha fazla grup sayısı ile çalışılarak hem tüm ağızda kullanılan 1 set paslanmaz çelik braket hem de ortodontik tedavinin seyri sırasında maksiller ark için kullanılan bütün boyutlardaki ovoid form Ni-Ti ark telleri için iyon salınım değerinin belirlenebilmesi amaçlanmıştır. Bunun yanı sıra Hwang ve ark. (145)'nin yaptığı çalışmadan farklı olarak ağız pH değişimlerinin dahil edildiği, ayrı ayrı hem farklı markalara ait paslanmaz çelik braketlerin hem de Ni-Ti ark tellerinin detaylı iyon salınım düzeyini belirlemeyi amaçlayan ve en fazla grup sayısı dahil edilen çalışma olma özelliğine sahiptir.

Kullanılan bu ortodontik materyaller korozyon ortam olarak değerlendirilen ağız içerisinde sürekli tükürük ile temastadır. Aynı zamanda tükürüğün analizlerin uzun süreli takibine izin vermesi (117, 129) sebebiyle bu çalışmada elementlerin iyon salınım düzeyleri yapay tükürük örneklerinde incelenmiştir. Ağız ortamının nemi ve sıcaklığı metallerin bozunması için ideal bir ortam oluşturmaktadır, bunun sonucu metal iyon salınımı gerçekleşmektedir (155). Bu nedenle numunelerimizi analiz edileceği güne kadar 37°C'de kapalı inkübatörde bekleterek, ağız ortamını en iyi şekilde taklit etmek amaçlanmıştır.

Bu çalışmada hazırlanan braket ve tellere ait numunelerden, 1. ve 42. günde örnekler alınarak çalışılmıştır. Literatürdeki çalışmalara baktığımızda (Bkz. Tablo 2.4) ISO 10271/2001'in minimum gözlem süresini 28 gün olarak belirmesi nedeniyle örnekleri inceleme zamanları genellikle bu süre içerisinde gerçekleştirilmiştir. Buna rağmen Grimsdottir ve ark. (2), 7 günlük immersiyon testleri ve Sfondrini ve ark. (158) ise 120 saatlik testler gerçekleştirmiştir. Hwang ve ark. (145), Baydaş ve ark. (148) ve Gürsoy ve ark. (142) diğer çalışmalardan farklı olarak gözlem süreleri uzun testler gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada da gözlem süresini mümkün olduğu kadar uzun tutularak sonuçların kapsamını genişletmek amaçlanmıştır. Ni-Ti ark tellerinin 4 haftadan sonra esnekliğini kaybettiği belirtilmektedir (61). Ni-Ti ark tellerinin

ortalama 6 hafta ağızda kaldığını göz önüne alarak immersiyon süreleri 1. ve 42. gün olarak belirlenmiştir.

Ortodontik sabit cihazların biyouyumluluğu in-vitro ve in-vivo çalışmalardaki korozyon sonucunda salınan metal iyonlarının miktarının değerlendirilmesi ile belirlenebilir. İn-vivo çalışmalar materyalin kullanılacağı koşullar altındaki davranışına dair bilgi sağlamaktadır. Bununla birlikte hasta onamı gerektirdiği için invazif numunelerin (kan) alımı zordur. İdrar veya tükürük gibi invazif olmayan numunelerin toplanması daha kolaydır. Fakat tüm bu numunelerin (kan, idrar, tükürük) sadece anlık maruziyeti gösterdiği vurgulanmalıdır. Dolayısıyla, numune alım metodolojisi ve iki yıllık ortalama bir ortodontik tedaviyi stimüle etmek için elde edilen sonuçlar kronik maruziyet durumunda ortaya çıkanlar kadar anlamlı olmayabilmektedir. İn-vitro çalışmalarda kişiye bağlı faktörler (diyet alışkanlıkları, oral hijyen, parafonksiyonel alışkanlıklar vb.) ile metal iyon salınım miktarlarının değiştirebilen parametreler elimine edilebilmektedir ve sonuçların daha net olması sağlanabilmektedir. Literatür incelendiğinde (36, 61, 159) yapılan in-vivo çalışmalarda birey sayısı hem etik gereklilikten hem de maddi zorunluluklar neticesinde sınırlı tutulmaktadır. Birçok klinik uygulama prosedürü öncesinde in-vitro yapılan çalışmaların sonucunda mümkün olmuştur. Bu çalışmada numune sayısını olabildiğince yüksek tutarak elde edilen sonuçlarda yüksek güvenilirlik hedeflenmiştir. İn-vitro olarak yapılan çalışmalarda tüm numuneler aynı koşulda aynı kişi tarafından hazırlanarak analiz edilene kadar aynı koşullarda saklanır. İn-vitro deneylerde tekil faktörlerin etkileri incelenebilmektedir. İn-vivo çalışmalarda ise elde edilen sonuçları birçok parametre etkilemekte ve verilerin yorumlanmasını güçleştirmektedir; bununla birlikte bu veriler asıl koşulları yansıtmaktadır. Yapılan bu in-vitro çalışmada hasta üzerinde herhangi bir işlem gerçekleştirilmediğinden hasta hiçbir etkiye maruz kalmadan metal iyon salınımını değerlendirmek mümkün olabilmektedir (146).

Ağız ortamındaki pH değişimleri ortamdaki metallerden iyon salınımını etkilemektedir. Özellikle asidik ortamlarda metal alaşımlardan iyon salınımı artmaktadır (6). Bu çalışmadan pH'a bağlı değişimler için elde edilen sonuçlara göre; pH'ın azalmasıyla iyon salınım miktarlarında grupların büyük çoğunluğunda

istatistiksel olarak anlamlı artış görülen elementler braket grubu için Co ve Sr, tel grubu için ise Co, Ni ve Sr elementleri olarak bulunmuştur.

T0 ve T1 zamanları için pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile pH 4 değerinde salınan iyon miktarları kıyaslandığında pH'ın asidik yönde değişmesiyle tüm braket gruplarında (UA braket grubu hariç) istatistiksel olarak anlamlı artış görülen element sayısı daha fazladır. Bu bulgu bize pH değerinin azalmasıyla bazı elementlerde iyon salınım miktarının arttığını göstermektedir. Tüm braket gruplarında en fazla salınımın pH 4 değerinde, yalnızca 3M braket grubunda en fazla salınım pH 5,5 değerinde, olduğu bulunmuştur. 3MN, RMON ve UN tel grupları için en yüksek salınımın pH 4 değerinde, AON ve DN tel grupları için en yüksek salınımın pH 5,5 değerinde hazırlanan yapay tükürükte olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu bize farklı markaların farklı pH'larda farklı iyon salınım özelliği gösterdiğini, genel olarak pH'ın azalmasıyla iyon salınım düzeyinin arttığını vurgulamaktadır. Staffolani ve ark. (49), 1999 yılında yapmış oldukları in-vitro çalışmada organik ve inorganik asit solüsyonlarında ortodontik ağızdan iyon salınım düzeylerini değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre pH'nın azalması sonucu korozyonun ve buna bağlı iyon salınım miktarlarının arttığını belirtmişlerdir. Kuhta ve ark. (146), yaptıkları çalışmada maksiller arkın yarısını taklit eden üniteye dahil edilen paslanmaz çelik (SS), NiTi ve termo NiTi olmak üzere 3 farklı alaşımdan oluşan ark tellerinden salınan metal iyonlarının miktarını yüksek çözünürlüklü kütle spektrometre cihazı (HR-ICP/MS) kullanarak belirlemişlerdir. Bu ortodontik üniteleri 28 gün boyunca farklı pH değerlerine ($6,75 \pm 0,15$ ve $3,5 \pm 0,15$) sahip yapay tükürük içerisinde bekletmişlerdir. Asiditenin iyon salınımını etkilediği hipotezini doğrulayan şekilde daha düşük pH seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı iyon salınımı belirlemişlerdir. Staffoloni ve ark. (49) ve Kuhta ve ark.'nın (146) verileri bulgularımızı destekler şekilde çalışmamızda da Ni, Cu ve Zn gibi elementlerin nötr pH'ın asidik yönde değişmesiyle genel olarak iyon salınımlarının arttığı görülmektedir. Yapılan diğer bir çalışmada ise Sfondrini ve ark. (158), farklı pH değerlerinde yeni ve kullanılmış braketlerde Ni elementinden iyon salınım miktarını ölçmüşlerdir. Kullanılmış braketlerde Ni iyon salınım miktarı yeni braketlere göre daha fazla bulunmuştur. Bulgularımızı destekler şekilde ortamın pH'ının düşmesiyle salınan Ni iyon miktarında artış elde edilmiştir.

Bu çalışmada iyon salınım miktarlarının T0 ve T1 zaman aralıklarında nasıl değiştiği ile ilgili elde edilen sonuçlara göre; bu zaman aralıklarında pH 6,7 değerinde bulunan AO braket grubundaki tüm elementlerden gerçekleşen iyon salınım miktarlarının artışının istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür (Bkz. Tablo 4.16). T0-T1 zamanları arasında tüm pH değerlerinde ve tüm gruplarda Rb ve Ti elementlerinin iyon salınım düzeyinin artışının istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.16). AO braket grubunun pH 6,7 değerinde bulunan tüm elementlerden T0'da salınan iyon miktarı T1'de salınan iyon miktarı ile kıyaslandığında %2'lik bir artış gösterdiği bulunmuştur. DD braket grubunun pH 5,5 değerinde bulunan tüm elementlerden T0'da salınan iyon miktarı T1'de salınan iyon miktarı ile kıyaslandığında %3'lik bir artış gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer markaların hem braket hem tel grubunda T0'dan T1'e element salınım oranlarındaki artış çok küçük miktarda olduğundan yüzdelerle değerlendirilememiştir. Çalışmamızda braket ve tellerden maksimum iyon salınım 1. günde gerçekleşmiştir ve 42. gün değerleriyle arasında çok küçük farklılıklar mevcuttur. Barrett ve ark. (3), 1993 yılında in-vitro olarak ortodontik aygıtlardan gerçekleşen Ni ve Cr salınımını incelemişlerdir. 1, 7, 14, 21 ve 28. günlerde bu solüsyondan örnekler alınarak FASS cihazıyla analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre Ni konsantrasyonu 7. günde en yüksek seviyesine çıkmış ve kalan 3 haftalık periyotta devamlı olarak düşüş göstermiş ve başlangıç konsantrasyonunun altında iyon salınım özelliği göstermiştir. Cr konsantrasyonu 14. günde en yüksek değerine ulaşmıştır. 14-21. günler arasında düşme, 28. günde ise tekrar hafif bir yükselme görülmüştür. Çalışmamızda kullanılan gözlem süresi Barrett ve ark. (3) yaptığı çalışmaya göre daha uzundur. Örneklerin incelenmesi için ara günlerde numune örneği alınmadığından bu süreçte iyon salınımının nasıl bir seyir izlediğini bilememekteyiz. Barrett ve ark.'nın (3) yaptığı çalışmada belirtildiği gibi elementlerin iyon konsantrasyonlarında önce artış, sonrasında ise azalış söz konusu olmuş olabilir. Gjerdet ve ark. (159) sabit ortodontik tedavi gören hastalardan tedavi öncesi, sabit aparey yerleştirildikten hemen sonra ve 3 hafta sonra tükürük örnekleri almışlardır. Aparey yerleştirildikten hemen sonra tükürükteki Ni ve Fe değerlerini öncesinde alınan değerlerle karşılaştırdıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir yükseliş olduğunu bulmuşlardır. Her iki iyon için de 3 hafta sonraki değerlerin başlangıç değerlerinden istatistiksel olarak farklı olmadığını

bildirmişlerdir. Bulgularımızı destekler biçimde Staffolani ve ark. (49), maksimum iyon salınımının her zaman 1. günden sonra gerçekleştiğini ve daha sonra hem inorganik hem de organik asit solüsyonları içerisinde giderek azaldığını bulmuşlardır. Hwang ve ark. (145) yaptıkları çalışma sonucunda belirli bir zamandan sonra metal iyon salınımını değişmediğini özellikle bazı gruplarda 1. günden sonra salınan demir miktarında herhangi bir artış görülmediğini belirtmişlerdir. Üç aylık araştırmaları sonucunda immersiyon süresi arttıkça salınan metal miktarının azaldığını gözlemlediklerini belirtmişlerdir. Bu veriler çalışmamızdan elde edilen iyon salınımı miktarının ilk günde maksimuma ulaştığı ve küçük artışlarla zamanla yatay bir seyir izlediği bulgusunu desteklemektedir (Bkz. Tablo 4.13-14).

Braketlerin alaşım içeriğindeki element yüzdelere baktığımızda Ni, Cr ve Fe elementlerinin alaşımın temel bileşenleri olduğunu görmekteyiz. Çalışmamızdan elde edilen verilere göre iyon salınım düzeyleri incelendiğinde Sr elementinin, Fe ve Ni elementleri kadar yüksek iyon salınım özelliği gösterdiği bulunmuştur (Bkz. Tablo 4.19-20). Bunun yanında Al elementide bazı ticari markalarda diğer elementlere göre daha fazla iyon salınımı gerçekleştirmiştir. Sr ve Al elementleri braket veya tellerin alaşım içeriğinde eser miktarda bulunan elementler olarak kabul edilmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda Sr elementinin korozyona yatkınlığının diğer elementlerden daha fazla olduğu söylenebilmektedir. Bulgularımızı destekler biçimde Grimsdottir ve ark. (2), 1992 yılında yaptıkları çalışmanın sonuçlarına göre, aygıtların yapıları ve imalat tarzlarına bağlı olarak elementlerdeki korozyon davranışının değişkenlik gösterebileceğini belirtmişlerdir.

Ni-Ti ark tellerinin içeriğindeki yüksek ve birbirine yakın Ni ve Ti oranından dolayı tel grubunda iyon salınım düzeylerinin de birbirine yakın olması beklenmektedir. Çalışmamızda Ti elementi braket grubunda daha az oranda bulunmasına karşın iyon salınım düzeyi braket grubunda daha yüksek tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra Ni elementi ile arasında hiçbir korelasyon izlenmemektedir. Grimsdottir ve ark. (2), çalışmalarında, farklı ticari firmalara ait 4 çeşit headgear, 5 çeşit bant, 5 çeşit braket ve 5 çeşit ark teli üzerinde inceleme yapılmışlardır. Bu materyallerin hepsini SEM/BEI (*Scanning electron micrograph, back-scattered electron image*) ile incelemişler ve materyallerin kompozisyonunu

belirlemişlerdir. Tüm materyalleri %0,9'luk NaCl solüsyonunda 23°C'de 7 gün boyunca bekletmişlerdir. Çalışmalarında Ni ve Cr salınım oranlarının ağızta bulundukları miktarlarla doğru orantılı olmadığı sonucuna varmışlardır. Bu bulgu braket ve tel grubunda iyon salınımı bakımından Ni ve Ti elementleri arasında neden büyük farklılık olduğunu açıklayıcı niteliktedir.

Çalışmamızda Fe, Ni, Cr, Co, Cu, Al ve Sr gibi sitotoksik özellikte gösterebilen elementlerin braket grubunda pH 4 değerinde en yüksek iyon konsantrasyon düzeyine ulaştığı bulunmuştur. Tel grubunda ise bu elementlerden Al, Cu ve Cr'un pH 6,7, Fe ve Ni'in pH 5,5 ve Sr ve Co'nun pH 4 değerinde en yüksek iyon konsantrasyon düzeyine ulaştığı tespit edilmiştir (Bkz. Tablo 4.18). Staffoloni ve ark. (49), Haddad ve ark. (4), Kuhta ve ark. (146), Huang ve ark. (6) ve Sfondrini ve ark. (158) çalışmalarında bulgularımızı destekler biçimde pH'nın asidik yönde değişmesiyle genel olarak elementlerin iyon salınım düzeylerinde artış olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Çalışmamızda her bir ticari markanın braket ve telleri için en çok ve en az düzeyde iyon salınımı yapan elementlerin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. T0 ve T1 zamanlarında en çok salınan metal iyonları Fe, Ni, Sr, Cr ve Al iken en az salınan metal iyonları Cd ve Hg'dir (Bkz. Tablo 4.19-20). Mikulewicz ve ark. (27) yaptıkları bir çalışmada alt ve üst çene için 1. ve 2. molar bant, kesici, köpek ve premolar braketlerine 20 adet metal ligatür ile tutturulmuş şekilde 2 adet paslanmaz çelik ark teli barındıran bir ağız içi üniteyi taklit etmeyi amaçlamışlardır. Bu sistemi 30 gün boyunca yapay tükürük içerisinde 37°C'de beklettikten sonra ICP-MS cihazında Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ni ve Cr elementlerinin iyon konsantrasyon değerlerini ölçmek amacıyla analiz etmişlerdir. Çalışmamızla kıyaslanabilecek şekilde düzenlenen iyon salınım konsantrasyon sıralamasını $Fe > Ni > Al$ şeklinde bulmuşlardır. Bu veri çalışmamızda elde ettiğimiz en çok iyon salınımı görülen elementler bulgusuyla uyumludur. Bu çalışmada incelenen iyonlar içinde tüm ortodontik materyallerden, tüm pH'larda ve incelenen tüm zaman periotlarında en fazla salınan iyonların Fe, Ni ve Sr olduğu bulunmuştur. Diğer birçok çalışmada da toksik özelliğinden dolayı Fe elementine göre daha dikkat edilen Ni elementi, salınan en belirgin iyon olarak karşımıza çıkmaktadır (5, 31, 141, 160). Mevcut çalışmada markalara ait braket ve tellerin metal iyon salınımı miktarlarının

sıralamasına baktığımızda, en çok (Fe, Ni, Sr, Cr ve Al) ve en az (Cd, Hg) salınan metal iyonları hariç, tüm markalar tüm pH'larda farklı düzeylerde metal iyon salınımı gerçekleştirmiş olup, aralarında herhangi bir korelasyon yoktur. Bu durum her markanın kendi içinde farklı pH'larda farklı element salınım özelliği gösterdiğini ve üretim tekniği, metal alaşım içeriği farklılığı gibi parametrelerin metal iyon salınımı üzerinde etkisi olduğunu göstermektedir. Bu bulgular Haddad ve ark. (4), yaptıkları çalışmanın sonuçları tarafından desteklenmektedir. Haddad ve ark. (4), piyasada satılan 7 farklı braket grubundan (1 adet braket seti düşük oranda Ni içeren (%0,5) Co-Cr alaşımından üretilmiştir) simüle edilmiş oral ortamda gerçekleşen Ni ve Cr iyon salınımlarını ICP-OES kullanarak belirlemişlerdir. Bu çalışma sonucunda en az Ni içeriğine sahip Co-Cr alaşımdan üretilen braket grubunun en az Ni salınımı gerçekleştiren grup olmadığını tespit etmişlerdir. Dolayısıyla, farklı üreticilerden alınan braketlerin farklı korozyon davranışları sergilediği sonucuna varmışlardır.

Barrett ve arkadaşları (3), 1993 yılında ortodontik aygıtlardan in-vitro olarak Ni ve Cr salınımını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda yapay tükürükteki Ni ve Cr konsantrasyonları karşılaştırıldığında her zaman periodunda Ni'in çok daha fazla salınım yapmış olduğu görülmüştür. Bu bulgular çalışmamızdaki Ni ve Cr konsantrasyonları ile kıyaslandığında T0 ve T1 zaman aralığında tüm gruplar ve pH değerlerinde Ni'in Cr'dan çok daha fazla salınım yapmış olduğu bulguları ile uyumludur (Bkz. Tablo 4.19-20).

Çalışmamızda iyon salınım miktarlarının ticari markalara bağlı olarak nasıl değiştiği ile ilgili elde edilen sonuçlara göre; UA grubu tüm pH değerlerinde elementlerin en yüksek oranda iyon salınımı yaptığı braket markasıdır (Bkz. Tablo 4.23). Toksik olabilecek elementler arasında sayılan Al, Fe, Co, Cu ve Cr gibi elementlerin iyonlarının en yüksek düzeyde UA braket grubundan salındığını görülmektedir. Sitotoksik ve alerjik elementler arasında sayılan Ni elementinin iyonlarının en yüksek düzeyde RMO braket grubundan salındığı belirlenmiştir. pH 4 değerinde genel olarak elementlerin en yüksek düzeyde iyon salınım özelliği gösterdiği braket grubu UA, en düşük düzeyde iyon salınım özelliği gösterdiği braket grubu ise 3M'dir. pH 6,7 değerinde elementlerin en düşük düzeyde iyon salınımı yaptığı braket grubu AO'dur. pH değerinin asidik özellik göstermesi sonucu bu

gruptaki bazı elementlerin (Al, V, Fe, Co, As, Sr, Sb, Rb ve Tl) salınım oranı artmış ve elementlerin en düşük düzeyde iyon salınımı yaptığı grup 3M braket grubu olmuştur. pH 4 değerinde genel olarak elementlerin en yüksek düzeyde iyon salınım özelliği gösterdiği tel grubu UN, en düşük düzeyde iyon salınım özelliği gösterdiği tel grubu ise DN'dir (Bkz. Tablo 4.24). pH 6,7 değerinde elementlerin en düşük oranda iyon salınımı yaptığı tel markası grubu UN'dir. pH'nın asidik özellik göstermesi sonucu bu gruptaki bazı elementlerin (Mn, Zn, Cd, Rb, Tl ve Pb) salınım oranı artmış ve elementlerin en düşük düzeyde iyon salınımı yaptığı grup DN tel grubu olarak görülmüştür. Bu çalışmada aynı süre boyunca ve aynı pH ortamında saklanan farklı markaların iyon salınım düzeylerinin birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. Dolci ve ark. (140), braketlerin yapımında kullanılan değişik tipteki alaşımların; salınan Ni ve Cr iyon miktarına etkisini değerlendirmişlerdir. %0,05'lik NaCl'li solüsyon içerisinde örnekler konulmuş ve 36°C' de 60 gün boyunca inkübatörde bekletilmiştir. İyon salınım miktarı AAS cihazı ile ölçülmüştür. Bulgularımızı destekler biçimde çalışmalarında braketlerin yapım ve kompozisyonlarındaki değişikliklerin salınan iyon miktarını etkilediği sonuca varmışlardır.

Bu çalışmadan elde ettiğimiz veriler doğrultusunda bazı elementlerin pH değerinin asidik yönde değişmesiyle iyon salınım miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir. (Bkz. Tablo 4.11-12). Elde ettiğimiz sonuçlar; Staffoloni ve ark. (49), Haddad ve ark. (4), Kuhta ve ark. (146) ve Huang ve ark. (6) verileri ile çelişmektedir. Bu elementlere ait uç ve tutarlı olmayan veriler bazı numunelerdeki korozyon boyutundaki farklılıkların bir sonucu olabilir. Literatürde, incelediğimiz çoğu elementin nötr ve asidik pH'larda nasıl davrandığına dair bir kaynak bilgimiz dahilinde bulunmamaktadır. Bu nedenle bu farklılıkların bazı numunelerin saklama koşullarından, hazırlanma aşamasında metallerin birbirlerine temasından ve bakteri mevcudiyetinden dolayı gerçekleşebileceğini düşünmekteyiz.

Bu çalışmadan elde edilen iyon salınım miktarları literatürde mevcut olan diğer çalışmalarla kıyaslanmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte, farklı üretim teknolojileri, kaplama ve değişiklik gösteren alaşım kompozisyonu farklı sonuçlar doğurmuştur. Bu nedenle yapılan çalışmalarda, çalışmamızda da incelenen braket ve

Ni-Ti ark teli markalarına ait iyon salınım düzeyleri karşılaştırılmaya çalışılmıştır. Darabara ve ark. (143), yaptıkları çalışmada copper Ni-Ti ile birleştirilen 4 farklı markaya ait paslanmaz çelik braketlerden ve 2 farklı markaya ait titanyum esaslı braketlerden Ni ve Cr salınım oranını incelemişlerdir. Bu amaçla 1M laktik asit içerisinde 28 günlük gözlem süresinden sonra solüsyondan örnekler alınarak ICP-OES cihazı ile analiz etmişlerdir. Çalışmalarında copper Ni-Ti ile birleştirilmiş 3M Unitek Gemini ürününe ait iyon salınım verileri şu şekildedir: Ni 44,7 µg, Cr 6,48 µg. Çalışmamızda kullanılan 3M Unitek Gemini ürününe ait paslanmaz çelik braketlerden pH 4'te meydana gelen iyon salınım değerleri şu şekildedir: Ni 23 µg, Cr 3,6 µg. Darabara ve ark.'nın (143) bulguları bulgularımızla kıyaslanabilir nitelikte olup, çalışmamızdaki iyon salınım miktarlarından biraz yüksektir. Bunun sebebinin numunelerinde 3M Unitek Gemini braket seti ile beraber copper Ni-Ti ark tellerinde iyon salınımının değerlendirilmiş olmasından dolayı olabileceğini düşünmekteyiz.

Luft ve ark. (1), 9 farklı markaya ait 10 adet paslanmaz çelik braketin korozyon özellikleri ve Ni salınımlarını incelemişlerdir. Bu amaçla yapay tükürük içerisinde 7 günlük gözlem süresinden sonra solüsyondan örnekler alınarak ICP-MS cihazı ile analiz etmişlerdir. Çalışmalarında Dentaurem Discovery ürününe ait 10 adet paslanmaz çelik braketin iyon salınım değeri şu şekildedir: Ni 5,24 µg. Çalışmamızda kullanılan Dentaurem Discovery ürününe ait 20 adet paslanmaz çelik braketden pH 6,7'te meydana gelen iyon salınımı şu şekildedir: Ni 10,938 µg. Çalışmamızdan elde edilen Dentaurem Discovery ürününe ait iyon salınım verileri Luft ve ark.'nın (1) sonuçları ile uyumludur.

Haddad ve ark. (4), 7 farklı markaya ait paslanmaz çelik braketten pH 6,7 değerinde yapay tükürükte ve pH 2,3 değerinde yapay plak sıvısında Ni ve Cr salınım oranını incelemişlerdir. Bu amaçla 28 günlük gözlem süresinden sonra solüsyondan örnekler alınarak ICP-OES cihazı ile analiz etmişlerdir. Çalışmalarında American Orthodontics Master Series ürününe ait paslanmaz çelik braketin pH 6,7'te iyon salınım verileri şu şekildedir: Ni 10,39 µg, Cr 5,73 µg. Aynı markaya ait pH 2,3'te iyon salınım verileri şu şekildedir: Ni 1731 µg, Cr 3590 µg. 3M Unitek markasına ait paslanmaz çelik braketin pH 6,7'te iyon salınım verileri şu şekildedir:

Ni 13,07 µg, Cr 2,27 µg. Aynı markaya ait pH 2,3'te iyon salınım verileri şu şekildedir: Ni 6999 µg, Cr 13727 µg. Çalışmamızda kullanılan American Orthodontics Master Series ürününe ait paslanmaz çelik braketten pH 6,7'te meydana gelen iyon salınımı şu şekildedir: Ni 17,4 µg, Cr 6 µg. Aynı markaya ait pH 4'te iyon salınım verileri şu şekildedir: Ni 418 µg, Cr 11 µg. Çalışmamızda kullanılan 3M Unitek markasına ait paslanmaz çelik braketten pH 6,7'te meydana gelen iyon salınımı şu şekildedir: 19 µg, Cr 4 µg. Aynı markaya ait pH 4'te iyon salınım verileri şu şekildedir: Ni 23 µg, Cr 3 µg. Haddad ve ark. (4) pH 6,7'de iyon salınım bulguları çalışmamızın bulguları ile kıyaslanabilir niteliktedir. pH 2,3 değerinde iyon salınım bulguları ise çalışmamızda pH 4 'te elde ettiğimiz bulguların çok üzerindedir. Bunun sebebinin Haddad ve ark.'nın (4) yaptıkları çalışmada çok daha düşük pH değeri tercih etmiş olmasına bağlı olarak iyon salınım miktarının artmış olabileceğini düşünülmektedir.

Bu çalışmada, ulaşılan maksimum metal iyon konsantrasyonları (litre başına mikrogram olarak) Ni için 2137, Cr için 91, Mn için 20, Fe için 1564, Sb için 8,67, As için 0,8, Cd için 16,2, Cu için 17,4, Pb için 3,6, Hg için 0,59, Se için 0,9, Al için 20,7'dir. Bu değerler ortodontik tedavi gören hastaların metal iyonlarına maruz kalma derecesi ile ilişkilendirilebilir. Avrupa Konseyi 15 Temmuz 1980 insan tüketimi için kullanılan su kalitesi direktifine göre (80/778/EEC), Ni, Cr, Sb, As, Cd, Cu, Pb, Hg ve Se iyonları toksik madde grubunda ve Fe, Mn ve Al iyonları ise potansiyel olarak toksik maddeler grubunda yer almaktadır. Elementler için kabul edilebilir maksimum iyon konsantrasyonları (MAC) (litre başına mikrogram olarak) sırasıyla 50, 50, 5, 10, 5, 2, 10, 1, 10'dur. Fe, Mn ve Al içinse MAC'leri sırasıyla (litre başına mikrogram olarak) 200, 50 ve 200'dür (27).

Bu çalışmada, materyallerden yapay tükürüğe transfer edilen Ni konsantrasyonu 40 kat, Cu konsantrasyonu 8 kat, Cd konsantrasyonu 3 kat, Cr konsantrasyonu ise 2 kat ve Sb konsantrasyonu neredeyse 2 kat daha fazla olmak üzere, konsantrasyonlar Avrupa'da içme suyu için belirlenen kabul edilebilir maksimum seviyelerin üzerindedir. Diğer elementlerin konsantrasyonları kabul edilebilir seviyelerdeyken, Fe değeri için ise 30 kat daha fazladır. Karşılaştırma için Amerikan standartları kullanılırsa Ni konsantrasyonu halen 20 kat daha fazladır.

Bununla birlikte çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar kısa süreli gözlem süresine bağlı olarak akut durumdaki maruziyet dozlarını göstermektedir. Klinik olarak bu durumun kronik maruziyet yaratması nedeniyle organizmadaki zararlı etkilerinin kompanse edilebilme ihtimalinin artmış olabileceği düşünülmektedir. Daha uzun gözlem süresiyle beraber kronik maruziyet dozlarının incelenmesinin daha yararlı veriler sunacağı düşünülmektedir

Bununla birlikte çalışmamız statik koşullar altında gerçekleştirilmiştir. Metal iyon salınım miktarlarının ağız ortamında tükürüğün kompozisyonundan, akışkanlığından, tamponlama ve yıkama etkisinden, ayrıca diş fırçalamanın oksit katmanlarını ortadan kaldırma özelliğinden dolayı daha fazla olabileceği çeşitli çalışmalarda ifade edilmiştir (145). Bunun yanında çalışmamızın in-vitro ortamda gerçekleştirilmesi nedeniyle tükürüğün tamponlayıcı etkisi göz ardı edilmek zorunda kalmıştır. Bu doğrultuda pH 5,5 ve pH 4 değerlerinde elde edilecek iyon salınım düzeylerinin klinik olarak daha umut vaad edici olabileceği düşünülmektedir.

Park ve Shearer (31), 1983 yılında in-vitro olarak sabit ortodontik aygıtlardan Ni ve Cr salınımını incelemişlerdir. Bu amaçla %0,05'lik NaCl solüsyonu içerisine sabit bir ortodontik tedavide yarım çenede bulunan tedavi üniteleri yerleştirmişlerdir. Bu üniteler 1.-2. molar ve 1.-2. premolar dişleri için bant, kesici ve kanin dişleri için braket ve bu yapıları birleştiren köşeli paslanmaz çelik ark telinden oluşmuştur. Ark teli bant ve braketlere elastik ligatürlerle bağlanmıştır. 3, 6, 9 ve 12. günlerde solüsyondan örnekler alınarak ASS cihazı ile Ni ve Cr oranlarına bakılmıştır. Elde edilen verilere göre 6. günden itibaren anlamlı düzeyde iyon salınımı görüldüğünü ve Ni'nin 31,250 µg/l, Cr'un ise 28,000 µg/l düzeyinde iyon salınımı gösterdiğini tespit etmişlerdir (Bkz. Tablo 2.5). Bu çalışmanın sonuçları çalışmamızdaki bulguların çok üzerindedir. Bu farklılığın o dönemde kullanılan materyallerin içeriği ve üretim şartlarından, değişik immersiyon solüsyonu kullanımından ve bulguların analizi için tercih edilen cihazın hassasiyetinden kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Staffolani ve ark. (49), 1999 yılında yapmış oldukları çalışmada in-vitro olarak organik ve inorganik asit solüsyonlarında ortodontik aygıtlardan iyon salınımına bakmışlardır. Kullandıkları aygıtlardan 28 günlük süre zarfından sonra şu konsantrasyonlar (litre başına mikrogram) bulunmuştur: Ni, 8730; Cr, 3360; Cu,

10880; Ag, 180 ve Pd, 211'dir (Bkz. Tablo 2.5). Bu bulgular çalışmamızdan çıkan iyon salınım miktarlarının üzerindedir. Bu sonuçlardaki uyumsuzluğun materyallerin içerisine atıldığı solüsyonun farklılığından, kullanılan analitik teknik ve metodun hassasiyetinden ve çalışmadaki pH değerinin çalışmamızdaki pH değerinin altında olmasından kaynaklanabileceği ön görülmektedir.

Mikulewicz ve ark. (27) yaptıkları bir çalışmada alt ve üst çene için 1. ve 2. molar bant, kesici, köpek ve premolar braketlerine 20 adet metal ligatür ile tutturulmuş şekilde 2 adet paslanmaz çelik ark teli barındıran bir ağız içi üniteyi taklit etmeyi amaçlamışlardır. Bu sistemi 30 gün boyunca yapay tükürük içerisinde 37 °C'de beklettikten sonra ICP-MS cihazında analiz etmişlerdir. 30 günlük inkübasyonundan sonra şu konsantrasyonlar (litre başına mikrogram) bulunmuştur: Al, 559; Ti, 394; V, 8; Mn, 68; Fe, 2,382; Co, 4; Cu, 121; Zn, 91; Ni, 573 ve Cr, 101'dir (Bkz. Tablo 2.5). Bu bulgular çalışmamızdan çıkan iyon salınım miktarlarının üzerindedir. Bunun nedeni ise bu çalışmada markadan bağımsız çalışılması ve oluşturulan ağız içi ünitenin paslanmaz çelik oranının çalışmamızdan fazla olması olabilir. Rondelli ve Vicentini (157) yaptığı çalışmaya göre Ni-Ti tellere göre paslanmaz çelik tellerin daha fazla korozyona uğradığı belirtilmiştir. Bu nedenle Mikulewicz ve ark.'nın (27) yaptıkları çalışmada yüksek iyon salınım değeri bulmuş olabilecekleri düşünülmektedir. İyon salınımını belirgin ölçüde azaltan faktörler arasında metal döküm hatalarının bulunmaması ve alaşım saflığı sayılabilir. Bunların yanında elde edilen iyon salınım miktarlarının fazla sayıda örneklem ile ideale yakın ölçülebilmesi bizim daha düşük iyon salınımı belirlememizin bir diğer nedeni olabilir.

Hwang ve ark. (145), 2001 yılında yaptıkları in-vitro çalışmada Cr, Cu, Ni, Fe ve Ti elementlerinin iyon salınımlarını incelemişlerdir. Bu amaçla pH değeri 6,75 $\pm$ 0,15 olan yapay tükürük içerisine hepsi paslanmaz çelik esaslı olan braket, tel, tüp ve bantları içeren tedavi üniteleri yerleştirmişlerdir. 1. gün, 3. gün, 7. gün, 2. hafta, 3. hafta, 4. hafta, 8. hafta ve 12. hafta için örnekler olarak ICP-MS cihazında analiz etmişlerdir. Analizler sonucunda şu konsantrasyonlar (litre başına mikrogram) bulunmuştur: Cr, 687; Cu, 7,5; Ni, 17; Fe, 7800; ve Ti, 0,3'tür (Bkz. Tablo 2.5). Bu bulgular çalışmamızın sonuçlarıyla kıyaslandığında genel olarak Ni salınımının

bizim verilerimizden daha az olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin kullanılan tüm materyallerin paslanmaz çelik esaslı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu veri Hwang ve ark. (145), Fe ve Cr elementlerinin iyon salınım değerlerinin çalışmamızdaki değerlerden daha yüksek olmasını da açıklayıcı niteliktedir. Hwang ve ark. (145) çalışmasında Cu ve Ti elementlerinin iyon salınım düzeyleri, çalışmamızla kıyaslandığında bu elementlere ait çalışmamızdan elde ettiğimiz iyon salınım düzeylerinin maksimum ve minimum değerleri arasında yer aldığı söylenebilir.

Güncel literatür incelendiğinde (Bkz. Tablo 2.4-2.6) çalışmaların temel olarak ortodontik cihazlardaki Ni ve Cr salınımlarına odaklandığı görülmektedir. Geniş çaplı analitik teknikler, inkübasyon süresi ve ortamı gibi faktörlerden dolayı sonuçların literatür değerleri ile karşılaştırılması kolay değildir. Genel olarak, ilişkili çalışmalarda aynı türde alaşımlar kullanılmasına rağmen, alaşımların içeriği, belirleme sınırları ve analitik tekniklerin yanı sıra materyal üretimi teknolojilerinde, galvanik kaplamadaki farklılıklardan dolayı da sonuçlar değişiklik gösterebilir. Bu nedenle bu çalışmalardan elde edilen değerler ile diğer çalışmada elde edilenler arasında doğrudan bir karşılaştırma yapmak mümkün değildir. Barret ve ark. (3) ve Hwang ve ark. (145) farklı yapay tükürük formülleri kullanarak ortodontik aygıtları incelemiştir. Staffoloni ve ark. (49) ise organik ve inorganik asitler içerisinde bekletilmiş ortodontik aygıtları incelemiştir. Çalışmamızın verileri, Haddad ve ark. (4), Darabara ve ark. (144) ve Luft ve ark. (141) değerleri ile karşılaştırılabilir. Platt ve ark. (34), ortodontik braketler yerine farklı alaşımları incelemiştir. Kuhta ve ark. (146), farklı türde ark tellerine sahip simüle edilmiş ortodontik cihazlardan gerçekleşen metal iyon salınımını incelemiş ve ark teli türünün de iyon salınımını etkileyebileceğini vurgulamışlardır. Ayrıca yapılan literatür incelemesinde (Bkz. Tablo 2.4) çalışmamıza benzer çalışmalar genellikle 1983–2012 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan analitik tekniklerin duyarlılığı geçtiğimiz yıllarda büyük ölçüde artmıştır. Son olarak, bu çalışmaların bazılarında kontrol grubu kullanılmamıştır. Kontrol solüsyonun kompozisyonunun bilinmesi matriks içerisinde incelenen iyon miktarlarının çıkarılmasını mümkün kılmaktadır. Bu nedenle salınan iyonların kütleleri hesaplanmaya çalışılıyorsa, diğer kaynaklardan dolayı solüsyon içerisinde mevcut olan iyonlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışmamızda kontrol grubundaki iyon seviyelerinin bilinmesi yalnızca ortodontik cihazdan salınan iyonları belirleyebilmemizi sağlamıştır.

Bununla birlikte, ağız ortamının değişken dinamik yapısı göz önüne alınarak daha uzun gözlem süresi ve kullanılan ortodontik materyallere ait grup sayısının artırılması ile gerçekleştirilecek ileri dönemdeki araştırma sonuçlarının daha güvenilir veriler sunabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda iyon salınım düzeylerinin belirlenmesi için ICP-MS cihazı kullanımının uygun olduğu düşüncesi desteklenmektedir (27). Aynı zamanda markalar arası iyon salınım farklarının hastaların alerjik duyarlılık varlığı düşünülerek tercih edilmesi bakımından klinisyene rehber olabilecek bilgiler elde edilmiştir. Bunun yanında ortodontik tedavinin toksik eser elementlere maruz kalma hususunda önemli bir etmen olup olmadığı değerlendirmesi için daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda farklı ortodonti üreticilerden temin edilmiş 5 farklı braket sistemi ve aynı üreticilere ait ortodontik tedavinin seyri sırasında sırasıyla kullanılan 7 farklı boyutta üretilmiş üst çene ovoid form Ni-Ti ark telleri pH değerleri 4-5,5 ve 6,7 olarak hazırlanan modifiye Fusuyama suni salyası içinde bekletilerek, 1 (T0) ve 42 (T1) günlük immersiyon sürelerinden sonra farklı asiditeler içerisindeki 21 elemente ait iyon salınım miktarını ölçmek amacıyla numuneler ICP-MS cihazı kullanılarak metal bileşenler için analiz edilmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre;

- pH'ın azalmasıyla iyon salınım miktarlarında grupların büyük çoğunluğunda istatistiksel olarak anlamlı artış görülen elementler braket grubu için Co ve Sr, tel grubu için ise Co, Ni ve Sr elementleri olarak bulunmuştur.
- T0 ve T1 zamanları için pH 6,7 değerinde yapay tükürükte salınan iyon miktarları ile pH 4 değerinde salınan iyon miktarları kıyaslandığında pH'ın asidik yönde değişmesiyle tüm braket gruplarında (UA braket grubu hariç) istatistiksel olarak anlamlı artış görülen element sayısı daha fazladır.
- Tüm braket gruplarında en fazla iyon salınımının pH 4 değerinde, yalnızca 3M braket grubunda en fazla iyon salınımının pH 5,5 değerinde, olduğu bulunmuştur. 3MN, RMON ve UN tel grupları için en yüksek iyon salınımının pH 4 değerinde, AON ve DN tel grupları için en yüksek iyon salınımının pH 5,5 değerinde hazırlanan yapay tükürükte olduğu belirlenmiştir.
- T0-T1 zaman aralıklarında pH 6,7 değerinde bulunan AO braket grubundaki tüm elementlerden gerçekleşen iyon salınım miktarlarının artışının istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür.
- T0-T1 zamanları arasında tüm pH değerlerinde ve tüm gruplarda Rb ve Ti elementlerinin iyon salınım düzeyinin artışının istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

- Çalışmamızda braket ve tellerden maksimum iyon salınım 1. günde gerçekleşmiştir ve 42. gün değerleriyle arasında çok küçük farklılıklar mevcuttur.
- İyon salınım düzeyleri incelendiğinde Sr elementinin, Fe ve Ni elementleri kadar yüksek iyon salınımı özelliği gösterdiği, buna bağlı olarak korozyona yatkınlığının fazla olduğu bulunmuştur.
- Braket grubunda Fe, Ni, Cr, Al, Co, Cu ve Sr gibi sitotoksik özellikte gösterebilen elementlerin pH 4 değerinde en yüksek iyon konsantrasyon düzeyine ulaştığı bulunmuştur. Tel grubunda ise bu elementlerden Al, Cu ve Cr'un pH 6,7, Fe ve Ni'in pH 5,5 ve Sr ve Co'nun pH 4 değerinde en yüksek iyon konsantrasyon düzeyine ulaştığı tespit edilmiştir.
- Her bir ticari markanın braket ve telleri için en çok ve en az düzeyde iyon salınımı yapan elementlerin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. T0 ve T1 zamanlarında en çok salınan metal iyonları Fe, Ni, Sr, Cr ve Al iken en az salınan metal iyonları Cd ve Hg'dir. Mevcut çalışmada markalara ait braket ve tellerin metal iyon salınımı miktarlarının sıralamasına baktığımızda, en çok (Fe, Ni, Sr, Cr ve Al) ve en az (Cd, Hg) salınan metal iyonları hariç, tüm markalar tüm pH'larda farklı düzeylerde metal iyon salınımı gerçekleştirmiş olup, aralarında herhangi bir korelasyon yoktur.
- İncelenen elementlerin farklı pH değerlerinde maksimum ve minimum iyon salınımı gösterdiği markalar incelendiğinde; UA grubu tüm pH değerlerinde elementlerin en yüksek oranda iyon salınımı yaptığı braket markasıdır. Toksik olabilecek elementler arasında sayılan Al, Fe, Co, Cu ve Cr gibi elementlerin en yüksek düzeyde UA braket grubunda ulaştığı tespit edilmiştir. Sitotoksik ve alerjik elementler arasında sayılan Ni'in en yüksek düzeyde RMO braket grubunda, Sr'un ise 3M braket grubunda ulaştığı belirlenmiştir.

Tüm bu verilere göre çalışmamız, farklı markaların farklı pH'larda farklı iyon salınım özelliği gösterdiğini, genel olarak pH'ın azalmasıyla iyon salınım düzeyinin arttığını, aygıtların yapıları ve imalat tarzlarına bağlı olarak elementlerdeki korozyon davranışının değişkenlik gösterebileceği bulgusunu desteklemektedir.

Farklı markalar ve farklı ortodontik materyaller arası iyon salınım düzeylerinin tespiti, daha hassas ve ayrıntılı veriler sunan cihazlar ve ağız ortamını daha iyi taklit edebilen durumlar ile değerlendirmesi daha faydalı sonuçlar ile rehber olabilecek bilgiler elde edilmesini sağlayabilir.



7. KAYNAKLAR

1. **Luft S, Keilig L, Jager A, Bourauel C.** In-vitro evaluation of the corrosion behavior of orthodontic brackets. *Orthod Craniofac Res*, **2009**;12(1):43-51.
2. **Grimsdottir MR, Gjerdet NR, Hensten-Pettersen A.** Composition and in vitro corrosion of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **1992**;101(6):525-532.
3. **Barrett RD, Bishara SE, Quinn JK.** Biodegradation of orthodontic appliances. Part I. Biodegradation of nickel and chromium in vitro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **1993**;103(1):8-14.
4. **Haddad AC, Tortamano A, Souza AL, Oliveira PV.** An in vitro comparison of nickel and chromium release from brackets. *Braz Oral Res*, **2009**;23(4):399-406.
5. **Kerosuo H, Moe G, Kleven E.** In vitro release of nickel and chromium from different types of simulated orthodontic appliances. *Angle Orthod*, **1995**;65(2):111-116.
6. **Huang HH, Chiu YH, Lee TH, Wu SC, Yang HW, Su KH, et al.** Ion release from NiTi orthodontic wires in artificial saliva with various acidities. *Biomaterials*, **2003**;24(20):3585-3592.
7. **Ehrnrooth M, Kerosuo H.** Face and neck dermatitis from a stainless steel orthodontic appliance. *Angle Orthod*, **2009**;79(6):1194-1196.
8. **Harnack L, Stang J, Story M.** Soft drink consumption among US children and adolescents: nutritional consequences. *J Am Diet Assoc*, **1999**;99(4):436-441.
9. **Stephan RM, Miller BF.** A Quantitative Method for Evaluating Physical and Chemical Agents which Modify Production of Acids in Bacterial Plaques on Human Teeth. *Journal of Dental Research*, **1943**;22(1):45-51.
10. **Stephan RM.** Changes in hydrogen-ion concentration on tooth surfaces and in carious lesions. *The Journal of the American Dental Association*, **1940**;27(5):718-723.
11. **Miller BF, Muntz JA, Bradel S.** Decomposition of carbohydrate substrates by dental plaque material. *Journal of Dental Research*, **1940**;19(5):473-478.
12. **Faccioni F, Franceschetti P, Cerpelloni M, Fracasso ME.** In vivo study on metal release from fixed orthodontic appliances and DNA damage in oral mucosa cells. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2003**;124(6):687-693; discussion 693-684.
13. **Maijer R, Smith DC.** Biodegradation of the orthodontic bracket system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **1986**;90(3):195-198.
14. **Gwinnett AJ.** Corrosion of resin-bonded orthodontic brackets. *Am J Orthod*, **1982**;81(6):441-446.
15. **Menezes LM, Quintao CA, Bolognese AM.** Urinary excretion levels of nickel in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2007**;131(5):635-638.
16. **Kerosuo H, Kullaa A, Kerosuo E, Kanerva L, Hensten-Pettersen A.** Nickel allergy in adolescents in relation to orthodontic treatment and piercing of ears. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **1996**;109(2):148-154.
17. **McKay GC, Macnair R, MacDonald C, Grant MH.** Interactions of orthopaedic metals with an immortalized rat osteoblast cell line. *Biomaterials*, **1996**;17(13):1339-1344.
18. **Berger-Gorbet M, Broxup B, Rivard C, Yahia LH.** Biocompatibility testing of NiTi screws using immunohistochemistry on sections containing metallic implants. *J Biomed Mater Res*, **1996**;32(2):243-248.

19. **Noble J, Ahing SI, Karaiskos NE, Wiltshire WA.** Nickel allergy and orthodontics, a review and report of two cases. *Br Dent J*, **2008**;204(6):297-300.
20. **Fernandez-Minano E, Ortiz C, Vicente A, Calvo JL, Ortiz AJ.** Metallic ion content and damage to the DNA in oral mucosa cells of children with fixed orthodontic appliances. *Biometals*, **2011**;24(5):935-941.
21. **Golz L, Bayer S, Keilig L, Jager A, Stark H, Bourauel C, et al.** Possible implications of Ni(II) on oral IL-1 β -induced inflammatory processes. *Dent Mater*, **2014**;30(12):1325-1335.
22. **Natarajan M, Padmanabhan S, Chitharanjan A, Narasimhan M.** Evaluation of the genotoxic effects of fixed appliances on oral mucosal cells and the relationship to nickel and chromium concentrations: an in-vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2011**;140(3):383-388.
23. **Wataha JC, Lockwood PE, Marek M, Ghazi M.** Ability of Ni-containing biomedical alloys to activate monocytes and endothelial cells in vitro. *J Biomed Mater Res*, **1999**;45(3):251-257.
24. **Simonsen AB, Deleuran M, Johansen JD, Sommerlund M.** Contact allergy and allergic contact dermatitis in children - a review of current data. *Contact Dermatitis*, **2011**;65(5):254-265.
25. **Huang HH.** Surface characterizations and corrosion resistance of nickel-titanium orthodontic archwires in artificial saliva of various degrees of acidity. *J Biomed Mater Res A*, **2005**;74(4):629-639.
26. **Mikulewicz M, Chojnacka K.** Trace metal release from orthodontic appliances by in vivo studies: a systematic literature review. *Biol Trace Elem Res*, **2010**;137(2):127-138.
27. **Mikulewicz M, Chojnacka K, Wozniak B, Downarowicz P.** Release of metal ions from orthodontic appliances: an in vitro study. *Biol Trace Elem Res*, **2012**;146(2):272-280.
28. **Önçağ G, Yetkiner E, Mutlu EN.** The use of fixed appliances in the Turkey: A survey of specialist orthodontists. *EÜ Dişhek Fak Derg*, **2011**;32(2):83-89.
29. **von Fraunhofer JA.** Corrosion of orthodontic devices. *Semin Orthod*, **1997**;3(3):198-205.
30. **Tosun Y.** Sabit ortodontik aparatların biyomekanik prensipleri. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi., **1999**.
31. **Park HY, Shearer TR.** In vitro release of nickel and chromium from simulated orthodontic appliances. *Am J Orthod*, **1983**;84(2):156-159.
32. **Edman B, Möller H.** Trends and forecasts for standard allergens in a 12-year patch test material. *Contact Dermatitis*, **1982**;8(2):95-104.
33. **Bishara SE, Barrett RD, Selim MI.** Biodegradation of orthodontic appliances. Part II. Changes in the blood level of nickel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **1993**;103(2):115-119.
34. **Platt JA, Guzman A, Zuccari A, Thornburg DW, Rhodes BF, Oshida Y, et al.** Corrosion behavior of 2205 duplex stainless steel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **1997**;112(1):69-79.
35. Last Updated Date. Rocky Mountain Orthodontics. [www.rockymountainorthodontics.com/MSDS_NickelTitanium_Orthonol_Thermaloy_En%20\(1\).pdf](http://www.rockymountainorthodontics.com/MSDS_NickelTitanium_Orthonol_Thermaloy_En%20(1).pdf) 23.07.2017
36. **Sarmaz T.** Farklı braket türlerinde nikel ve krom salınımının in vivo incelenmesi., Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, **2013**: 11-12.
37. Last Updated Date. Dentaaurum. www.dentaaurum.de/files/989-781-00.pdf 19.07.2017
38. Last Updated Date. 3M. [www.3m.com/Gemini%20Series%20Brackets%20\(2\).pdf](http://www.3m.com/Gemini%20Series%20Brackets%20(2).pdf) 21.07.2017

39. Last Updated Date. Opal.
[http://www.opalorthodontics.com/resources/Pages/safety-data-sheets-\(SDS\).aspx](http://www.opalorthodontics.com/resources/Pages/safety-data-sheets-(SDS).aspx)
 23.07.2017
40. **Andreasen GF, Morrow RE.** Laboratory and clinical analyses of nitinol wire. *Am J Orthod*, **1978**;73(2):142-151.
41. **Prososki RR, Bagby MD, Erickson LC.** Static frictional force and surface roughness of nickel-titanium arch wires. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, **1991**;100(4):341-348.
42. **Viazis AD.** Clinical applications of superelastic nickel titanium wires. *J Clin Orthod*, **1991**;25(6):370-374.
43. **Waters N, Houston W, Stephens C.** The characterization of arch wires for the initial alignment of irregular teeth. *Am J Orthod*, **1981**;79(4):373-389.
44. **Sarkar N, Redmond W, Schwaninger B, Goldberg A.** The chloride corrosion behaviour of four orthodontic wires. *Journal of oral rehabilitation*, **1983**;10(2):121-128.
45. **Edie JW, Andreasen GF, Zaytoun MP.** Surface corrosion of nitinol and stainless steel under clinical conditions. *Angle Orthod*, **1981**;51(4):319-324.
46. **Schwaninger B, Sarkar NK, Foster BE.** Effect of long-term immersion corrosion on the flexural properties of nitinol. *Am J Orthod*, **1982**;82(1):45-49.
47. **Harris EF, Newman SM, Nicholson JA.** Nitinol arch wire in a simulated oral environment. Changes in mechanical properties. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, **1988**;93(6):508-513.
48. Last Updated Date. 3M.
[www.3m.com./Archwire%20Composition%20Letter%20\(1\).pdf](http://www.3m.com./Archwire%20Composition%20Letter%20(1).pdf) 20.07.2017
49. **Staffolani N, Damiani F, Lilli C, Guerra M, Staffolani NJ, Belcastro S, et al.** Ion release from orthodontic appliances. *J Dent*, **1999**;27(6):449-454.
50. **Uthus EO, Seaborn CD.** Deliberations and evaluations of the approaches, endpoints and paradigms for dietary recommendations of the other trace elements. *J Nutr*, **1996**;126(9 Suppl):2452s-2459s.
51. **Jones TK, Hansen CA, Singer MT, Kessler HP.** Dental implications of nickel hypersensitivity. *J Prosthet Dent*, **1986**;56(4):507-509.
52. **Barceloux DG.** Nickel. *J Toxicol Clin Toxicol*, **1999**;37(2):239-258.
53. **Norseth T.** Cancer hazards caused by nickel and chromium exposure. *J Toxicol Environ Health*, **1980**;6(5-6):1219-1227.
54. **Setcos JC, Babaei-Mahani A, Silvio LD, Mjor IA, Wilson NH.** The safety of nickel containing dental alloys. *Dent Mater*, **2006**;22(12):1163-1168.
55. **Greig DG.** Contact dermatitis reaction to a metal buckle on a cervical headgear. *Br Dent J*, **1983**;155(2):61-62.
56. **Temesvari E, Racz I.** Nickel sensitivity from dental prosthesis. *Contact Dermatitis*, **1988**;18(1):50-51.
57. **Baldwin DR, Marshall WJ.** Heavy metal poisoning and its laboratory investigation. *Ann Clin Biochem*, **1999**;36 (Pt 3):267-300.
58. **Anderson R.** Essential and toxic trace elements in human health and disease: an update. *Prog Clin Biol Res*, **1993**;380:1-376.
59. **Howie DW, Rogers SD, McGee MA, Haynes DR.** Biologic effects of cobalt chrome in cell and animal models. *Clin Orthop Relat Res*, **1996**:S217-232.
60. **Kedici PS, Memikoglu MM, Kansu G, Isimer A, Gunhan O.** Case report: ionisation tendency of a base metal alloy in the oral environment. *Eur J Prosthodont Restor Dent*, **1995**;3(5):231-234.

61. **Tezcan M.** Farklı braket ve ligasyon tiplerinin tükürükteki nikel ve krom iyon seviyeleri üzerine etkilerinin değerlendirilmesi., Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, **2014**: 5-8.
62. **Bothwell TH, Charlton R, Cook J, Finch C.** Iron metabolism in man. *Iron metabolism in man*, **1979**.
63. **Fraga CG, Oteiza PI.** Iron toxicity and antioxidant nutrients. *Toxicology*, **2002**;180(1):23-32.
64. **Leong D, Chai J, Lautenschlager E, Gilbert J.** Marginal fit of machine-milled titanium and cast titanium single crowns. *Int J Prosthodont*, **1994**;7(5):440-447.
65. **Niinomi M.** Mechanical biocompatibilities of titanium alloys for biomedical applications. *J Mech Behav Biomed Mater*, **2008**;1(1):30-42.
66. **Koike M, Cai Z, Fujii H, Brezner M, Okabe T.** Corrosion behavior of cast titanium with reduced surface reaction layer made by a face-coating method. *Biomaterials*, **2003**;24(25):4541-4549.
67. **Cai Z, Nakajima H, Woldu M, Berglund A, Bergman M, Okabe T.** In vitro corrosion resistance of titanium made using different fabrication methods. *Biomaterials*, **1999**;20(2):183-190.
68. **Cortada M, Giner L, Costa S, Gil FJ, Rodriguez D, Planell JA.** Galvanic corrosion behavior of titanium implants coupled to dental alloys. *J Mater Sci Mater Med*, **2000**;11(5):287-293.
69. **Valentine-Thon E, Schiwarra HW.** Validity of MELISA for metal sensitivity testing. *Neuro Endocrinol Lett*, **2003**;24(1-2):57-64.
70. **Tamai K, Mitsumori M, Fujishiro S, Kokubo M, Ooya N, Nagata Y, et al.** A case of allergic reaction to surgical metal clips inserted for postoperative boost irradiation in a patient undergoing breast-conserving therapy. *Breast Cancer*, **2001**;8(1):90-92.
71. **Nielsen SP.** The biological role of strontium. *Bone*, **2004**;35(3):583-588.
72. **Esen FÖE.** Stronsiyum ve Osteoporoz.
73. **Flaten TP, Alfrey AC, Birchall JD, Savory J, Yokel RA.** Status and future concerns of clinical and environmental aluminum toxicology. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, **1996**;48(6):527-542.
74. **Walton JR.** A longitudinal study of rats chronically exposed to aluminum at human dietary levels. *Neurosci Lett*, **2007**;412(1):29-33.
75. **Rondeau V, Iron A, Letenneur L, Commenges D, Duchene F, Arveiler B, et al.** Analysis of the effect of aluminum in drinking water and transferrin C2 allele on Alzheimer's disease. *Eur J Neurol*, **2006**;13(9):1022-1025.
76. **Pastacı N, Bahtiyar N, Karalük S, Gönül R, Or M, Dursun Ş, et al.** Köpeklerde Alüminyum Toksikasyonunun Alzheimer Hastalığı Üzerine Etkisi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, **2010**;3(3):271-275.
77. **Kawashima I, Berzins DW, Sarkar NK, Ohno H.** Corrosion of three experimental AgMn-based casting alloys. *Dent Mater*, **1998**;14(6):448-452.
78. **Barceloux DG, Barceloux D.** Molybdenum. *Journal of toxicology: clinical Toxicology*, **1999**;37(2):231-237.
79. **Lu W, Zhang G-h, Jie D, Chou K-c.** Oxidation roasting of molybdenite concentrate. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, **2015**;25(12):4167-4174.
80. **Kim B-S, Jha MK, Jeong J, Lee J-c.** Leaching of impurities for the up-gradation of molybdenum oxide and cementation of copper by scrap iron. *International Journal of Mineral Processing*, **2008**;88(1):7-12.
81. **Crans DC, Smees JJ, Gaidamauskas E, Yang L.** The chemistry and biochemistry of vanadium and the biological activities exerted by vanadium compounds. *Chemical reviews*, **2004**;104(2):849-902.

82. **Barceloux DG, Barceloux D.** Vanadium. *Journal of toxicology: clinical Toxicology*, **1999**;37(2):265-278.
83. **Sabbioni E, Kueera J, Pietra R, Vesterberg O.** A critical review on normal concentrations of vanadium in human blood, serum, and urine. *Science of the total environment*, **1996**;188(1):49-58.
84. **Mergler D.** Neurotoxic effects of low level exposure to manganese in human populations. *Environmental Research*, **1999**;80(2):99-102.
85. **Crossgrove J, Zheng W.** Manganese toxicity upon overexposure. *NMR in Biomedicine*, **2004**;17(8):544-553.
86. **Vallee BL, Falchuk KH.** The biochemical basis of zinc physiology. *Physiological reviews*, **1993**;73(1):79-118.
87. **Vallee B.** Zinc: biochemistry, physiology, toxicology and clinical pathology. *BioFactors (Oxford, England)*, **1988**;1(1):31-36.
88. **Vallee B, Ulmer D, Wacker W.** Arsenic toxicology and biochemistry. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, **1960**;2(7):358.
89. **States JC, Barchowsky A, Cartwright IL, Reichard JF, Futscher BW, Lantz RC.** Arsenic toxicology: translating between experimental models and human pathology. *Environmental health perspectives*, **2011**;119(10):1356.
90. **Tam G, Charbonneau S, Bryce F, Pomroy C, Sandi E.** Metabolism of inorganic arsenic (74As) in humans following oral ingestion. *Toxicol Appl Pharmacol*, **1979**;50(2):319-322.
91. **Barceloux DG, Barceloux D.** Copper. *Journal of toxicology: clinical Toxicology*, **1999**;37(2):217-230.
92. **Gaetke LM, Chow CK.** Copper toxicity, oxidative stress, and antioxidant nutrients. *Toxicology*, **2003**;189(1):147-163.
93. **Organization WH.** Trace elements in human nutrition and health. World Health Organization, **1996**.
94. **Wilber CG.** Toxicology of selenium: a review. *Clinical toxicology*, **1980**;17(2):171-230.
95. **Cerwenka Jr EA, Cooper WC.** Toxicology of selenium and tellurium and their compounds. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, **1961**;3(2):189-200.
96. **Britton S.** Tin versus corrosion. International Tin Research Institute, **1975**.
97. **Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M.** Handbook on the Toxicology of Metals. Academic Press, **2014**.
98. **Butterman W, Reese Jr R.** Mineral Commodity Profiles--Rubidium. 2003 2331-1258.
99. **Johnson GT, Lewis TR, Wagner WD.** Acute toxicity of cesium and rubidium compounds. *Toxicol Appl Pharmacol*, **1975**;32(2):239-245.
100. **Galván-Arzate S, Santamaría A.** Thallium toxicity. *Toxicol Lett*, **1998**;99(1):1-13.
101. **Gettler AO, Weiss L.** Thallium poisoning. III. Clinical toxicology of thallium. *American Journal of Clinical Pathology*, **1943**;13(8):422-429.
102. **Flora G, Gupta D, Tiwari A.** Toxicity of lead: a review with recent updates. *Interdisciplinary toxicology*, **2012**;5(2):47-58.
103. **Patočka J, Černý K.** Inorganic lead toxicology. *Acta Medica (Hradec Kralove)*, **2003**;46(2):65-72.
104. **Gebel T.** Arsenic and antimony: comparative approach on mechanistic toxicology. *Chemico-biological interactions*, **1997**;107(3):131-144.
105. **Léonard A, Gerber G.** Mutagenicity, carcinogenicity and teratogenicity of antimony compounds. *Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology*, **1996**;366(1):1-8.
106. **Järup L, Åkesson A.** Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicol Appl Pharmacol*, **2009**;238(3):201-208.

107. **Robards K, Worsfold P.** Cadmium: toxicology and analysis. A review. *Analyst*, **1991**;116(6):549-568.
108. **Goering P, Waalkes M, Klaassen C.** Toxicology of cadmium. *Toxicology of metals*: Springer, **1995**; 189-214.
109. **Clarkson TW, Magos L, Myers GJ.** The toxicology of mercury—current exposures and clinical manifestations. *N Engl J Med*, **2003**;2003(349):1731-1737.
110. **Clarkson TW.** Human toxicology of mercury. *The Journal of trace elements in experimental medicine*, **1998**;11(2-3):303-317.
111. **Edgar W.** Saliva: its secretion, composition and functions. *Br Dent J*, **1992**;172(8):305-312.
112. **Lagerlöf F.** Caries-protective factors in saliva. *Advances in dental research*, **1994**;8(2):229-238.
113. **Aydın M, Mısırlıgil A.** Diş hekimleri için ağız mikrobiyolojisi. Ankara: MN Medikal & Nobel., **2012**.
114. **Kim H, Johnson JW.** Corrosion of stainless steel, nickel-titanium, coated nickel-titanium, and titanium orthodontic wires. *Angle Orthod*, **1999**;69(1):39-44.
115. **House K, Sernetz F, Dymock D, Sandy JR, Ireland AJ.** Corrosion of orthodontic appliances--should we care? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2008**;133(4):584-592.
116. **Wataha JC, Lockwood PE, Schedle A, Noda M, Bouillaguet S.** Ag, Cu, Hg and Ni ions alter the metabolism of human monocytes during extended low-dose exposures. *J Oral Rehabil*, **2002**;29(2):133-139.
117. **Eliades T, Athanasiou AE.** In vivo aging of orthodontic alloys: implications for corrosion potential, nickel release, and biocompatibility. *Angle Orthod*, **2002**;72(3):222-237.
118. **Matasa CG.** Attachment corrosion and its testing. *J Clin Orthod*, **1995**;29(1):16-23.
119. **Palaghias G.** Oral corrosion and corrosion inhibition processes--an in vitro study. *Swed Dent J Suppl*, **1985**;30:1-72.
120. **Es-Souni M, Es-Souni M, Fischer-Brandies H.** On the properties of two binary NiTi shape memory alloys. Effects of surface finish on the corrosion behaviour and in vitro biocompatibility. *Biomaterials*, **2002**;23(14):2887-2894.
121. **Maijer R, Smith DC.** Corrosion of orthodontic bracket bases. *Am J Orthod*, **1982**;81(1):43-48.
122. **Iijima M, Endo K, Yuasa T, Ohno H, Hayashi K, Kakizaki M, et al.** Galvanic corrosion behavior of orthodontic archwire alloys coupled to bracket alloys. *Angle Orthod*, **2006**;76(4):705-711.
123. **Tufekci E, Mitchell JC, Olesik JW, Brantley WA, Papazoglou E, Monaghan P.** Inductively coupled plasma-mass spectroscopy measurements of elemental release from 2 high-palladium dental casting alloys into a corrosion testing medium. *J Prosthet Dent*, **2002**;87(1):80-85.
124. **Wataha JC, Hanks CT, Craig RG.** In vitro effects of metal ions on cellular metabolism and the correlation between these effects and the uptake of the ions. *J Biomed Mater Res*, **1994**;28(4):427-433.
125. Last Updated Date. American Orthodontics.
<http://www.americanortho.com/catalog/mobile/index.html> 24.07.2017
126. **Deguchi T, Ito M, Obata A, Koh Y, Yamagishi T, Oshida Y.** Trial production of titanium orthodontic brackets fabricated by metal injection molding (MIM) with sintering. *J Dent Res*, **1996**;75(7):1491-1496.
127. **Spalj S, Zrinski MM, Spalj VT, Buljan ZI.** In-vitro assessment of oxidative stress generated by orthodontic archwires. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, **2012**;141(5):583-589.

128. **Gioka C, Bourauel C, Zinelis S, Eliades T, Silikas N, Eliades G.** Titanium orthodontic brackets: structure, composition, hardness and ionic release. *Dent Mater*, **2004**;20(7):693-700.
129. **Matos de Souza R, Macedo de Menezes L.** Nickel, chromium and iron levels in the saliva of patients with simulated fixed orthodontic appliances. *Angle Orthod*, **2008**;78(2):345-350.
130. **Smith GA, von Fraunhofer JA, Casey GR.** The effect of clinical use and sterilization on selected orthodontic arch wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **1992**;102(2):153-159.
131. **Jones TK, Pinnell DC, Netti CA.** Erosive lichen planus exacerbated by full-metal restorations. *Gen Dent*, **1991**;39(1):28-30.
132. **Hensten-Pettersen A.** Casting alloys: side-effects. *Adv Dent Res*, **1992**;6:38-43.
133. **Banoczy J, Roed-Petersen B, Pindborg JJ, Inovay J.** Clinical and histologic studies on electrogalvanically induced oral white lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **1979**;48(4):319-323.
134. **Dunlap CL, Vincent SK, Barker BF.** Allergic reaction to orthodontic wire: report of case. *J Am Dent Assoc*, **1989**;118(4):449-450.
135. **Gjerdet NR, Kallus T, Hensten-Pettersen A.** Tissue reactions to implanted orthodontic wires in rabbits. *Acta Odontol Scand*, **1987**;45(3):163-169.
136. **Greppi AL.** A prospective case-control study of nickel hypersensitivity reactions in orthodontic patients. University of Toronto, **1991**.
137. **Bass JK, Fine H, Cisneros GJ.** Nickel hypersensitivity in the orthodontic patient. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **1993**;103(3):280-285.
138. **Magnusson B, Bergman M, Bergman B, Soremark R.** Nickel allergy and nickel-containing dental alloys. *Scand J Dent Res*, **1982**;90(2):163-167.
139. **Merritt K, Brown SA.** Metal sensitivity reactions to orthopedic implants. *Int J Dermatol*, **1981**;20(2):89-94.
140. **Dolci GS, Menezes LMD, Souza RMD, Dedavid BA.** Biodegradation of orthodontic brackets: in vitro ion release. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, **2008**;13(3):77-84.
141. **Eliades T, Pratsinis H, Kletsas D, Eliades G, Makou M.** Characterization and cytotoxicity of ions released from stainless steel and nickel-titanium orthodontic alloys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2004**;125(1):24-29.
142. **Gursoy S, Acar AG, Sesen C.** Comparison of metal release from new and recycled bracket-archwire combinations. *Angle Orthod*, **2005**;75(1):92-94.
143. **Darabara MS, Bourithis LI, Zinelis S, Papadimitriou GD.** Metallurgical characterization, galvanic corrosion, and ionic release of orthodontic brackets coupled with Ni-Ti archwires. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, **2007**;81(1):126-134.
144. **Mikulewicz M, Chojnacka K.** Release of metal ions from orthodontic appliances by in vitro studies: a systematic literature review. *Biol Trace Elem Res*, **2011**;139(3):241-256.
145. **Hwang CJ, Shin JS, Cha JY.** Metal release from simulated fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2001**;120(4):383-391.
146. **Kuhta M, Pavlin D, Slaj M, Varga S, Lapter-Varga M, Slaj M.** Type of archwire and level of acidity: effects on the release of metal ions from orthodontic appliances. *Angle Orthod*, **2009**;79(1):102-110.
147. **Wolf RE.** What is ICP-MS? and more importantly, what can it do. *US Geological Survey*, **2005**;7.
148. **B B, İ Y, A K.** Ortodontik ark tellerinin farklı pH seviyelerinde iyon salınımlarının in-vitro olarak değerlendirilmesi. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak* **2005**;Cilt: 15, Sayı:2:Sayfa:11-20.

149. **Kwon YH, Cheon YD, Seol HJ, Lee JH, Kim HI.** Changes on NiTi orthodontic wired due to acidic fluoride solution. *Dent Mater J*, **2004**;23(4):557-565.
150. **Wang J, Li N, Rao G, Han EH, Ke W.** Stress corrosion cracking of NiTi in artificial saliva. *Dent Mater*, **2007**;23(2):133-137.
151. **DUBİT.** www.dubit.duzce.edu.tr. **22.05.2017.**
152. **Hafez HS, Selim EM, Kamel Eid FH, Tawfik WA, Al-Ashkar EA, Mostafa YA.** Cytotoxicity, genotoxicity, and metal release in patients with fixed orthodontic appliances: a longitudinal in-vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2011**;140(3):298-308.
153. **Brune D.** Metal release from dental biomaterials. *Biomaterials*, **1986**;7(3):163-175.
154. **Agaoglu G, Arun T, Izgi B, Yarat A.** Nickel and chromium levels in the saliva and serum of patients with fixed orthodontic appliances. *Angle Orthod*, **2001**;71(5):375-379.
155. **Amini F, Borzabadi Farahani A, Jafari A, Rabbani M.** In vivo study of metal content of oral mucosa cells in patients with and without fixed orthodontic appliances. *Orthod Craniofac Res*, **2008**;11(1):51-56.
156. Last Updated Date. Lapcompare. <http://www.labcompare.com/10-Featured-Articles/165450-Lab-Tech-Face-Off-ICP-AES-vs-ICP-OES-vs-ICP-MS/> 06.07.2017
157. **Rondelli G, Vicentini B.** Localized corrosion behaviour in simulated human body fluids of commercial Ni-Ti orthodontic wires. *Biomaterials*, **1999**;20(8):785-792.
158. **Sfondrini MF, Cacciafesta V, Maffia E, Scribante A, Alberti G, Biesuz R, et al.** Nickel release from new conventional stainless steel, recycled, and nickel-free orthodontic brackets: An in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2010**;137(6):809-815.
159. **Gjerdet NR, Erichsen ES, Remlo HE, Evjen G.** Nickel and iron in saliva of patients with fixed orthodontic appliances. *Acta Odontol Scand*, **1991**;49(2):73-78.
160. **Huang TH, Ding SJ, Min Y, Kao CT.** Metal ion release from new and recycled stainless steel brackets. *Eur J Orthod*, **2004**;26(2):171-177.

8. EKLER

EK-1. Numunelerin ICP-MS cihazı kullanılarak Düzce Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından yapıldığını gösterir belge

05.07.2017

www.unilab.duzce.edu.tr/Kabul/Ornek/Rapor/384

	DÜZCE ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMALAR UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ Düzce Üniversitesi Konuralp yerleşkesi MERKEZ/Düzce 81620 <i>Deney Raporu</i> Test Report	<table><tr><td>AB-0000-T</td></tr><tr><td>DG.344.384</td></tr><tr><td>07-17</td></tr></table>	AB-0000-T	DG.344.384	07-17
AB-0000-T					
DG.344.384					
07-17					
Müşterinin adı/adresi Customer name/address	Melis KOÇAK Abant İzzat Baysal Üniversitesi Diş hekimliği Fakültesi Ortodonti anabilimdalı				
İstek Numarası Order No.	DG.344.384				
Numunenin adı ve tarifi Name and identity of test item	Diğer				
Numunenin kabul tarihi The date of receipt of test item	11.05.2017				
Açıklamalar Remarks	Diş teli bekletilmiş saf su pH4-7				
Deneyin yapıldığı tarih Date of Test	05.07.2017				
Raporun Sayfa Sayısı Number of pages of the Report	2				
<i>Deney ve/veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metodları bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir.</i> The test and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.					
Mühür Seal	Tarih Date	Deney Sorumlusu Person in charge of test	Laboratuvar Müdürü Head of Testing Laboratory		
	05.07.2017	Yrd.Doç.Dr. Pınar Sevim ELİBOL	Prof.Dr. Halil İbrahim UĞRAŞ		

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz.

İmzasız ve mühürlü raporlar geçersizdir.

This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory.

Testing reports without signature and seal are not valid.

9. ÖZGEÇMİŞ

Emine Melis Koçak 15.06.1989 tarihinde Ankara’da doğdu. İlköğretim eğitimini Dr. Reşit Galip İlköğretim okulunda ve lise öğrenimini ise Özel Arı Anadolu Lisesi Ankara’da tamamladı. 2007 yılında Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nde eğitime başladı ve Haziran 2013’te mezun oldu. DUS sınavında Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti bölümünü kazandı ve Ocak 2014’te uzmanlık eğitime başladı. O tarihten itibaren aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmakta ve uzmanlık eğitime devam etmektedir. Yabancı dili İngilizcedir. Evlidir.