

DİŞ MİNESİNE ÇEŞİTLİ ORTAMLARIN ETKİSİ VE FLORÜR TAYİNİ

Fahriye ÖĞÜT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2006
ANKARA**

Fahriye ÖĞÜT tarafından hazırlanan DİŞ MİNESİNE ÇEŞİTLİ ORTAMLARIN ETKİSİ VE FLORÜR TAYİNİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç.Dr. Olcay ŞENDİL
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliğiyle Kimya Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Güler Somer

Üye : Yrd.Doç.Dr. Olcay Şendil

Üye : Prof.Dr. Nuran Özaltın

Üye : Prof.Dr. Semiha Çakır

Üye : Doç.Dr. Recai İnam

Tarih : 13.10.2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Fahriye ÖĞÜT

DİŞ MİNESİNE ÇEŞİTLİ ORTAMLARIN ETKİSİ VE FLORÜR TAYİNİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Fahriye ÖĞÜT

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ekim 2006

ÖZET

Bu çalışmada diş minesindeki florürün, ortama bağlı olarak zamanla nasıl değiştiği araştırıldı. Bu amaçla diş numuneleri HCl ve HAc (pH 2,0) ile 1×10^{-2} , 1×10^{-3} , 1×10^{-4} , 1×10^{-5} M KF sentetik ortamlarında ve ayrıca kola, limon suyu, sirke, şekerli su, diş macunu, siyah çay, nane çayı doğal ortamlarında bekletildi. Çözeltilerdeki F^- derişimi potansiyometrik olarak florüre duyarlı bir elektrotla ölçüldü. Çalışmalar sonucunda 1×10^{-4} – 1×10^{-5} M'dan daha düşük F^- derişimine sahip ortamlarda bekletilen diş örneklerindeki florürün çözeltiye geçtiği, daha yüksek F^- içeren ortamlarda ise çözeltiden dişe F^- geçişi olduğu tespit edildi. Bu geçişlerin hızı ve miktarı ise ortama göre farklılıklar gösterdi. Dişteki florür çözünmesinin HCl ortamında başlangıçta daha hızlı olduğu, aynı pH da HAc, sirke, limon suyu gibi organik asit içeren ortamlarda ise çözünmenin daha uzun sürelerde daha yavaş yürüdüğü gözlemlendi. Ayrıca şekerli ortamlarda florürün çözünmesinin hızlı olduğu, nane çayı ortamında ise kayda değer herhangi bir F^- geçişi olmadığı tespit edildi.

Bilim Kodu : 201.1.004
Anahtar Kelimeler : Diş minesi, florür tayini, mineral çözünmesi,
mineral oluşumu
Sayfa Adedi : 89
Tez Yöneticisi : Yrd.Doç.Dr. Olcay ŞENDİL

**EFFECT OF VARIOUS MEDIA ON TOOTH ENAMEL AND FLUORIDE
DETERMINATION**

(M.Sc. Thesis)

Fahriye ÖĞÜT

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

October 2006

ABSTRACT

In this work the effect of various media on fluorür concentration in tooth enamel depending on time have been investigated. For this purpose tooth samples have been waited for various periods in synthetic solutions such as HCl and HAc at pH=2 and in 1×10^{-2} , 1×10^{-3} , 1×10^{-4} , 1×10^{-5} M KF solutions and also in natural solutions such as cola, lemon juice, vinegar, sugared water, tooth paste, black tea, and mint tea. Fluoride concentrations have been measured by using a fluorür ion selective electrode. It was found that the fluorür present in tooth penetrated into solutions when the fluorür concentration in solution where teeth samples were waiting was lower than 10^{-4} M. On the other hand when the fluoride concentration was higher than 10^{-4} M, fluorür in solution penetrated into tooth. The rate and quantity of this penetration was depending on the medium. While the dissolution of fluorür from teeth was fast in short times in HCl, it was lower in organic acids such as HAc, vinegar and lemon juice at same pH values.

It was also observed that the dissolution of F⁻ was faster in sugared water, whereas there was nearly no dissolution of F⁻ in mint tea solution.

Science Code : 201.1.004

Key Words : Tooth enamel, fluoride determination, remineralization, demineralization

Page Number : 89

Adviser : Assist. Prof. Dr. Olcay Şendil

TEŞEKKÜR

Bu çalışmam süresince bana destek olan, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Olcay ŞENDİL'e ve Prof. Dr. Güler SOMER' e sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım. Çocuklarıma bakarak çalışmalarımda bana en büyük manevi desteği sağlayan, sevgili annem Necla ÖĞÜT'e de yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	4
2.1. Diş Minesinin Yapısı.....	4
2.2. Mine Demineralizasyonuna Florürün Etkisi	6
2.3. Florürün Çürük Önlemedeki Rolü	7
2.3.1. Mine direncini arttırmak.....	8
2.3.2. Florürün mikroorganizmalara ve bakteri plağına etkisi.....	11
2.3.3. Florürün diş morfolojisine etkisi.....	13
2.4. Diş Hekimliğinde Florür Uygulamaları	13
2.4.1. Sistemik florür uygulamaları.....	13
2.4.2. Topikal florür uygulamaları.....	14
2.5. Gazlı İçeceklerin Diş Minesine Etkisi.....	17
2.6. Sakarozun Diş Minesine Etkisi	18
2.7. Şeker Alkollerinin Diş Minesine Etkisi	19
2.8. Florürün İyon Seçici Elektrotlarla Tayini	20
2.8.1. İyon seçici elektrotların potansiyeli.....	20

Sayfa

2.8.2. Membran potansiyelinin teorisi.....	21
2.9. Katı Hal Elektrotların Potansiyeli	24
2.10. Elektrotların Seçicilik Katsayılarının Tayini.....	25
2.11. Cevap Verme Süresi	28
2.12. Tayin Sınırı.....	29
2.13. İyon-Seçici Elektrotla Miktar Tayininde Kullanılan Ölçüm Teknikleri.....	30
2.13.1. Doğrudan analiz metodu.....	30
2.13.2. Standart ekleme veya çıkarma metotları.....	31
2.13.3. Potansiyometrik titrasyon.....	32
2.14. Referans Elektrotlar	34
2.14.1. Doygun kalomel elektrot.....	34
2.14.2. Gümüş/gümüş klorür elektrot.....	35
2.14.3. Civa-civa(I)sülfat elektrodu.....	36
2.14.4. Talyum amalgam/ talyum klorür elektrodu.....	36
2.15. Katı Hal Elektrotlar	37
2.15.1. İç referans çözelti ve iç referans elektrotlu ISE'lar.....	38
2.15.2. Katı iç temaslı elektrotlar.....	39
2.15.3. Katı membran elektrotlar.....	39
2.16. İyon Değiştiricili ve Nötral Taşıyıcılı Katı Membran Elektrotlar..	40
3. DENEYSEL ÇALIŞMA	42
3.1. Kullanılan Reaktifler	42
3.2. Kullanılan Cihazlar	43
3.3. Çalışmada Kullanılan Elektrotlar	43
3.4. Çalışmada Kullanılan Hücreler.....	44

Sayfa

3.5. Çalışma Ortamı	44
3.6. Diş Örneklerinin Hazırlanması.....	44
3.7. Numune Çözeltilerinin Hazırlanması	45
3.8. Florür Seçici Elektrotun Hazırlanması ve Kullanımı	45
3.9. Florür Seçici Elektrotun Kalibrasyonu	45
3.10. Numune Çözeltilerindeki Florür'ün Potansiyometrik Tayini	46
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	47
4.1. Florür Seçici Elektrotun Kalibrasyon Grafiği	47
4.2. Florür Elektrodun Çözelti pH'sına Duyarlılığı.....	47
4.3. Plastik Tüplerde Bekletilen Florür Çözeltilerinin Verileri	48
4.4. Saf Suyun Diş Minesi Çözünürlüğüne Etkisi	50
4.5. 0,12 M HCl+Diş Çözeltilerinde pH'nın Değişimi	52
4.6. 0,12 M HCl'nin Diş Minesi Çözünürlüğüne Etkisi	53
4.7. Kolanın Diş Minesi Çözünürlüğüne Etkisi.....	54
4.8. Sirkenin Diş Minesi Çözünürlüğüne Etkisi	57
4.9. Asetik Asidin Diş Minesi Çözünürlüğüne Etkisi	58
4.10.Limon Suyunun Diş Minesi Çözünürlüğüne Etkisi	60
4.11. Kola, HAc, HCl, Limon Suyu ve Sirke Ortamlarında Bekleyen Dişlerin Çözeltilerindeki Florür Değişiminin Karşılaştırılması	61
4.12. Doygun Şekerli Su, Siyah Çay ve Nane Çayının Diş Minesinin Çözünürlüğüne Etkisi	64
4.12.1. Doygun şekerli suda bekletilen diş için elde edilen veriler ...	65
4.12.2. Siyah çay çözeltisinde bekletilen diş için elde edilen veriler	66
4.12.3. Nane çayı çözeltisinde bekletilen diş için elde edilen veriler	68

Sayfa

4.13. Siyah Çay, Nane Çayı ve Doygun Şekerli Su Ortamında Bekleyen Dişlerin Çözeltilerindeki Florür Değişiminin Karşılaştırılması	69
4.14. Florür Çözeltilerinde Bekletilen Diş İçin Elde Edilen Sonuçlar	69
4.14.1. Sentetik florür çözeltisinde bekletilen diş için elde edilen sonuçlar	70
4.14.2. Diş macunu çözeltilerinde bekletilen dişler için elde edilen sonuçlar	72
4.14.3. Farklı florür derişimine sahip sentetik ve diş macunu ortamlarında bekletilen dişlerin F ⁻ sonuçlarının karşılaştırılması	74
5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	76
KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ	89

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Bazı iyonlara karşı duyarlı katı Membran elektrotlar.....	37
Çizelge 4.1. Plastik tüplerde bekletilen 1×10^{-5} M ve 1×10^{-4} M F^{-} çözeltilerindeki florür konsantrasyonu değişimi.....	49
Çizelge 4.2. Diş numunesi bulunduran saf su çözeltilerindeki florür konsantrasyonu değişimi.....	50
Çizelge 4.3. Diş numunesi bulunduran HCl, HAc, kola, sirke ve limon suyu çözeltileri için florür konsantrasyonu değişimi.....	62
Çizelge 4.4. Diş numunesi bulunduran nane çayı, siyah çay ve şekerli su çözeltileri için florür konsantrasyonu değişimi.....	65
Çizelge 4.5. Diş numunesi bulunduran 1×10^{-4} , 1×10^{-5} M KF çözeltileri ile 1×10^{-2} , 1×10^{-3} ve 10^{-4} M F^{-} içeren macun çözeltilerinin florür konsantrasyonu değişimi.....	70

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Dişin yapısı.....	4
Şekil 2.2. İyon seçici elektrot için tipik kalibrasyon grafiği.....	29
Şekil 2.3. A iyonunun kalibrasyon grafiği.	31
Şekil 2.4. Potansiyometrik titrasyon eğrisi ile bunun birinci ve ikinci türev eğrileri.....	33
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan hücrelerin basit bir şekli.....	44
Şekil 4.1. Florür seçici elektrotun kalibrasyon eğrisi.....	47
Şekil 4.2. Florür elektrodun potansiyelinin pH ile değişimi.....	48
Şekil 4.3. Plastik tüplerde bekletilen 1×10^{-5} M ve 1×10^{-4} M F^- çözeltilerindeki florür değişimi	49
Şekil 4.4. Kısa süre (0-60 dakika) saf su ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi.....	51
Şekil 4.5. Uzun süre (50 dakika-17 gün) saf su ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi.....	51
Şekil 4.6. Diş numunesi içeren ve içermeyen HCl çözeltilerinin zamana bağlı pH değişimi.....	52
Şekil 4.7. Kısa süre (0-120 dakika) 0,12M HCl ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi.....	53
Şekil 4.8. Uzun süre (0 dakika-17 gün) saf su ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi.....	54
Şekil 4.9. Kısa süre (0-180 dakika) kola ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi.....	55
Şekil 4.10. Uzun süre (0 dakika-17 gün) kola ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi.....	55
Şekil 4.11. Diş-sirke ortamında kısa sürede florür konsantrasyonu değişimi.....	57

Şekil	Sayfa
Şekil 4.12. Diş-sirke ortamında uzun sürede florür konsantrasyonu değişimi.....	58
Şekil 4.13. Diş-asetik asit ortamında florür konsantrasyonu değişimi.....	59
Şekil 4.14. Kısa süre (0-120 dakika) 1/2(limon/su)'lik limon suyu ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi.....	60
Şekil 4.15. Uzun süre (0 dakika-7 gün) 1/2 (limon/su)'lik limon suyu ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi.....	61
Şekil 4.16. Kısa süre (0-120 dakika) kola, HCl, HAc, limon suyu ortamlarında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi.....	63
Şekil 4.17. Uzun süre (0 dakika-18 gün) kola, HCl, HAc, limon suyu ve sirke ortamlarında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi...	63
Şekil 4.18. Uzun süre (0 dakika-18 gün) kola, sirke, HAc ortamlarında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi.....	64
Şekil 4.19. Uzun süre (0 dakika-8 gün) şekerli su ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi.....	66
Şekil 4.20. Kısa süre (0-120 dakika) demlenmiş siyah çay ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi.....	67
Şekil 4.21. Uzun süre (0 dakika-4 gün) demlenmiş siyah çay ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi.....	67
Şekil 4.22. Uzun süre (0 dakika-17 gün) nane çayı ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi.....	68
Şekil 4.23. Nane çayı, siyah çay ve şekerli su ortamlarındaki diş örneklerinin 0-17 gün arası florür değişimi.....	69
Şekil 4.24. Diş+ 1×10^{-5} M florür çözeltisi ortamında florür konsantrasyonu değişimi.....	71
Şekil 4.25. Diş+ 1×10^{-4} M florür çözeltisi ortamında uzun sürede (0-20 gün) florür konsantrasyonu değişimi.....	71
Şekil 4.26. Diş+ 1×10^{-4} M florür içeren macun çözeltisi ortamında florür konsantrasyonu değişimi.....	72

Şekil	Sayfa
Şekil 4.27. Diş+ 1×10^{-3} M florür içeren macun çözeltileri ortamında florür konsantrasyonu değişimi.....	73
Şekil 4.28. Diş+ 1×10^{-2} M florür içeren macun çözeltisi ortamında kısa sürede (0-110 dakika) florür konsantrasyonu değişimi.....	73
Şekil 4.29. Diş+ 1×10^{-2} M florür içeren macun çözeltisi ortamında florür konsantrasyonu değişimi.....	74
Şekil 4.30. Diş+ 1×10^{-5} M F ⁻ (sentetik), diş+ 1×10^{-4} M F ⁻ (sentetik) ve diş+ 1×10^{-4} M F ⁻ (macun) çözeltilerindeki florür konsantrasyonunun değişimi.....	74
Şekil 4.31. Diş bulunduran 1×10^{-2} M ve 1×10^{-3} M florür içeren macun çözeltisi ortamlarında florür konsantrasyonu değişimi.....	75

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
F	Faraday sabiti (96496 kulon)
μ	Kimyasal potansiyel
$k_{A,B}^{pot}$	B iyonu varlığında A iyonuna karşı seçicilik katsayısı
Kısaltmalar	Açıklama
ΔQ	İç potansiyel farkı (Ara yüzeylerdeki potansiyel farkı)
ISE	İyon seçici elektrot
TISAB	Ortamin iyon şiddetini ayarlayan tampon çözelti
APF	Amin fosfat florür

1. GİRİŞ

Flor; 2. periyot, 7A grubu (halojen) elementidir. Doğadaki en elektronegatif elementtir. Kolayca reaksiyona girer. Doğada genel olarak kriyolit (Na_3AlF_6), florosilikat (Na_2SiF_6) veya kalsiyumflorür (CaF_2) gibi formlarda minerallerde ve mika, hornblende, pegmatit gibi formlarda kayalarda bulunmaktadır [Mellberg ve Ripa, 1983; Newbrun, 1989; Us, 1991; Wei, 1988; Whitford, 1994].

Florür, bitkilerde, hayvanlarda, denizde ve toprakta da görülmektedir. Hemen hemen tüm yiyecek ve içeceklerde eser miktarlarda bulunmasına karşın, balık ve kabuklu deniz hayvanlarında oldukça yüksek konsantrasyonlarda florür vardır [Melberg ve Ripa, 1983; Wei ve Wefel, 1982]. Derin sular, yüzeysel sulara göre daha fazla florür içerirken, yağmur suyunda florüre rastlanmaz [Us, 1991; Wei, 1988; Whitford, 1994].

Flor endüstride florokarbon olarak çok sık kullanılır, tygon, teflon ve diğer plastiklerde, halotan veya metoksifloran gibi anesteziklerde, freon gibi soğutucu gazlarda yaygın bir kullanım alanına sahiptir [Wei ve Wefel, 1982].

Dişlerin flor içerdiği ilk defa Morichini bildirmiş ve bunu takip eden yıllarda birçok araştırmacı dişlerdeki flor miktarının diş sağlığını etkilediğini savunmuştur [Kartöz, 1992].

Diş hekimliği literatürüne florürün girişi Toumba'ya (1996) göre, 1800'lü yıllara uzanmaktadır. Çürük önlemede ilk florür kullanımı, çocuklarda ve hamilelerde diş sağlığının daha iyi hale getirilmesi amacıyla potasyum florür haplarını öneren Erharde'ye (1874) atfedilmiştir. 1892'de, Sir James Crichton-Browne, çürükteki artışa florür elementinden bol miktarda yararlanmamanın ve ekmek yeme tipindeki değişikliklerin neden olduğunu bildirmiştir. Sir James, emziren annelerin diyetine florür yeniden girişini önermiş ve bunun gelecek nesillerin dişlerini güçlendireceğini belirtmiştir.

1901'de Dr. Eager, İtalya'dan Amerika'ya göç edenlerde görülen diş renklenmelerini "denti di chiaie" olarak tanımlamış aynı zamanda dişlerdeki siyah çizgilerden dolayı "denti sciritti" olarak refere etmiştir. Aynı yıl Amerika'lı diş hekimi Dr. F.S. McKay, Colarado'da bir çok hastada görülen ve bölgesel olarak "Colarado Lekesi" olarak bilinen vakaları bildirmişlerdir. 1931'de Churchill içme suyundaki aşırı florürün dişlerde florozis adlı bir tabloya neden olduğunu bulmuştur. Amerika'nın değişik bölgelerinden aldığı suların florür seviyelerini ölçmüş ve florür miktarı 2 ppm veya daha fazla olan bölgelerde dişlerde renklenme olduğu halde daha az olan bölgelerde bu renklenmenin olmadığını bildirmişlerdir. Sudaki florür düzeyinin artması ile birlikte dişlerde beneklenmenin arttığı, bununla beraber çürükte bir azalma olduğu bulunmuş ve florürün çürük düzeyini azalttığı ileri sürülmüştür. 1945 yılından itibaren bu konuda yoğun araştırmalar başlamış ve 1970'li yıllarda Dünya Sağlık Örgütü tarafından florürler çürüğe karşı korumada uluslararası bir halk sağlığı yöntemi olarak kabul edilmiştir.

Florürün, çürüğün ilerlemesinde kontrolü sağlayarak çürüğü önleyici şekilde hareket ettiği kanıtlanmıştır [Anderson ve ark, 1982; Duckworth ve Gilbert, 1992; Francci ve ark, 1999; Koulourides ve ark, 1976; Rose ve ark, 1996; Rose ve Turner, 1998].

1970'li ve 1980'li yılların sonlarında, gelişmiş ülkelerde çürük oluşumundaki çarpıcı azalma, florürlü diş macunlarının yaygın olarak kullanımına bağlanmaktadır. Diş macunları çok sık tüketildiğinden dolayı bu ürünlere florür katılması düşünülmüş, böylece yaygın ve düzenli bir şekilde florür alınması planlanmıştır [Bowen, 1991; O'Mullane, 1994; Zero ve ark, 1988].

Günümüzde en çok sodyum florür (NaF), sodyum mono floro fosfat (NaMFP) ve amin florür (AmF) içeren diş macunları kullanılmaktadır [Einwag ve ark, 1995].

Florür iyonu spektrofotometri [Duff, 1975; Bellack ve Schouboe, 1958; Grimaldi ve ark, 1955; Singer ve Armstrong, 1959; Wharton, 1962], kromatografi [Black ve Matthews, 1989; Potter ve ark, 1968] gibi aletli analiz metotlarının yanı sıra titrimetri [Calkins, 1962] gibi klasik metotlarla analiz edilebilmektedir. Bu yöntemlerdeki işlemler uzun zaman alan, zor, zahmetli olabilmektedir [Retief ve ark, 1985]. Günümüzde florür tayininde iyon seçici elektrotların kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır.

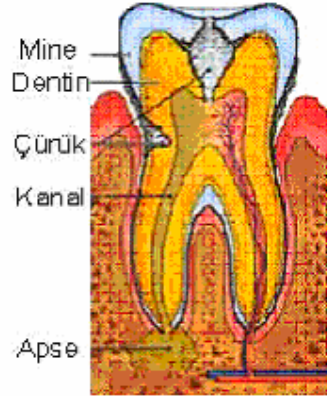
1966'da Frant ve Ross'un florür iyonuna karşı yüksek seçici özellikte olan, europium florür ve lantanyum florür kristallerinin karışımından yapılmış elektrotu hazırlamasıyla florür tayini çok daha kolaylaştı. Aynı araştırmacılar tarafından yapılan bir çalışmada iyon seçici florür elektrotu ve spektrofotometrik yöntem kullanılarak sulara florür iyonu miktar tayini yapılmış ve sonuçların birbirine son derece yakın olduğu, iyon seçici florür elektrotunun hızlı, güvenilir ve tekrarlanabilir sonuçlar verdiği bildirilmiştir [Matejcek ve ark, 1974].

Biyolojik sıvılardaki florür, serbest iyon şeklinde yada organik materyallere bağlı olarak bulunmaktadır. Serbest florür iyonları, seçici iyon elektrotu kullanılarak direkt yöntemle ölçülebilenken, organik materyallere bağlı olan florür bileşikleri, iyon seçici elektrot ile direkt okunamamaktadır. Son yıllarda florür bileşiklerinin asitlerle serbestleştirilerek florür iyonu haline getirilmesini takiben, iyon seçici elektrotla ölçüm yapılması esasına dayanan, mikrodifüzyon yöntemi kullanılmaktadır [Bawden ve ark, 1992; Ekstrand ve ark, 1983; VanWinkle ve ark, 1995; Venkateswarlu, 1982; Whitford ve ark, 1991; Zero ve ark, 1988].

Bu çalışmanın amacı diş minesindeki florürün çeşitli ortamlarda nasıl etkilendiğini araştırmaktır. Bunun için de doğal ve sentetik ortamlarda insan dişleri çeşitli sürelerde bekletilmiş, diş minesinden çözeltiye geçen ya da çözeltiden mineye geçen florür konsantrasyonu iyon seçici florür elektrotla ölçülmüştür.

2. KURAMSAL TEMELLER

Diş Minesinin Yapısı



Şekil 2.1. Dişin yapısı

Vücudun en sert kısmı olan ve dişi en dıştan koruyucu bir katman olarak çevreleyen diş minesi insan vücudundaki bütün mineralize dokuların en yüksek yoğunluğa sahip olanıdır. İçinde sinir hücreleri olmadığı için etkilere duyarlı değildir. Mine de diğer sert dokular gibi inorganik ve organik iki kısımdan oluşur. Organik kısım tüm minenin % 1-2 si kadardır ve en büyük bölümü proteindir. Az oranda glikoprotein ve lipit içerir.

Diş minesinin yaklaşık olarak %96-98'ini oluşturan inorganik kısım altıgen “apatit” kristalleri şeklinde düzenlenmiştir. Minenin morfolojik yapısını bu kristallerin dağılımı belirler. Kristaller mine-dentin sınırından mine dış yüzüne kadar devamlılığını bozmadan uzanan prizmalar şeklindedir, iridirler ve kalınlıkları 400-1200 Å, uzunlukları 2000-10000 Å arasında değişir. 20-30 Å aralıklarla sıralanmışlardır. Kristallerin daha iri ve sık olmasından dolayı mine kimyasal yönden diğer sert dokulara kıyasla daha kararlı yapıdadır. İyon değişimi yönünden ancak yüzeyden difüzyona olanak tanır. Bu nedenle mine yüzeyinin kimyasal yapısı az da olsa iç kısımlardaki yapısından farklılıklar gösterir [Robinson ve Arends, 1982; Bayırlı ve Şirin, 1982].

İnorganik yapıyı oluşturan hidroksi apatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) kristallerinin %90'ını kristal kalsiyum fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) oluştururken bunun yanı sıra yapıda CO_3^{2-} , F^- , Mg^{2+} gibi iyonlar da vardır. Tüm hidroksil apatit kristalleri gibi mine kristalleri de dinamik yapıdadır ve sürekli bir iyon değişimi söz konusudur. Örneğin Ca^{2+} ile Sr^{2+} ; OH^- ile F^- ; PO_4^{3-} ile CO_3^{2-} iyonları yer değiştirerek apatitin yapısına katılır. Sodyum ve magnezyum ise kristallerin çevresinde toplanır [Robinson ve Arends, 1982].

Apatit yapıdaki OH^- yerine F^- geçtiğinde fluoroapatit yapı oluşur ve bu yapının asitlere direnci daha büyüktür. Fluoroapatit yapı $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ veya $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ şeklinde gösterilir. Diş minesinde fluoroapatit ve hidroksiapatit yapıların her ikisi de bulunur ve aslında yapı florohidroksiapatit olarak tanımlanır, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_{(1-x)}\text{F}_x$ (x : floridasyon derecesi).

Mine %1-2 oranında su içerir. Bu suyun yaklaşık 1/4'ü organik yapı ile birleşmiştir ve kalan bölümü mineral faz içinde kristallerin çevresinde bir su tabakası oluşturarak iyon difüzyonunda rol oynar [Robinson ve Arends, 1982; Bayırlı ve Şirin, 1982; Koray, 1985].

Dentin ve sementteki (dentinin altındaki tabaka) florür konsantrasyonları minedekinden yüksektir. Bunun nedeni bu dokuların daha poröz bir yapıda olmaları ve doku sıvıları ile daha uzun süre temasta bulunmalarındır [Yel Altınova, 2001].

Florürün sert dokuların yapısına katılma özelliğinden dolayı diş ve kemik dokuları yaşam boyu florür almaya devam eder. Florür genç ve yeni gelişen kemiklerde daha çok tutulmaktadır [Featherston ve ark, 1990; Mellberg ve Ripa, 1983; Newbrun, 1989; Wei ve Wefel, 1982].

Yine benzer şekilde yeni sürmüş bir diş minesi, daha yaşlı bir mineden çok daha kolay florür alabilmekte ve böylece sonraki çürük saldırılarına daha fazla direnç gösterebilmektedir [Briner ve Rosen, 1967]. Dişlerde bulunan

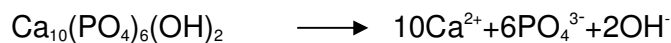
florür miktarı, bireyler arasında ve aynı bireyin farklı dişleri arasında farklılık göstermektedir. Erkeklerin dişleri kadınların dişlerinden %10 daha fazla florür içermektedir [Yel Altınova, 2001].

Mine Demineralizasyonuna Florürün Etkisi

Minenin hidroksiapatit yapısı $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, florür, stronsiyum, selenyum, baryum, magnezyum gibi yabancı iyonların kristal yapıya girmesine izin verir. Mineral içine karbonat girerse, minenin inorganik yapısı, kalsiyum, fosfat ve hidroksil iyonlarından oluşan karbonatlı apatit şeklinde olur. Karbonatlı kısım asidik ortamda çok kolay çözünmektedir. Fakat ortamda florür varsa karbonatlı kısmın çözünürlüğü biraz daha azalmaktadır [LeGeros, 1990; TenCate ve VanLoveren, 1999].

Mine demineralizasyonu, mine sert dokularından mineral kaybı olarak tanımlanır. Gerek çürük gerekse demineralizasyon süresince minenin çözünmesi söz konusudur [Robinson ve Arends, 1982].

Demineralizasyon ile diş yapısından tükürük ortamına başlıca kalsiyum fosfat hidroksil iyonları salınmaktadır. Dişten ortama geçen bu iyonların iyonlaşma ve çökelme reaksiyonları tükürük ortamının tamponlaşma kapasitesine, pH'ına ve ortamdaki iyon denge potansiyeline göre farklılık göstermektedir. Ortam pH'ı düştüğü zaman demineralizasyon artarken ortam pH'ı arttığında çökelme artmaktadır. Demineralizasyon olayında mine yapısındaki hidroksil apatitin çözünmesi olayı çift yönlü bir reaksiyondur [Rolla, 1988]. Demineralizasyon işlemi tersine çevrilirse, mineral yeniden diş içine absorplanır, zarar görmüş kristaller tekrar inşa edilir ve remineralizasyon oluşur. pH=5,5 veya daha altına düştüğünde, mine aşağıdaki dengeye göre çözünür [Mellberg ve Ripa, 1983].



Nötral veya biraz asidik pH'da kalsiyum ve fosfatı tükürük karşıladığından apatit kararlıdır [Chow, 1990; Krasse, 1985; Mellberg ve Ripa, 1983; Shellis ve Duckworth, 1994; TenCate, 1997; TenCate ve VanLoveren, 1999].

Günümüzde florürün diş minesine iki etkisinden söz edilmektedir. Birincisi demineralizasyonu durdurmak diğeri remineralizasyonu artırmaktır. Dolayısıyla florür günümüz diş hekimliğinde çürük önlemede etkin olarak kullanılmaktadır. Mine apatit yapısındaki hidroksilin, florür ile yer değiştirmesiyle oluşan flüorapatit yapının asitlere direncinin yüksek olması çürük önlemede avantajdır. Bu amaçlar doğrultusunda diş hekimliğinde topikal ve sistemik kullanımı başarıyla sürdürülmektedir [Güngör, 1998].

Florürün, çürüğün ilerlemesinde kontrolü sağlayarak çürüğü önleyici şekilde hareket ettiği kanıtlanmıştır [Anderson ve ark, 1982; Duckworth ve Gilbert, 1992; Francci ve ark, 1999; Koulourides ve ark, 1976; Rose ve ark, 1996; Rose ve Turner, 1998].

Florür aşağıda belirtildiği şekilde çürük oluşumunu önlemektedir.

1. Mine direncini arttırmak
2. Mikroorganizmalar ve bakteri plağına etki
3. Diş morfolojisine etki [Mellberg ve Ripa, 1983].

Florürün Çürük Önlemedeki Rolü

Diş çürümesi, diş sert dokularını oluşturan inorganik kalsiyum fosfat kristalleri ile organik matriks arasındaki elektrostatik bağlantının hidrojen iyonları tarafından fizikokimyasal düzeyde bozulması ve kalsiyum fosfat kristallerinin iyonlaşması ile başlayan, dokuda submikroskopik, mikroskopik ve ardından da makroskopik madde kaybına neden olan olaylar dizisi şeklinde tanımlanabilir [Güngör, 1998].

Metabolize bakteri plağı, karbonhidratları fermente edebilir, böylece laktik asit ve propiyonik asitler gibi organik asitler meydana gelir. Bu asitler plak vasıtasıyla mine içine yayılabilir ve hassas bir yerdeki minerali (kalsiyum, fosfat ve florür) çözebilir. Bu mineral ağızsal çevre içine ve dışın dışına yayılırsa demineralizasyon meydana gelir [Güngör, 1998]. Aynı demineralizasyonun HCl, asetik asit, kola, sirke vb. asitli ortamlarda da olabileceğı düşünülebilir.

Son yıllarda diş çürüğünü önlemek için öngörülen tedbirler arasında diş minesinin asitler karşısındaki çözünürlüğünün azaltılması yer almaktadır [Bar, 1988].

İnsan ve hayvan çalışmaları öğünlerin içerdiği sakaroz seviyesinden çok öğün aralarında sık sakaroz alımı ile çürük oluşumu arasında oldukça yakın bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bilindiğı gibi öğün sonrasında plak pH'ı asit yönünde değişmekte, ancak tükürüğün temizleyici ve nötralize edici etkisiyle pH demineralize edici etkiden remineralize edici yöne doğru değişmektedir. Yemek aralarında şeker içeren gıdaların sık alımlarıyla pH tekrar düşmekte ve uzun süre demineralizasyon fazı oluştuğunda takiben diş çürüğü gelişmektedir [Tylstrup ve Fejerskov, 1994].

Demineralizasyon işlemi tersine çevrilirse, mineral yeniden diş içine absorplanır, zarar görmüş kristaller tekrar inşa edilir ve remineralizasyon oluşur. Florür, kristal yüzeylerdeki mineral kaybının durdurulmasında ve yeniden inşa edilmenin arttırılmasında veya kalsiyum ve fosfatın sonraki asit etkisine daha dirençli bir şekilde remineralizasyonuna etki eder.

Mine direncini arttırmak

Çözünme ortamında çok düşük konsantrasyonda bile florür bulunduğunda mine direnci artmaktadır. Florür, mine kristalinin yapısındaki apatit ile güçlü bir etkileşim göstererek, hidroksil iyonlarının yerine geçer ve fluoroapatit

florür doldurduğunda, OH^- ve F^- iyonlarının arasında oluşan hidrojen bağı gösterilmektedir.

Küçük miktarda florür bulunduğunda bile mine çözünürlüğünde büyük bir etkinin oluşmasını açıklayan başka bir neden de HA kristallerinin çözünme yolları ile ilişkilidir. Mine çözünmesi, minenin kristal yapısı ile bağlantılıdır. Mine kristallerindeki çözünme devam ederse boş bir kabuk meydana gelir. Asitler ve çözelti ajanları (EDTA gibi) mineyi farklı şekilde çözer. Asitler primer olarak prizma merkezlerini etkilerler, halbuki EDTA primer olarak prizmanın dış yüzeyini etkilemektedir. Çözünme oluştuğunda HA'nın 2 farklı bölgesindeki kristaller etkilenir. Bölgelerden biri diğerinden daha çok çözünmekte, böylece sadece bu bölgedeki koruma için tüm kristalin korunması için gerekenden daha az miktarda florür yeterli olmaktadır [Mellberg ve Ripa, 1983].

Yüksek konsantrasyonda florür içeren topikal ajanlar diş yüzeyi ile temas ettiğinde minenin en dıştaki 0,1-0,5 μm 'lik tabakasının çözünürlüğü söz konusu olur ve çözünen bu mineraller yeniden diş yüzeyi üzerinde birikir [Moreno, 1993; O'Mullane, 1994]. Bu birikme CaF_2 benzeri materyal olarak bilinmektedir. FA ve FHA sıkı bağlı florürü ifade ederken CaF_2 apatite adsorbe olan gevşek bağlı florürü ifade etmektedir. Uzun yıllar florürün minedeki kalsiyumu da alarak çok çabuk ortamdan uzaklaştığı ve çürüğü önleme mekanizmasında etkili olmayacağı düşünülmüştü. Oysa Ogaard ve arkadaşları, köpek balığı ve insan minesinde yaptıkları bir çalışma yapısal olarak dişte bulunan florürün mine demineralizasyonunu inhibe etmekte çok etkili olmadığını desteklemektedir. Bu çalışmanın sonucunda dişin yapısında bulunan florürden ziyade çevreden alınan florürün mine direncini artırmada daha büyük önem taşıdığı sonucuna varılmıştır [Ogaard ve ark, 1988].

Yüksek konsantrasyonlarda florür uygulandığında diş yüzeyinde florür kaynağı olarak CaF_2 oluşmaktadır. Özellikle asidik çözeltilerle muamelede

CaF_2 gibi küresel birikintilerin daha fazla oluştuğu bildirilmektedir [Moreno, 1993; O'Mullane, 1994].

Plak sıvısında ve tükürükte bulunan inorganik fosfat iyonları veya tükürük proteinleri, topikal uygulama ile oluşan CaF_2 moleküllerini çepeçevre saran bir tabaka oluşturarak CaF_2 'in çözülmesini ve ortamdan uzaklaşmasını engeller. Bu tabakanın kalsiyum moleküllerini çevreleyen bir kalsiyum fosfat ara fazı olduğu veya fosfat ile proteinlerin CaF_2 molekül yüzeylerine adsorpsiyonu sonucu oluştuğu ileri sürülmüştür [Menteş, 1992; TenCate ve VanLoveren, 1999]. Bu CaF_2 yapısının, pH kontrollü florür deposu olarak mine remineralizasyonunda görev yaptığı belirtilmiştir [O'Mullane, 1994]. Nitekim pH'ın düşmesi ile birlikte bu tabaka ortadan kalkar ve CaF_2 , kalsiyum ve florür iyonlarına ayrılır. pH yükselmesi ile yeniden bu kılıf oluşur. Böylece uzun bir süre ağızda kalabilen CaF_2 gerektiğinde florür kaynağı olarak görev yapmaktadır [Menteş, 1992; TenCate, 1997; TenCate ve VanLoveren, 1999].

Florürün mikroorganizmalara ve bakteri plağına etkisi

Ağız ortamında florürün düşük konsantrasyonlarda bulunması bile plak bakterilerinin gelişimini ve glikolizisi inhibe etmektedir [Chow,1990; Firestone ve ark, 1988; Mellberg ve Ripa, 1983; TenCate ve VanLoveren, 1999; Tumba, 1996].

Enolaz enzimi, karbonhidrat metabolizmasının glikolitik yolunda 2-fosfogliserat'ı, fosfoenolpiruvat'a dönüştürerek, laktik asit oluşturmaktadır. Ortamda florür olduğunda, glikolitik yolda, enolaz enzimi florür tarafından bloke edilmekte böylece glikoz yıkımı ve mikroorganizmaların asit formasyonu önlenmektedir [TenCate ve VanLoveren, 1999].

Florür kullanımı ile ağız içi bakterileri olarak bilinen *S mutans* ve *S sangius* miktarlarında azalma olduğu bilinmektedir. Hatta çok yüksek florür

konsantrasyonları mikroorganizmalar için öldürücüdür [Firestone ve Navia, 1988; Mellberg ve Ripa, 1983; Seppa ve ark, 1996].

Yine yüksek konsantrasyonlardaki florür polisakkarit üretimi sırasında florüre hassas olan fosfoglukomutaz enzimini inhibe etmektedir. Böylece polisakkarit üretimini azaltarak diş yüzeyinde bakteri kolonizasyonunu önlemektedir [Mellberg ve Ripa, 1983; Shellis ve Duckworth, 1994; White, 1994].

Florür konsantrasyonunun arttığı koşullarda gelişen ve 1900 ppm'lik florür konsantrasyonuna direnç gösteren bazı mikroorganizmaların florürsüz ortamlara transfer olduklarında kazandıkları direnci kaybettikleri görülmüştür. Florüre dirençli oldukları sürede de çürük oluşturmada diğer türlerden daha az etkilidirler [Mellberg ve Ripa, 1983].

Topikal florür uygulamaları ile apatitin yapısına giren florür,dişin yüzey enerjisini değiştirerek, tükürük glikoproteinlerinin dişlere çökmesini, dolayısıyla plak oluşumunu azaltmaktadır. NaF veya amin florürlü ağız çalkalayıcılarının sık kullanımı ile dişteki plağın % 20-30 oranında azaldığı bildirilmiştir [Arai ve ark, 2000; Bowden,1990].

Asidik ortamlarda minenin çözünmesi, çözeltide kalsiyum, fosfat ve diğer iyonların konsantrasyonlarını arttırmaktadır. Lezyona komşu plakta florür olduğu zaman bu iyonlar bakteri hücre membranlarını geçemeyerek plak ve mine yüzeyi arasında bakteri asitleri için bir tampon oluşturmaktadırlar. Ayrıca, pH arttığında plakta orijinal olarak var olan, kalsiyum, fosfat ve diğer iyonlara mineden çözünmüş olan bu iyonlar eklenerek, demineralize minenin remineralizasyonu için çeşitli tiplerde bileşikler oluşturmakta ve daha sonra bu bileşikler yeniden mine yüzeyine çökmektedirler [Mellberg ve Ripa, 1983; TenCate ve VanLoveren, 1999].

Florürlü preparatların kullanımıyla plakta florür konsantrasyonu artmaktadır. Plak florür iyonları için geçirgen olduğu için plağın altındaki minenin florür

konsantrasyonunun da arttığı bulunmuştur. Preparatların sık uygulanmasıyla plaktaki florür konsantrasyonu daha çok artacağı için minenin seyrek uygulanan florüre oranla daha fazla florür alması sağlanacaktır [Arai ve ark, 2000; Firestone ve Navia, 1988; Joyston-Bechal ve ark, 1976; Mellberg ve Ripa, 1983; TenCate, 1997; White ve ark, 1994].

Florürün diş morfolojisine etkisi

Dişlerin çürüğe en çok yatkınlık gösteren bölgeleri, çiğneme fonksiyonu gören yüzeylerdir. Derin girintileri olan bu yüzeyler çürüğe daha çok eğilimlidir. Su floridasyonunun dişin boyutu ve yapısına etkisinin araştırılmış ve dişlerin boyutunun daraldığı ve girintilerin azaldığı gözlenmiştir. Girintilerin sığılması yiyecek artıklarının birikimini de önlemektedir [Creath ve ark, 1989; Mellberg ve Ripa, 1983].

Creath ve arkadaşları ratlarda yaptıkları bir çalışmada, florür alan grupta girinti açılarının belirgin bir şekilde daha geniş olduğunu göstermişlerdir [Creath ve ark, 1989].

Diş Hekimliğinde Florür Uygulamaları

Günümüz diş hekimliğinde, çürük önlemede etkin olarak florürün topikal ve sistemik kullanımı başarıyla sürdürülmektedir.

Sistemik florür uygulamaları

Sistemik florürler, düşük konsantrasyonda bulunmakta ve yutularak alınmaktadırlar. Topikal florürler ise yüksek konsantrasyonda bulunmaktadırlar [Newbrun, 1989].

Sistemik florür takviyelerinin kullanım amacı ağızda herhangi bir çürük durumu oluşmadan önce, sağlam minedeki florür konsantrasyonunu

arttırmaktır. Bu etki ancak dişlerin oluşumu sırasında florür alınırca sağlanır. Diş sürmeden önce yeterince florür alındığında mine florür düzeyi artmış olur. Dişlerin sürmesinden sonra sistemik florür uygulanması, tükürük florürün biraz yükselmesi dışında fazla bir etki göstermez. Sistemik olarak alınan florür yıllar boyunca kalıcı bir koruma oluşturmaktadır [Mellberg ve Ripa, 1983; Morganstein, 1994].

Sistemik florür takviyeleri, toplumsal olarak suyun flüoridasyonu ile sağlanabileceği gibi, bireyler tarafından tablet ve damlalar şeklinde de alınabilmektedir [Levy ve Guha-Chowdhury, 1999].

Türkiye’de TS 266’ya göre, içme sularında florür iyonu için müsaade edilen değer 1,0 mg/L ve maksimum değer 1,5 mg/L alınmaktadır.

İçme suyundaki optimum florür konsantrasyonu 0,7-1,2 ppm arasında olmalıdır [Moreno, 1993; Newbrun, 1992]. Uygun konsantrasyon bölgenin sıcaklığına da bağlıdır. Sıcaklık günlük su alımını etkilemektedir. 1 ppm’ lik florür düzeyi belirgin mine renklenmesi olmaksızın çürüğün azaltılmasında etkili olduğu kabul edilmektedir. Suların florlanması, etkili ve ucuz bir yöntem olup bireylerin bilinçli katılımını gerektirmedüğinden idealdir [Newbrun, 1989].

Florürlü tablet ve damlalar, doğumdan itibaren 14 yaşına kadar alındıklarında çürük azaltılmasında oldukça etkilidir [Krasse, 1985; Newbrun, 1989; Stephan, 1993].

Topikal florür uygulamaları

1950-1955 yıllarından beri florürlü macunlar, ağız çalkalayıcıları ve diğer florür uygulamalarının çürük oluşumunda büyük azalmalara neden olduğu kesinleşmiştir. Günümüzde de topikal florür uygulamaları çürük önlemede çok önemli bir yol olarak kabul edilmektedir [Bowen, 1991; Chow ve ark,

2000; Margolis ve Moreno, 1990; Murata ve ark, 1996; Rolla ve ark, 1991; Turner, 1993].

Diş macunlarındaki florür içeriği 400 ile 2500 ppm arasında değişmektedir. 1000 ppm'in üstündeki her 500 ppm için çürükteki azalma % 6 olarak gösterilmektedir [Einwag, 1995; Konig, 1993; O'Mullane,1994; Turner, 1993].

Diş macununun etkinliğinde içerdiği florür konsantrasyonu kadar, fırçaya konulan macun miktarı, fırçalama süresi, sudaki florür miktarı ve fırçaladıktan sonraki ağız çalkalama alışkanlığı da önemlidir [Einwag, 1995; Turner, 1993].

Florürlü diş macunlarının kullanımı ile hem minenin remineralizasyonu sağlanmakta, hem de ağız içinde düzenli olarak düşük konsantrasyonda florür bulunması sağlandığı için çürük önleyici etki maksimum düzeyde elde edilmektedir [Einwag, 1995; Konig, 1993; Turner, 1993].

Florürlü diş macunları ve çalkalayıcıların kullanılmasından sonra ağız içi dokularda toplanan florürün, az miktarda ve düzenli bir şekilde tükürüğe salınmasıyla ağız sıvılarında florür konsantrasyonu belirli bir seviyede tutulmakta ve bu çürük inhibisyonunda avantaj sağlamaktadır. Araştırmacılar tarafından diş fırçalandıktan sonra dişlerin tükürükten florür aldığı gösterilmiştir [Turner, 1993].

Topikal florür uygulamasında, florürlü çözeltiler de kullanılmaktadır. En çok kullanılan çözelti formları; sodyum florür, kalay florür'dür [Murata ve ark, 1996]. Ayrıca amin florür [Brambilla ve ark,1999], titanyumtetra florür [Büyükyılmaz ve ark, 1997; Şen ve Büyükyılmaz, 1998] diamin gümüş florür, amonyum hexaflorosilikat [Murata ve ark, 1996] da kullanılmaktadır.

Florürlü jellerin kullanımı florürden sağlanan yararı daha da arttırmıştır. Florürlü jeller karışık kullanılarak tek bir uygulama ile kısa sürede dişlerin tamamının tedavi edilebilmesini sağlamaktadır [Yel Altınova, 2001].

Jeller, % 1,23'lük APF (12 300 ppm F) ve % 2'lik nötral NaF (9 040 ppm F) formlarında, profesyonel olarak hekim tarafından uygulanabildikleri gibi; yüksek çürük oluşumuna sahip bireylerde, nötral NaF (5 000 ppm F), APF (5 000 ppm F) ve SnF₂ (1 000 ppm F) formlarında evde de hasta tarafından uygulanabilmektedir [McIntyre ve ark, 1995; Wei ve Yiu, 1993]

Diş yüzeyinde gevşek bağlı florür deposu oluşturmaları nedeniyle çürük önlemede etkili olmaktadır. Ucuz ve uygulaması kolay bir yöntemdir. Düzenli kullanımı ile çürükte % 35'lik bir azalma sağlanır. Özellikle suların florlanmadığı bölgelerde yaşayan insanların çürük kontrolü için alternatif bir yöntemdir [Chow ve Takagi, 1991; Petersson, 1993; Wei ve Yiu, 1993; Zero ve ark, 1988].

Çürüğe yatkın ama ulaşılması güç bölgelere, özellikle dişlerin birleştiği bölgelere topikal florür ajanlarının taşınması amacıyla florürlü diş ipleri geliştirilmiştir. Geleneksel diş iplerine göre florürlü diş iplerinin ara yüzeylerde çürüğü önlemede daha etkili olduğu, S mutansın etkisini belirgin ölçüde azalttığı ve mine yüzeyine florür geçişi sağladığı gösterilmiştir. Bu amaçla SnF₂ ve APF gibi florür bileşiklerini kullanılmaktadır [Kashani ve ark, 1998; Wei, 1988].

Xylitol ile tatlandırılmış florürlü sakızlar yavaş ve uzun süreli florür salımı yapmaktadırlar. Florürlü sakızlar çürük önlemeye uygun ve güvenilirdir. Ağız içi sıvılarında florür konsantrasyonunu artırarak çürük önleyici etki yaptıkları gibi, tükürük salgısını artırma özellikleri nedeniyle ağız kuruluşuna da iyi gelmektedirler [Creanor ve ark, 1992; Hall ve ark, 1995; Hattab ve ark, 1989; Lamb ve ark, 1993].

Gazlı İçeceklerin Diş Minesine Etkisi

Asitli içecekler, bir yandan içindeki karbonhidratın mikroorganizmalar tarafından aside çevrilmesiyle çürük yapıcı etki gösterirken, diğer yandan asidik yapıda olmaları nedeniyle dişlerde daha çok erozyona neden olurlar [Redman ve ark, 2003].

Piyasada bulunan asitli içeceklerin pH değerleri 1,5-3,5 arasında değişmektedir. Bu sonuca göre bu içeceklerin çürükten ziyade erozyon oluşturma potansiyelleri daha fazladır [Saydam, 1998]. Benzer bir sonuç Turgut ve arkadaşlarının Türkiye'de 15 kolalı içeceğin pH'larını inceledikleri çalışmada bildirilmiştir [Turgut ve ark, 2004].

Dişlerde çürükten sonra en fazla doku kaybına neden olan, 1940 ve 1950 yıllarında nadir olarak rastlanan ve oluşumu tam olarak bilinmeyen erozyon olgularının son on yılda arttığı açıklanmıştır. Erozyonun, diş plağının bulunmadığı bölgelere meydana gelmesi nedeniyle çürükten farklı olduğu belirtilmiştir. Erozyonda öncelikle diş minesindeki kayba bağlı olarak minenin yüzeyi iç bükey hale geldiği ve daha ileri olgularda dentin açığa çıkarak dişin sarı bir görüntü sergilediği açıklanmıştır [Baysan ve Lynch, 2001].

Erozyon oluşmasında içsel ve dışsal faktörlerin etkili olduğu belirtilmiş, içsel faktörler, kusma, reflü ve blumia; dışsal faktörler ise asidik yiyecek ve içecekler (turunçgiller, asitli içecekler, enerji ve spor içecekleri) olarak açıklanmıştır [Gandara ve Truelove, 1999; Kim ve ark, 2001; Mathew ve ark, 2002].

Johansson ve arkadaşları sert doku yapı farklılığı ve tükürük kalitesi açısından, süt dişlerinde daimi dişlere göre erozyon riskinin daha fazla olduğunu bildirmiştir [Johansson ve ark, 2001].

Neurman ve ark. Sitrik asit içeren 9, maleik asit içeren 2, ve bilinmeyen asitler içeren 2 olmak üzere toplam 13 spor içeceğiyle yaptığı çalışmasında, spor içeceklerine bağlı erozyonun içeceklerin pH larıyla ilişkili olduğunu ve sitrik asitli içeceklerin maleik asit içerenlerden daha çok erozyon yapıcı özelliğe sahip olduğunu bildirmiştir [Neurman ve ark, 1990].

Sonuç olarak, günümüzde gençler arasında yaygın bir şekilde tüketilen enerji ve spor içecekleri dişlerde erozyona neden olmaktadır. Asitli içeceklerin tüketilmesinden hemen sonra dişlerin fırçalanması erozyon etkisini arttırmaktadır [Edwards ve ark, 1998].

Sakarozun Diş Minesine Etkisi

Yapılan çalışmalar öğünlerin içerdiği sakaroz seviyesinden çok öğün aralarında alınan sakaroz ile çürük oluşumu arasında oldukça yakın bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bilindiği gibi öğün sonrasında plak pH'ı asit yönünde değişmekte, ancak tükürüğün temizleyici ve nötralize edici etkisiyle pH demineralize edici etkiden remineralize edici yöne doğru değişmektedir.

Yemek aralarında şeker içeren gıdaların sık alımlarıyla pH tekrar düşmekte ve uzun süre demineralizasyon fazı oluştuğunda takiben diş çürüğü gelişmektedir [Tylstrup ve Fejerskov, 1994].

Özellikle *S. mutans* asidik ortamda bile metabolik aktivitesini sürdürebilen, plakta yaygın olarak bulunabilen mikroorganizmadır. *S. mutans* düşük pH değerlerinde daha aktifken diğer mikroorganizmalar aynı şartlarda inaktif duruma gelirler. Bu nedenle sakarozun bol tüketimi *S. mutans*'a avantaj sağlar [Makinen ve Soderling, 1989; Soderling ve Alaraisanen, 1987; Vadeboncoeur ve Trahan, 1983; Soderling ve Isokangas, 1991; Tuouvo ve ark, 1993; Soderling ve Trahan, 1992].

Çürük oluşumunda önemli rol oynayan fakat besleyici ve tatlandırıcı özellikleri nedeniyle de beslenmenin vazgeçilmez unsurlarından olan

sakarozun yiyeceklerimizden tamamen çıkarılması mümkün değildir. Bu durumda sakaroz ve fermente olabilen şekerlerin yerine, çürük önleyici amaçla, fermente olmayan veya geç fermente olan şekerlerin kullanımını düşündürmektedir [Bar, 1988].

Şeker Alkollerinin Diş Minesine Etkisi

Diş macunlarına konulan sorbitol, xylitol şeker alkolleridir. Şeker alkollerinin suda çözünürlüğü oldukça yüksek olup, yüksek endotermik reaksiyonla suda erirler. Bu nedenle kristalize formda yenildiğinde ağızda serinlik hissi verir.

Şeker alkollerinin diş çürüğünü önleyici etkisine dair ilk çalışmalar 1975'de "Turku Şeker Çalışmaları" adı altında başlatılmıştır [Scheinin ve Makinen, 1975]. Yapılan klinik ve laboratuvar çalışmaları diyetle bulunan şekerlerin yerine şeker alkollerinin alması ile çürük aktivitesinin önemli ölçüde azaldığını göstermiştir. Bu etki şeker alkollerinin ağız bakterileri tarafından çok az fermente edildiğini veya hiç fermente edilemediğini göstermektedir [Havenaar, 1984; Makinen ve Soderling, 1989; Vadeboncoeur ve Trahan, 1983; Scheie ve Rolla, 1988; Loesche ve Ronald, 1988; Wealer, 1992]. Bunun yanında son yıllarda yapılan çalışmalar şeker alkollerinin mikrobiyolojik etkileriyle beraber, şelasyon ve inorganik etkilerinden de bahsetmektedir [Smiths ve Arends, 1988; Arends ve Smiths, 1990; Sintes ve Escalante, 1996].

Şeker alkollerinin demineralize olmuş mine içine girmelerinin yanı sıra inorganik etkisinin remineralizasyon sürecinde rol oynadığı ortaya konmuştur [Arends ve Khristofferson, 1984; Smiths ve Arends, 1988].

Şeker alkollerini çürük önleyici olarak, endüstride sakız, şekerleme, çikolata olarak diyet yiyeceklerinde, hazırlanan ilaçlarda ve multivitamin tabletlerde, öksürük şurupları ve diş macunlarında kullanılmaktadır [Kanko ve ark, 1985; Soderling ve Makinen, 1989; Tuouvo ve ark, 1993].

Florürün İyon Seçici Elektrotlarla Tayini

İyon seçici elektrotların potansiyeli

Tek bir iyonun aktivitesine karşı duyarlı olan elektrotlara “iyon seçici elektrodlar” denir. Elektrotların seçiciliği membran dediğimiz bir zar tarafından sağlanmaktadır. Membran, iki sıvı fazı birbirinden ayıran ve fazlardaki bileşenlerden birisini içinden geçirebilen ince bir tabaka olarak ifade edilebilir. İki farklı çözelti arasında bir membran varsa sıvılar arasındaki osmotik basıncın hızlı bir şekilde dengeye gelmesi engellenebilir.

Membranın aktifliği tayin edilecek iyon için geçirgen olması, diğer iyonlar için ise geçirgen olmaması gerekmektedir. Bu durumda, membranın iki tarafındaki aktiflik farkından dolayı bir elektriksel tabaka oluşur ve potansiyel farkının doğmasına sebep olur. Bu fark membran potansiyeli olarak adlandırılır.

$$\Delta Q_M = Q_2 - Q_1$$

dir ve aşağıdaki gibi gösterilebilir.

Çözelti 1 | Membran | Çözelti 2

$$Q_1 \quad x=p \quad x=q \quad Q_2$$

Q_1 ve Q_2 iç elektriksel potansiyeli ifade eder. Birbiriyle temas eden dengedeki bir sistemde her bir fazdaki elektrokimyasal potansiyeller birbirine eşittir.

$$\mu_{i(1)} = \mu_{i(2)} \quad (2.1)$$

Standart kimyasal potansiyel μ_i° , aktiflikleri a_i , yükleri z_i ve iç elektriksel potansiyel Q ile gösterildiğinde;

$$\mu_{i(1)}^{\circ} + RT \ln a_{i(1)} + z_i F Q_{(1)} = \mu_{i(2)}^{\circ} + RT \ln a_{i(2)} + z_i F Q_{(2)} \quad (2.2)$$

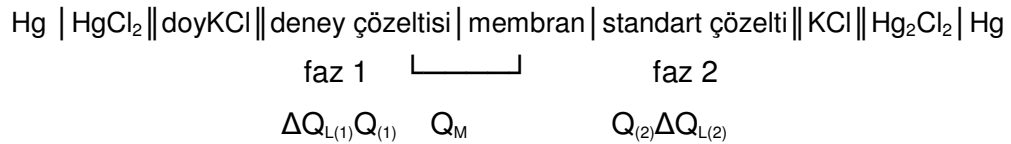
yüzeylerdeki potansiyel farkı;

$$\Delta Q = Q_{(2)} - Q_{(1)} = \frac{\mu_{i(1)}^{\circ} - \mu_{i(2)}^{\circ}}{z_i F} + \frac{RT}{z_i F} \ln \frac{a_{i(1)}}{a_{i(2)}}$$

$$E = \text{sabit} + \frac{RT}{z_i F} \ln \frac{a_{i(1)}}{a_{i(2)}} \quad (2.3)$$

Bu eşitlikte $a_{i(1)}$ ve $a_{i(2)}$ membranın her iki yüzeyindeki aktiflikleri gösterir. Potansiyel farkına neden olan da $a_{i(1)}$ ve $a_{i(2)}$ 'nin birbirinden farklı olmasıdır.

E'nin ölçümü ile, bir fazdaki aktivite bilindiği zaman diğer fazdaki iyonun aktivitesi bulunabilir. Fakat bu potansiyel yalnız başına ölçülmeyip, bir referans elektrot yardımı ile ölçülebilir. Örneğin aşağıdaki bir hücreyle ölçüm yapılabilir;



Membran potansiyelinin teorisi

ΔQ_L ile gösterilen potansiyel sıvı temas potansiyeli veya difüzyon potansiyelini ifade eder.

Difüzyon potansiyeli Nernst-Planck eşitliğinden hesaplanabilir. Yüzeyin sınır bölgesinde $c_i = a_i$ alınıp konveksiyonla göçün olmadığı kabul edilirse

$$J_i = -U_i RT (dc_i/dx) - z_i F U_i c_i (dQ/dx) \quad (2.4)$$

Burada U_i , i türünün mobilitesidir ve

$$U_i = \lambda_i / (|z_i| F^2) \quad (2.5)$$

dir. λ_i eşdeğer iletkenliktir. Yüzeyler arasında net elektrik akımının olmadığı kabul edilerek sıvı temas potansiyeli için eşitlik yeniden düzenlenirse;

$$\Delta Q_L = Q_2 - Q_1 - \frac{RT}{F} \int_1^2 \sum \frac{t_i}{z_i} d \ln c_i \quad (2.6)$$

Burada t_i , i türünün taşıma sayısıdır. Bu eşitliğin integrali alındığında taşıma sayıları ve derişimler x 'in fonksiyonu olmalıdır. Henderson yüzeyler arasındaki türlerin aktifliklerinin derişimlerine eşit $a_i = c_i$ olduğunu kabul ederek eşitliği çözmüştür. x eksenı boyunca derişim gradienti doğrusaldır, d kalınlığında sıvı temas potansiyeli için, $[d = x(d) - x(0)]$,

$$\Delta Q_L = - \frac{RT}{F} \frac{\sum_i z_i U_i [c_i(d) - c_i(0)]}{\sum_i z_i^2 U_i [c_i(d) - c_i(0)]} \ln \frac{\sum_i z_i^2 U_i c_i(d)}{\sum_i z_i^2 U_i c_i(0)} \quad (2.7)$$

Henderson denklemi çok sık olarak sıvı temas potansiyellerinin yaklaşık ölçümü için kullanılır. Burada hata birkaç mV mertebesindeir. Eş. 2.6'nın daha genel bir çözümü Planck tarafından verilmektedir. Bununla birlikte bu denklemler daha az sıklıkla kullanılır. Çünkü sıvı temas potansiyellerinin değeri tam olarak bulunamaz. İki durumda da sıvı temas potansiyelleri basitçe hesaplanabilir. İlkinde eğer c_1 ve c_2 derişimlerindeki bir elektrolitin iki çözeltisini bir sıvı teması ayırıyorsa, sıvı temas potansiyeli yüzeyler arasında dağılmış derişimden bağımsızdır ve sıvı temas potansiyeli aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$\Delta Q_L = -\frac{RT}{F} \left(\frac{t_+}{z_+} + \frac{t_-}{z_-} \right) \ln \frac{c_2}{c_1} \quad (2.8)$$

Burada + ve – alt indisleri sırasıyla katyon ve anyonu gösterir. İkincisinde, eşit derişimlerde anyon ve katyon içeren, 1 ve 2 elektrolitleri bir sıvı temasla çözeltileri ayırıyorsa Henderson eşitliği aşağıdaki gibi basitleştirilir ;

$$\Delta Q_L = \pm \frac{RT}{F} \ln \frac{\Lambda(2)}{\Lambda(1)} \quad (2.9)$$

Burada $\Lambda(1)$ ve $\Lambda(2)$ değerleri verilen derişimlerdeki eşdeğer iletkenliklerdir, + ve – işaretleri katyon ve anyonu ifade eder.

Şüphesiz pratik ölçümlerdeki şartlarda çok nadiren, sıvı temas potansiyelleri doğru olarak ölçülebilir. En iyisi ölçüm süresince şartları sabit tutmak veya değişimi en az düzeyde tutmak gerekir. Bunun için test edilecek çözeltiliye yüksek konsantrasyonda elektrolit ilave edilmelidir.

Diğer bir sınırlayıcı durum, yüklü türlerden birisinin membran sınırından geçişini engelleme durumudur. O zaman iyonlar yüksek derişimli çözeltiliden diğer tarafa geçiş yapacaklardır, bunun sonucunda iki çözelti arasında farklı potansiyel oluşur ve membranın iki sınır tabakasında elektriksel çift tabaka meydana gelir. Mesela X^+ ve Y^- iyonlarından birisi membranın diğer yüzeyine geçerken diğeri geçmez, dengede;

$$\begin{aligned} \mu_{X^+}(1) &= \mu_{X^+}(2) \\ \mu_{Y^-}(1) &= \mu_{Y^-}(2) \end{aligned} \quad (2.10)$$

ve sonuç olarak

$$\Delta Q_D = Q_2 - Q_1 = \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{X^+}(1)}{a_{X^+}(2)} = \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{Y^-}(2)}{a_{Y^-}(1)} \quad (2.11)$$

ΔQ_D Donnan potansiyeli olarak ifade edilir. Membrandaki gözenek büyüklüğünün etkisi ile veya gözenek duvarlarının karşı yükle yüklenmesi ile çeşitli iyonların geçişleri engellenecektir. Bu tip membranlara örnek olarak iyon değiştiriciler verilebilir. Yarı geçirgen membranlar için teori Sollner tarafından gerçekleştirildi. ΔQ_M için sonuç eşitlik, Donnan ve Henderson (Planck) terimlerinin kombinasyonu olarak verilir. İyon seçici membran elektrotların potansiyelleri için eşitlikler bu kavramlar temel alınarak türetilir.

Katı Hal Elektrotların Potansiyeli

Bu membranlar pratikte içinde bulunan elektrolitte çözünmeyen maddelerden yapılır. Genellikle elektroliti oluşturan iyonlar membranın içinde yükü taşıyan iyonlardan farklıdır (gümüş halojen elektrotlarda, Ag^+ iyonunun olması gibi). Oldukça az çözünen BA tuzundan yapılan bir elektrodu göz önüne alalım. Bu membran c_1 ve c_2 derişimlerdeki BA tuzunun iki çözeltisini birbirinden ayırsın. Membranın her iki yüzeyindeki iyonların aktifliklerinin farklı olması sonucu dengede bir potansiyel oluşur. Membrandan herhangi bir madde transfer olmadığından dolayı herhangi bir difüzyon potansiyeli yoktur. Her iki yüzeydeki denge için,

$$\begin{aligned} \mu_{B^+}(1) &= \mu_{B^+}(p) \\ \mu_{A^-}(1) &= \mu_{A^-}(p) \end{aligned} \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} \mu_{B^+}^{\circ}(s) + RT \ln a_{B^+}(1) + FQ(1) &= \mu_{B^+}^{\circ}(m) + FQ(m) \\ \mu_{A^-}^{\circ}(s) + RT \ln a_{A^-}(1) - FQ(1) &= \mu_{A^-}^{\circ}(m) - FQ(m) \end{aligned} \quad (2.13)$$

Burada s çözeltiyi, m de membranı ifade eder. Eş. 2.12'nin yeniden düzenlenmesinden sonra ($\mu_{B^+}^{\circ}(m) + \mu_{A^-}^{\circ}(m) = \mu^{\circ}BA$)

$$\mu_{BA}^\circ - \mu_B^+(s) - \mu_A^-(s) = RT \ln a_B^+(1) a_A^-(1) = RT \ln K_{sp(BA)} \quad (2.14)$$

Burada $K_{sp(BA)}$, BA tuzunun çözünürlük çarpımıdır. Membranın diğer yüzeyi için de benzer ilişki düşünülür. Membranın içerisinde herhangi bir sıvı temas potansiyeli olmadığı için $Q(p) = Q(q)$ olur. Membran potansiyeli için Eş. 2.12'den türetilir.

$$\Delta Q_M = Q(2) - Q(1) = \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{A^-}(2)}{a_{A^-}(1)} \quad (2.15)$$

Beklendiği gibi, membran potansiyeli 2 ve 1 nolu çözeltiler arasındaki elektriksel potansiyel farkı ile aynı değere sahiptir. İki elektrotlu aşağıda şeması verilen hücrede ölçüm yapılabilir.

Referans elektrot $|| A^-(C_1) | BA | A^-(C_2) ||$ Referans elektrot

Elektrotların Seçicilik Katsayılarının Tayini

Bir çözeltide tayin edilecek iyonun dışında başka iyonlar varsa elektrot bu iyonlara karşı duyarlı olabilir. Bu durumda girişim yapan iyonun asıl tayin edilen iyonla karşı elektrodun duyarlılığını tanımlamak amacıyla elektrodun seçicilik katsayısı tayin edilir.

Girişim yapan iyon B'nin varlığında, primer iyon (asıl tayin edilen iyon) A için elektrodun seçiciliğinin derecesi potansiyometrik seçicilik katsayısı, $k_{A,B}^{pot}$ olarak ifade edilir; elektrot potansiyeli için aşağıdaki eşitlik geçerlidir.

$$E_1 = E^0 \pm \left[\frac{2,303RT}{n_A F} \right] \log \left(a_A + \sum_B k_{A,B}^{pot} a_B^{n_A/n_B} \right) \quad (2.16)$$

n_A = A iyonunun yükü (asıl iyon)

n_B = B iyonunun yükü (girişim iyonu)

E° = Elektrodun standart potansiyeli

$k_{A,B}^{pot}$ = A iyonunun B iyonuna göre seçicilik katsayısı

E_1 = A ve B bir aradayken ölçülen hücre potansiyeli

A katyonken eşitlikteki işaret pozitif, A anyon ise negatiftir. Bu eşitlik tüm iyon seçici elektrotlar için geçerlidir.

Bir elektrot B'ye oranla A'ya karşı çok fazla seçici olduğunda, $k_{A,B}^{pot}$ oldukça küçük değerlerde olacaktır. Buna karşılık A'dan çok B'ye karşı daha duyarlı ise, $k_{A,B}^{pot} > 1$ olur. Mesela baryum iyonu için Orion kalsiyum elektrodunun seçicilik katsayısı $k_{Ca,Ba}^{pot} = 0,01$ 'dir. Burada elektrot kalsiyum iyonlarına baryum iyonlarından 100 kez daha duyarlıdır. Buna karşılık, $k_{Cl,Br}^{pot} = 300$ olduğunda elektrodun bromür iyonunu klorür iyonuna göre 300 kat daha fazla bir duyarlılıkla ölçebildiği anlaşılır. İki değerlikli Orion katyon elektrodu için, $k_{Ca,Mg}^{pot} = 1$ olduğundan; elektrodun kalsiyum ve magnezyum iyonlarına karşı duyarlılığı eşittir.

A ve B'nin aktifliklerinin oranı bazen sabit olmasına rağmen, $k_{A,B}^{pot}$ değeri A ve B'nin bütün aktiflikleri için sabit değildir. $k_{A,B}^{pot}$ sabit olmayışının sebebi elektrodun cevap verme mekanizmasının değişmesi ve çözeltideki iyonlarının çevrelerinin farklı olmasıdır.

Bu seçicilik katsayısının tayininde karışık çözelti metodu uygulanır. A ve B iyonlarının farklı aktifliklerde bulunduğu çözeltilerde elektrot potansiyellerinin ölçümleriyle yapılır.

İyon aktifliği a_A , potansiyeli E olan saf primer iyon içeren bir çözeltide ve primer iyon aktifliği a_A^1 , girişim yapan iyonun aktifliği a_B^1 , potansiyeli E^1 olan

bir seri çözeltilerin potansiyel ölçümüne dayanır [Srinivasan ve Rechnitz, 1969].

$$E = E^0 \pm \left(\frac{2,303RT}{n_A F} \right) \log a_A$$

$$E_1 = E^0 \pm \left(\frac{2,303RT}{n_A F} \right) \log \left(a_A' + k_{A,B}^{pot} a_B'^{nA/nB} \right)$$

Katyonlar için ;

$$\{ \text{anti log}[(E - E') n_A F / 2,303RT] \}^{-1} a_A - a_A' = k_{A,B}^{pot} a_B'^{nA/nB} \quad (2.17)$$

Anyonlar için ;

$$\{ \text{anti log}[(E - E') n_A F / 2,303RT] \} a_A - a_A' = k_{A,B}^{pot} a_B'^{nA/nB} \quad (2.18)$$

Bu metotta primer iyonu aktifliği sabit tutulur. Eş. 2.17 ve Eş. 2.18'in sol tarafları a_B^1 'ye karşı grafiğe geçirilirse doğrunun eğiminden $k_{A,B}^{pot}$ tayin edilir. Eş. 2.17 ve Eş. 2.18 $k_{A,B}^{pot}$ 'nin büyük değerleri için kullanılır. Girişim yapan iyonun elektrot potansiyelindeki değişimi çok küçük ise yani $k_{A,B}^{pot}$ değeri çok küçük olduğunda, girişim yapan iyonun yüksek aktivitedeki çözeltisi ilave edilir. Bu durumda eşitlik şöyle olur:

$$E = E^0 \pm \frac{2,303RT}{n_A F} \log \left(a_A + k_{A,B}^{pot} a_B'^{nA/nB} \right)$$

$$E^1 = E^0 \pm \frac{2,303RT}{n_A F} \log \left(a_A' + k_{A,B}^{pot} a_B'^{nA/nB} \right)$$

İki eşitlik birleştirildiğinde:

Katyonlar için;

$$\{anti \log[(E - E')n_A F / 2,303RT]\}a'_A - a_A = k_{A,B}^{pot}$$

$$\{a_B - \{anti \log[(E - E')n_A F / 2,303RT]\}a'_B\} \quad (2.19)$$

Anyonlar için;

$$a'_A - \{anti \log[(E - E')n_A F / 2,303RT]\}a_A = k_{A,B}^{pot}$$

$$\{\{anti \log[(E - E')n_A F / 2,303RT]\}a_B - a'_B\} \quad (2.20)$$

Eş. 2.19 ve Eş. 2.20'in sağ tarafları sol tarafa karşılık grafiğe geçirildiğinde doğrunun eğiminden $k_{A,B}^{pot}$ hesaplanabilir. Bu metot bütün durumlar için kullanılır. Fakat dezavantajı seçiciliğinin daha önceden bilinmesi gerekir. Üslü terimlerden dolayı, iki büyük sayı arasındaki küçük farklılıkların olması halinde tam doğru sonucu bulmak zor olur. Bu nedenle metot basitleştirilmiştir.

Cevap Verme Süresi

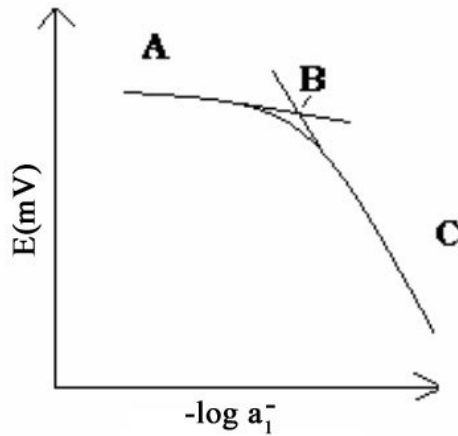
Bir elektrot için yüzeyde meydana gelen değişimleri ölçme zamanına cevap verme süresi denir. IUPAC'a göre cevap verme süresi; son denge potansiyelinden 1 mV değişimin olması için geçen süre olarak tanımlanır. Cevap verme süresi deney şartlarına oldukça bağlıdır. Cevap verme süresine etki eden faktörler şunlardır;

1. Sıcaklık değişimleri, cevap verme süresini etkiler. Genellikle sıcaklık arttıkça cevap verme süresi azalır.

2. Girişim yapan iyonların varlığı cevap verme süresini genellikle arttırır.
3. Elektrodun tipine göre de değişir. Cam ve katı elektrotların, sıvı ve gaz elektrotlara göre cevap verme süresi kısadır.
4. Karıştırma hızı da etkilidir. Hızlı karıştırma cevap verme süresini kısaltır.
5. Derişim değişikliğinin büyüklüğü cevap verme süresini değiştirir. Elektrot, 10^{-3} M'dan 10^{-6} M'a geçişe, 10^{-3} M'dan 10^{-2} M'a geçişten daha uzun sürede cevap verir.

Tayin Sınırı

Tayin sınırı, iyonların aktifliklerinin $-\log$ değerlerine karşı ölçülen potansiyel değerleri grafiğe geçirilerek belirlenir.



Şekil 2.2. İyon seçici elektrot için tipik kalibrasyon grafiği

Şekil 2.2'de görüldüğü gibi I iyonu için doğrusal değişim A noktasından sonraki kısımdır. A ile B arasında ölçüm yapmak mümkün değildir. IUPAC'a göre tayin sınırı şöyle belirlenir; En düşük tayin sınırı A noktasından sonraki eğrinin uzantısı ile C noktasından önceki eğrinin uzantılarının kesim noktası olan B noktasına karşılık gelen derişimdir.

Tayin sınırına etki eden birçok faktör vardır. Teorik değerler göz önüne alınarak sınır değeri önceden belirlemek mümkün değildir. En iyi yol analiz

süresince eğrinin değişmediği yani kalibrasyon şartlarının sabit tutulduğu durumdur.

İyon-Seçici Elektrotla Miktar Tayininde Kullanılan Ölçüm Teknikleri

Membran elektrotlar genel olarak iyon ve molekül olmak üzere çeşitli türlere karşı duyarlı olan elektrotlardır. Dolayısıyla söz konusu türlerin kantitatif tayininde son yıllarda oldukça fazla kullanım bulmuştur.

Her bir analiz durumuna göre doğruluk ve kesinlik derecesine bağlı olarak, numunelerin bileşimine ve yapısına uygun olarak ISE'lar birçok ölçüm tekniklerinde kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılanlar şunlardır;

1. Doğrudan analiz metodu,
2. Standart ekleme ve çıkarma metodu,
3. Gran eğrisi,
4. Potansiyometrik titrasyon

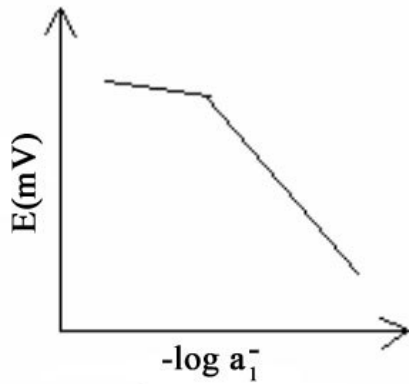
Bu sıra artan doğruluk ve kesinlik sırasına göre verilmiştir. Bu sıra aynı zamanda analiz için geçen süreyi de göstermektedir. Potansiyometrik titrasyonla tayinin kesinliği ve doğruluğu iyi olmakla beraber analiz için geçen süre uzundur. Bütün teknikler her tür analize uygulanamaz. Mesela suda F^- analizi yapıldığı zaman potansiyometrik titrasyon metodunu kullanamayız. Çünkü analiz için uygun titrant yoktur. Fakat bu tayin diğer üç analiz yönteminden herhangi biri yapılması mümkün bir tayindir.

Doğrudan analiz metodu

Bu tekniğin esas kalibrasyon grafiği çizimine dayanır. Farklı aktifliklerdeki standart çözeltilere karşılık elektrot potansiyelleri grafiğe geçirilerek kalibrasyon grafiği hazırlanır. Ön ölçümleri tamamlanan analiz edilecek

numuneye elektrotlar doğrudan daldırılır ve hücre denge potansiyeli ölçülür (Şekil 2.2). Bu potansiyele karşılık gelen aktiflik grafikten okunarak bulunur.

İdeal şartlarda, sıcaklık, karıştırma, örnek hazırlama dikkatlice kontrol edilirse, doğrudan analiz metodu ile $\pm\%1$ kesinlikle tayin edilebilir. Normal laboratuvar şartlarında ise $\pm\%2$ olur (bir değerlikli iyonlar için). İyonların yükleri arttıkça kesinlik azalır. İki değerlikli iyonlar için kesinlik $\pm\%4$ olur.



Şekil 2.3. A iyonunun kalibrasyon grafiği

Standart ekleme veya çıkarma metotları

Bu yöntemin esası ise; örneğe reaktif ilavesi ile hücre potansiyelindeki değişimin ölçülmesini kapsar. Spesifik iyonun standart çözeltisinin ilave edildiği tekniğe standart ekleme, iyonun bir kısmının ortamdaki alınması tekniğine ise standart çıkarma metodu denir. Standart ekleme metodunda, ekleme yapılmadan önce ve ekleme yapıldıktan sonraki denge potansiyelleri kaydedilerek numunenin başlangıç derişimi şu şekilde hesaplanabilir;

$$[X]_A = \frac{[X]_B}{10^{\Delta E / S} [1 + (V_A / V_B)] - (V_A / V_B)} \quad (2.21)$$

Burada ;

$[X]_A$ = numunenin başlangıç derişimi

$[X]_B$ = standart derişimi

V_A = numunenin hacmi

V_B = eklenen standardın hacmi

ΔE = hücre potansiyelindeki değişim

S = kalibrasyon eğrisinin eğimi

Burada seyrelme problemlerini ortadan kaldırmak için derişik standart ilavesi yapılır. Ardından seyrelme problemleri ihmal edilerek denklem basitleştirilir.

$$[X]_A = [X]_B \frac{V_B}{V_A (10^{\Delta E/S} - 1)} \quad (2.22)$$

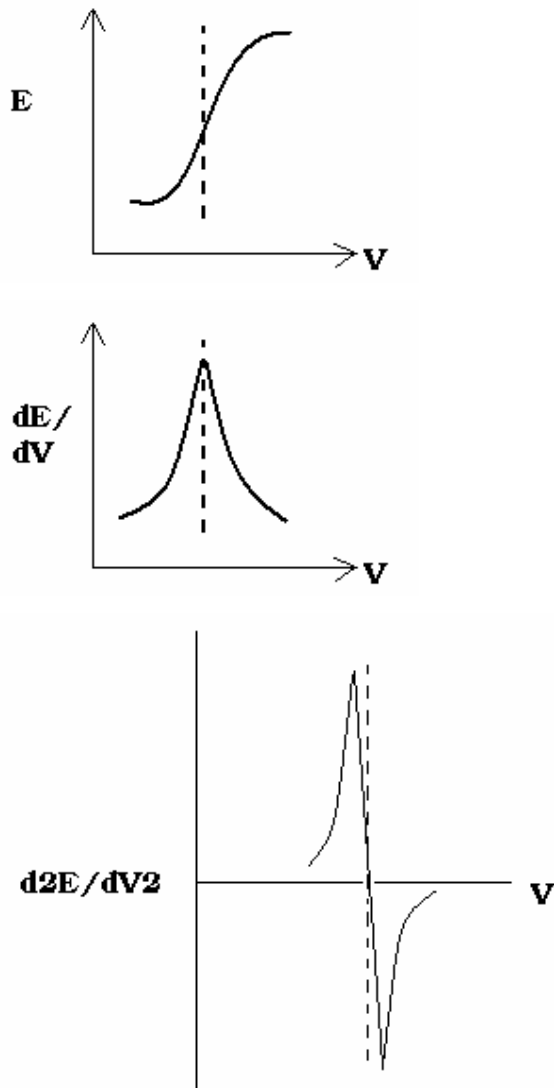
Tayin edilecek türün standart çözeltisinin hazırlanmasının mümkün olmadığı durumlarda, standart ekleme yerine standart çıkarma metodu tercih edilir. Bunun sebebi ya tayin edilecek türü içeren bir reaktif bulunmayabilir ya da tayini yapılacak tür kararlı olmayabilir.

Potansiyometrik titrasyon

Bu yöntemin esası, her titrant eklenmesinden sonra ölçülen potansiyel değeri eklenen titrant hacmine karşı grafiğe geçirilerek potansiyometrik titrasyon eğrisi oluşturulur. S şeklinde olan eğrinin dönüm noktası, eğrinin eğiminin en büyük olduğu noktadır. Dönüm noktasının hatasız bir biçimde elde edilebilmesi için, eşdeğerlik noktası civarındaki titrant eklenmesi çok düzenli yapılmalıdır. Potansiyometrik titrasyon ile doğru ve kesin sonuçlar elde edilir ve sürekli olarak bir potansiyel değişmesi ölçüldüğünden sıvı temas potansiyelinin ve aktiflik katsayısının ölçümlere etkisinin dikkate alınması gerekmez. Titrasyon eğrisinde eşdeğerlik noktasını doğru olarak tayin etmek için eğrinin birinci ve ikinci türevleri alınarak doğru sonuç bulunur. Titrasyon eğrisinin birinci türevi ölçülen $(n+1)$ 'inci ve n 'inci E ve V ölçümlerinden;

$$\frac{\Delta E}{\Delta V} = \frac{E_{n+1} - E_n}{V_{n+1} - V_n}$$

formülüne göre hesaplanır. İkinci türev de birinci türev eğrisinden yararlanılarak bulunur. Titrasyon eşdeğerlik noktası, birinci türevde maksimum değerde, ikinci türevde ise sıfır değerindeki noktadadır.



Şekil 2.4. Potansiyometrik titrasyon eğrisi ile bunun birinci ve ikinci türev eğrileri

Referans Elektrotlar

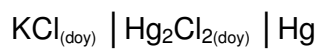
Bir elektrokimyasal hücrede ISE'dan yarı hücre potansiyelini tam yansıtması için diğer yarı hücre potansiyelinin sabit olması gerekir. İkinci yarı hücre potansiyelini veren elektrotları referans elektrot olarak isimlendiriyoruz. Bir referans elektrot hazırlarken göz önünde bulundurulması gereken önemli noktalar şunlardır;

1. Küçük akım geçmesi ile elektrot potansiyeli değişmemeli,
2. Tersinir davranmalı,
3. Potansiyelin sıcaklıkla değişme katsayısı küçük olmalı,
4. Gerilimi zamanla değişmemeli,
5. Elektrodun içerisindeki kimyasal bileşenler kararlı olmalı ve örnekteki türlerle reaksiyon vermemeli,
6. Elektrodun içerisindeki kimyasal bileşenler kararlı olmalı ve örnekteki türlerle reaksiyon vermemeli,
7. Kullanışlı ve ucuz olmalıdır.

Bu niteliklerin çoğuna sahip olmayan standart hidrojen elektrodunun (SHE) referans elektrot olarak kullanılması uygulamada güçlükler çıkarır. Bu yüzden Hg, Ag gibi bir metal ile o metalin az çözünen tuzları olarak civa(I) klorür ve civa(I) sülfat tuzları kullanılarak referans elektrotlar hazırlanır.

Doygun kalomel elektrot

Doygun kalomel elektrotlar referans elektrotlar içerisinde yaygın olarak kullanılırlar ve yarı hücre şeması şöyle gösterilir:



Yarı hücre reaksiyonu,



olup, bu yarı hücre reaksiyonunun potansiyeli

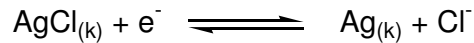
$$E = E_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{Hg}}^0 - \frac{RT}{F} \log a_{\text{Cl}^-}$$

eşitliği ile verilir. Kalomel elektrodun standart potansiyeli $E_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{Hg}}^0 = +0,268 \text{ V}$.

Yukarıdaki Nernst eşitliğinden görüldüğü gibi kalomel elektrodunun potansiyeli, Cl^- iyonunun aktifliğine bağlıdır. İçinde doymuş KCl çözeltisinin kullanıldığı kalomel elektrodun 25°C 'deki potansiyeli $+0,244 \text{ V}$ 'dur. KCl derişimi $0,1 \text{ M}$ olduğunda 25°C 'deki gerilim $+0,280 \text{ V}$ olur. Elektrot civa-civa(I) klorür ve serbest Cl^- iyonları sağlayan KCl den ibarettir. Köprü çözeltisi olarak KCl kullanılır ve iki fonksiyonu vardır. Birinci rolü yün pamuğundan yapılan tıkaçın kurumasına engel olması, ikinci rolü ise indikatör yarı hücre ile referans arasındaki bağlantıyı sağlamaktır. Sıvı temasları sağlamak için seramik materyal kullanılır.

Gümüş/gümüş klorür elektrot

Gümüş-gümüş klorür elektrodu yaygın olarak kullanılan bir başka referans elektrodudur. Bir gümüş telin elektrolitik yoldan AgCl ile kaplandıktan sonra Cl^- iyonu içeren bir çözeltiye daldırılması ile elde edilen bu elektrotu ait yarı hücre reaksiyonu,



Yarı hücre potansiyeli,

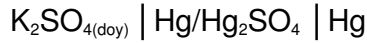
$$E = E_{\text{AgCl}/\text{Ag}}^0 - \frac{RT}{F} \log a_{\text{Cl}^-}$$

Yine kalomel elektrotta olduğu gibi elektrot potansiyeli Cl^- iyonu derişimine bağılı olarak değışir. 25°C 'de SHE karşı doymuş Cl^- çözeltisinde potansiyeli $+0,222 \text{ V}$ 'dur. Ag/AgCl elektrodu pH elektrotlarının iç referans elektrodu ve birçok ISE'larda ticari olarak kullanılır. Bu elektrotların en önemli avantajı, kazara kırıldığında ortama toksik maddeler bırakmamasıdır. Oysa civa ve özellikle talyum elektrotları kırıldıklarında ortama toksik maddeler saçarlar.

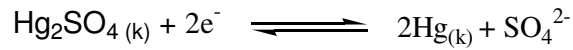
Civa-civa(I)sülfat elektrodu

$\text{Hg}/\text{Hg}_2\text{SO}_4$ elektrodu Cl^- iyonunun olması istenmediğı durumlarda oldukça fazla kullanılır. Civa(I)sülfat kolaylıkla hidroliz olur ve sarı renkte bazik bir tuz oluşur. Ancak normal sıcaklıkta bu reaksiyonu elektrot potansiyeline olan etkisi açık değıldir. Bu elektrotla ilgili bilgiler Ives ve Smith tarafından derlenmiştir.

Elektrot kalomel elektrotta benzer şekilde yapılır. Elektrot sülfat iyonları içeren çözelti ve doymun civa sülfat ile temas halinde olan civa sülfat tabakası ile kaplı civa havuzundan oluşmaktadır. Bu elektrodun yarı hücresi;



ve elektrot reaksiyonu;



Bu elektrodun SHE'a göre 22°C 'deki potansiyeli $+0,412 \text{ V}$ 'dur.

Talyum amalgam/ talyum klorür elektrodu

Bu elektrot aşağıdaki yarı hücre ile gösterilebilir:

TlHg (%40 m/m), TlCl(k) | KCl(doy) || ...

Bu elektrotlar 'Thalamit' elektrodu olarak isimlendirilir. Bu elektrodun avantajları termal değişimlerden oldukça az etkilenmesi ve sıcaklık değişimlerinden sonra hızlıca dengeye gelmesidir. Köprü çözeltisinde eser miktarda bulunan oksijene duyarlıdır. Elektrot 0-135 °C aralığında kullanılabilir. Elektrodun standart potansiyeli, pH = 6,865 standart fosfat tamponu içerisinde sıvı temas potansiyeli dahil 25°C'de -0,576 V'dur. Bu elektrodun en önemli dezavantajı elektrot kırıldığı zaman etrafa saçılan talyum ve talyum amalgamının oldukça zehirli olmasıdır. Çünkü çok aşırı derecede toksik etki gösteren maddelerdir (civa bileşenlerinden çok daha yüksek).

Katı Hal Elektrotlar

Bu tür elektrotlar çeşitli formlarda yapılırlar. Aynı türden farklı elektrotlar arasındaki değişimin esas sebebi, membran oluşum ve membranla yapılan bağlantıda bulunan iç kısmın farklı bileşimde yapımıdır. Genelde katı elektrotların yapımında, tayin edilecek maddenin az çözünen tuzları kullanılır.

Çizelge 2.1. Bazı iyonlara karşı duyarlı katı Membran elektrotlar

Seçici iyon	Membran	Tayin sınırı (molL ⁻¹)
F ⁻	LaF ₃	10 ⁻⁷
Cl ⁻	AgCl	10 ⁻⁵
Br ⁻	AgBr	10 ⁻⁶
I ⁻	AgI	10 ⁻⁸
S ²⁻	Ag ₂ S	10 ⁻⁷
SCN ⁻	AgSCN	10 ⁻⁶
Ag ⁺	Ag ₂ S	10 ⁻⁸
Hg ²⁺	HgS/Ag ₂ S	10 ⁻⁸
Cu ²⁺	CuS/Ag ₂ S	10 ⁻⁹
Cd ²⁺	CdS/Ag ₂ S	10 ⁻⁷
Pb ²⁺	PbS/Ag ₂ S	10 ⁻⁷
Bi ³⁺	Bi ₂ S ₃ /Ag ₂ S	10 ⁻¹¹

Katı membranlar genellikle homojen ve heterojen olarak adlandırılırlar. Homojen Membran yapımında genel olarak tek bir tuz kullanılır. Belli basınç altında preslenerek pelet haline getirilen diskler, uygun bir yapıştırıcı ile cam veya PVC tüpe yapıştırılarak hazırlanırlar. Mesela F^- seçici elektrot, LaF_3 kristalinden hazırlanmaktadır. Heterojen membranlar ise birden fazla aktif materyalin ($CuS + Ag_2S$ gibi) katılmasıyla elde edilirler. Burada elektrotların içerisindeki bağlantıların uygun olmasına dikkat edilmesi gerekir. Aksi takdirde kararsız potansiyeller meydana gelir. Ayrıca membran bileşimlerine bağlı olarak tayin sınırı seçicilik katsayıları önemli ölçüde değişir. Burada dikkat edilmesi gereken bir husus da, elektrodun yüzeyinin düzenli olmasıdır. Elektrot yüzeyinde istenmeyen çukurların olması, elektrodun kararsız davranmasına sebep olur. Bundan dolayı katı membran elektrotların yüzeylerinin parlatılması gerekir. Katı membranların elektrot gövdesine yapıştırılması da önemlidir. Membranda olan sızdırmalar elektrodun kararsız davranmasına neden olur. Bir de bu tür elektrotlarda günde bir defa kalibrasyon yapılması gereklidir.

Katı membran elektrotlar genelde iki şekilde dizayn edilirler.

- 1) İç referans çözelti ve iç referans elektrotlu ISE'lar,
- 2) Katı iç temaslı ISE'lar.

İç referans çözelti ve iç referans elektrotlu ISE'lar

Bu tür ISE'lar klasik katı membran elektrotlar olup her zaman kullandığımız $pH_{(cam)}$ ve pM elektrotlardır.

İç referans çözelti elektrotlarda kullanılan iç referans çözeltisi genellikle tayin edilecek iyonun 10^{-1} veya 10^{-2} M çözeltisi olur. İç referans elektrot olarak da genellikle sıcaklık değişimine karşı en kararlı olan ve en geniş sıcaklık aralığında kullanılabilen $Ag/AgCl$ elektrodu kullanılır.

Mesela;

Ag/AgCl, 0,1 M CaCl ₂ membran	(Ca ²⁺ duyarlı ise)
Ag/AgCl, 0,1 M KF + 0,1 M KCl LaF ₃ membran	(F ⁻ duyarlı ise)

Katı iç temaslı elektrotlar

Bu tip katı membranların yapımı birkaç sebepten dolayı zordur. Mesela; üretimi, elektriksel ve katı membranın sıvı yalıtımı zordur. Bunun yanı sıra önemli avantajı da, ölçüm sırasında yüksek sıcaklık değişimlerine karşı kararlı sonuçlar vermesidir. Ayrıca elektrodun dış ve iç yüzeyindeki basınç farklılıklarından da fazla etkilenmemesidir.

Katı membranın iç bölgesindeki katı teması, metal veya grafit tarafından sağlanır. Temas yüzeyinde membranın polarizasyonunu önlemek ve kararlılığını sağlamak için iletken bir tabaka konur.

Bağlantıyı sağlamak için daha çok gümüş tel kullanılır. Elektroaktif maddelerin bileşimindeki çeşitlilik ve ölçümlerin yorumunun karmaşıklığı, temasın çeşidine göre potansiyel kararlılığına etkisi bilinmemektedir.

Katı temaslı elektrotlarda poron karbon matrisi kullanılarak hazırlanan elektrotların basınç değişimlerine karşı daha kararlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Katı membran elektrotlar

Katı ISE'ların membranları, florokarbonat, polipropilen, PVC, cam gibi elektriği iletmeyen, kimyasal reaksiyonlara karşı inert maddelerle hazırlanır. En önemli husus test çözeltisi ile elektrodun temasta olduğu kısmın mükemmel olmasıdır. Bu genellikle yapıştırma ile olur. Membran uygun bir yapıştırıcı ile elektrot gövdesine yapıştırılır. Elektrot gövdesi membrana iyi yapışmalıdır. Elektrot gövdesi hidrofobik, elektroinaktif olmalı ve membran ile

elektrot gövdesinin genleşme katsayıları aynı veya çok yakın olmalıdır. Sıcaklık değişimlerine karşı inert davranmalıdır.

İyon Değiştiricili ve Nötral Taşıyıcılı Katı Membran Elektrotlar

İyon değiştiricili elektrotların geniş bir bölümünü organik iyon değiştiriciler oluştururlar. İyon değiştiricili membranlar, cam ve katı temaslı membranlardan daha çok sayıdaki iyon duyarlılık gösterirler.

İyon değiştirici elektrotların yapımında katyon seçici elektrotlarda katyon değiştiriciler, anyon seçici elektrotlarda ise anyon değiştiriciler kullanılmaktadır. Anyonlara karşı duyarlı elektrot yapımında genellikle büyük organik gruplara ait kuarterner amonyum tuzları kullanılır. Bu grupta en çok bilinen önemli elektrotlar, Ca^{2+} , NO_3^- , ClO_4^- , BF_4^- , CO_3^{2-} duyarlı elektrotlardır. Nötral taşıyıcılı elektrotlar ise sınırlı sayıdadırlar. Genellikle iyon taşıyıcı elektrotlardan daha seçicidirler. Ticari olarak en çok kullanılan Nötral taşıyıcı elektrotlar vanilomyacin temelli potasyum elektrotları ve nonaktion/monoaktion temelli NH_4^+ elektrotlardır.

Katı membran elektrotlarda olduğu gibi elektrodun içersine tayin edilen iyonun 10^{-1} M çözeltisi doldurulur ve iç referans elektrot olarak da genellikle Ag/AgCl elektrodu kullanılır. Elektrodun dengeye gelmesi için belirli bir süre tayin edilecek çözelti içerisinde bekletilmesi gerekir.

Burada elde edilecek olan membranın daha sert ve yüzeyde çatlamalara neden olmamak için, membranın hazırlanması sırasında uygun oranlarda yumuşatıcı kullanılır. Yumuşatıcı olarak DBF (dibütilftalat) veya NPOE (nitrofeniloktiletan) kullanılır.

Membran yapımında kullanılacak olan iyon değiştiricili veya Nötral taşıyıcılar aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

1. Kullanılan aktif materyal tayin edilecek iyonla kuvvetli kompleks oluşturmalı.
2. Ortamda bulunabilecek diğer iyonlarla kuvvetli kompleks oluşturmamalı.
3. Suda çözünmemeli, organik çözücüde iyi çözünmeli.
4. Toksik olmamalı ve daldırıldığında hücredeki çözelti ile reaksiyon vermemelidir.

Sıvı membran elektrot yaparken kullanılan organik çözücü iyon değiştiriciyi çok iyi çözmelidir. Genel olarak çözücünün elektrodun performansına etkisi yoktur. Fakat tayin edilen iyon ile aktif materyalin oluşturacağı kompleksin kararlılık sabitini etkiler. Eğer ortamda iki iyonla da kompleks oluşturan bir çözücü kullanılırsa bu durumda elektrot her iki iyonla da duyarlı olur.

Örneğin Ca^{2+} ISE yapımında di-n-oktilfenilfosfonat çözücüsü kullanılırsa sadece Ca^{2+} duyarlı elektrot olur; fakat daha az polar olan dekanol çözeltisi kullanılırsa, Ca^{2+} yanında Mg^{2+} ile de kompleks oluşturur. Yani her iki iyonla da duyarlı olur. Bu elektrot sert suların ölçümü için kullanılır.

Gerek sıvı iyon değiştiricili membran elektrotlar gerekse katı membran elektrotlar uygun şekilde dizayn edildiğinde olumlu çalışmalar yapılabilir.

Sonuç olarak çalışılan ortama ve çalışma ortamına en uygun elektrot seçilmelidir. Bu ise ancak deneysel çalışmalar sonucunda belirlenebilir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Kullanılan Reaktifler

Çalışma süresince kullanılan bütün reaktifler analitik saflıkta olup çözeltileri saf su ile hazırlandı. Kullanılan reaktifler ve hazırlanışları aşağıda açıklandığı gibidir.

1 M NaNO₃ çözeltisi: 8,5 g NaNO₃ (Merck) saf suda çözülüp hacmi 100 mL'ye tamamlandı.

1 M KF çözeltisi: 5,81 g KF (Merck) saf suda çözülüp hacmi 100 mL'ye tamamlandı.

0,12 M HCl çözeltisi: d=1,19g/ml olan %37'lik derişik HCl (Merk) çözeltisinden 1 mL alınarak saf su ile hacmi 100 mL'ye tamamlandı.

0,7 M HAc çözeltisi: d=1,05 g/ml olan %100'lük derişik HAc (Merk) çözeltisinden 4 mL alınarak saf su ile hacmi 100 mL'ye tamamlandı.

Sirke çözeltisi: Kavaklıdere üzüm sirkesi seyreltilmeden kullanıldı.

Kola çözeltisi: Kutu Coca cola'dan seyreltilmeden kullanıldı.

Limon suyu çözeltileri: Limon suyundan hacimce 1/10 (limon suyu/su)'luk ve 1/2 (limon suyu/su)'lik çözeltiler hazırlandı.

10⁻⁴ M florür içeren macun çözeltisi: % 0,32 NaF içeren İpana Komple Ağız Bakımı'ndan 0,0169 g alınıp saf su ile hacmi 10 mL'ye düzenli çalkalanarak tamamlandı.

10⁻³ M florür içeren macun çözeltisi: % 0,32 NaF içeren İpana Komple Ağız Bakımı'ndan 0,1320 g alınıp saf su ile hacmi 10 mL'ye düzenli çalkalanarak tamamlandı.

10⁻² M florür içeren macun çözeltisi: % 0,32 NaF içeren İpana Komple Ağız Bakımı'ndan 1,3106 g alınıp saf su ile hacmi 10 mL'ye tamamlandı.

Doygun şekerli su çözeltisi: Beher içine fazlasıyla toz şeker konuldu ve saf suyla hacim 100 mL'ye tamamlandı.

Siyah çay çözeltisi: 100 mL saf su içine 3 ve 1 tane lipton demlik poşeti atılarak kaynayana kadar ısıtıldı. Kaynadıktan sonra ısıtıcıdan indirilerek 20 dakika demlenmeye bırakıldı, 70° de ölçümler alındı.

Nane çayı çözeltisi: 2,0018 g nane, kaynatılan 100 ml saf su içine konularak 10 dak. kaynatıldı, 10 dak. demlendi ve süzüldü, 30° de ölçümler alındı.

TISAB 2 çözeltisi: 11,076 g C₆H₅Na₃O₇.2H₂O (tri-sodyum sitrat di hidrat) ve 0,4157 g NaOH saf suda çözülerek 100 mL'lik çözelti hazırlandı. Üzerine 0,1M HClO₄ pH 5,35 olana kadar damla damla ilave edildi.

Kullanılan Cihazlar

Deneyisel çalışmalarda, pH, potansiyel ve sıcaklık değerlerinin ölçümü JENWAY 3040 Ion Analyser cihazı ile yapıldı. Hücre çözeltisinin homojenliğini sağlamak için karıştırıcı olarak Chiltern H 531 marka ısıtıcılı manyetik karıştırıcı kullanıldı.

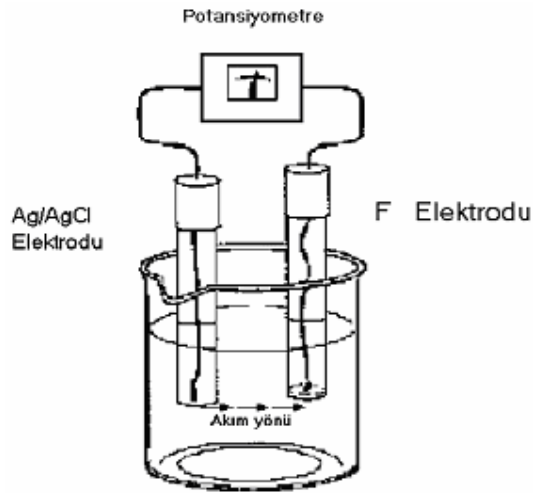
Çalışmada Kullanılan Elektrotlar

Potansiyel ölçümlerinde, 924036 Double Junction Ag/AgCl elektrot ile çift temaslı Orion marka Ag/AgCl elektrotları referans elektrot olarak, Orion

marka florür seçici elektrot ise çalışma elektrotu (iyon seçici elektrot) olarak kullanıldı.

Çalışmada Kullanılan Hücreler

Ölçümü yapılacak çözeltinin konulduğu hücre olarak, elektrotların sabitlenebildiği üç girişi olan, yaklaşık 30 mL hacimli pyreks cam hücreler kullanıldı.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan hücrelerin basit bir şekli

Çalışma Ortamı

Hücre çözeltisinin iyonik şiddetini sabit tutmak amacıyla bütün çalışmalarda 0,1 M NaNO_3 çözeltisi kullanıldı. Çalışmalar oda sıcaklığında 22 ± 4 °C'de yapıldı.

Diş Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmada Hacettepe Üniversitesi dişçilik fakültesinden temin edilen insan dişleri örnek olarak kullanıldı. Dişler kullanılacağı zaman serum fizyolojik

çözeltisinden alınıp macun kullanılmadan temiz bir fırça ile temizlendi ve tartıldıktan sonra bekletileceği ortama konuldu.

Numune Çözeltilerinin Hazırlanması

Bu çalışmada sentetik ortam olarak pH=2 HCl ve HAc çözeltileri ile 1×10^{-4} , 1×10^{-5} M KF çözeltileri ve doğal ortam olarak da kola, limon suyu, sirke, şekerli su, diş macunu, siyah çay, nane çayı çözeltileri olmak üzere on bir farklı ortam kullanıldı. Florür iyonunun cama adsorbe olduğu bilinmektedir. Bu nedenle deneylerde polietilen tüpler kullanıldı. Numune çözeltilerini hazırlamak için ağzı kapaklı polietilen tüplere bu çözeltilerden 10 mL alınarak içine hazırlanmış dişlerden 1-2 tane ilave edildi. Dişlerin bekleme ortamlarının tüplerden etkilenip etkilenmediğini belirlemek ve kıyaslama yapabilmek için aynı ortamların diş ilave edilmeyen boş çözeltileri de tüplere kondu. Çözeltiler oda sıcaklığında istenilen sürelerde bekletildi. Florür ölçümleri bu numunelerden alınan belli hacimlerdeki örneklerle yapıldı.

Florür Seçici Elektrotun Hazırlanması ve Kullanımı

Orion marka Florür elektrotla ölçümlere başlamadan önce elektrot bir hafta saf suda bekletildi, 1×10^{-3} M HCl çözeltisiyle yıkandı ve elektrot yüzeyi temizlenip tekrar saf suda bekletildi. Elektrot her kullanımında standart F^- çözeltileri ile kalibre edilerek günlük olarak $-\log[F^-]$ 'e karşı mV potansiyel değişiminin eğimi belirlendi.

Florür Seçici Elektrotun Kalibrasyonu

Hücre içerisine 0,1 M $NaNO_3$ çözeltisinden 15 mL ilave edildi. İyon seçici (florür elektrot) ve referans (Ag/AgCl elektrot) elektrotlar hücre girişlerinden çözeltiliye daldırıldı. Burada hücredeki elektrotların konumuna dikkat edildi ve birbirlerine göre mesafeleri çalışma boyunca sabit tutuldu.

Hücre potansiyeli dengeye geldikten sonra, standart 1 M KF çözeltisinden seyreltilerek hazırlanan 1×10^{-5} , 1×10^{-4} , 1×10^{-3} , 1×10^{-2} , 1×10^{-1} ve 1M F⁻ çözeltilerinden hücre içerisindeki florür iyonu derişiminde 10 kat değişim sağlanacak şekilde 0,15 şer mL ilaveler yapıldı. Her bir ilavede KF' ün çözeltide homojen bir şekilde dağılması ve elektrot yüzeyindeki değişimlerin hızlı bir şekilde gerçekleşmesi için hücre sabit bir hızla karıştırıldı. Karıştırma durduruldu, potansiyelin sabitlenmesi için bir süre beklendi ve sabitlenen potansiyel kaydedildi. Bu şekilde hücre içerisinde 10^{-7} - 10^{-2} M derişim aralığındaki florür iyonu konsantrasyonuna karşı hücre potansiyelleri kaydedildi. Elde edilen potansiyel değerleri $-\log[F^-]$ 'e karşı grafiğe alınarak kalibrasyon grafikleri çizildi.

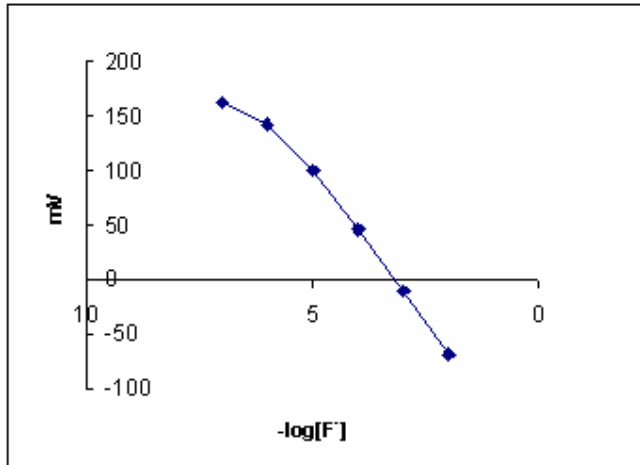
Numune Çözeltilerindeki Florür'ün Potansiyometrik Tayini

Numunelerdeki florür derişimini belirlemek için standart ekleme metodu kullanıldı. Bunun için yine 15 mL 0,1 M NaNO₃ çözeltisi hücreye alındı, referans ve florür elektrotlar hücre içinde aralarındaki mesafe sabit kalacak şekilde çözeltiliye daldırıldı ve potansiyel sabitlenene kadar beklendi. Hücre çözeltisi üzerine numune çözeltisinden 1,0 ml ilave edildi, karıştırıldı ve dengeye geldikten sonra potansiyel okundu (E_1). Daha sonra standart 0,1 M F⁻ çözeltisinden 0,15 ml ilave edildi ve potansiyel tekrar okundu (E_2). Potansiyeller arasındaki fark ($\Delta E = E_2 - E_1$) belirlenip, kalibrasyon grafiğinin eğim değerleri de kullanılarak Eş. 2.22'ye göre numunelerdeki florür konsantrasyonları hesaplandı.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Florür Seçici Elektrotun Kalibrasyon Grafiği

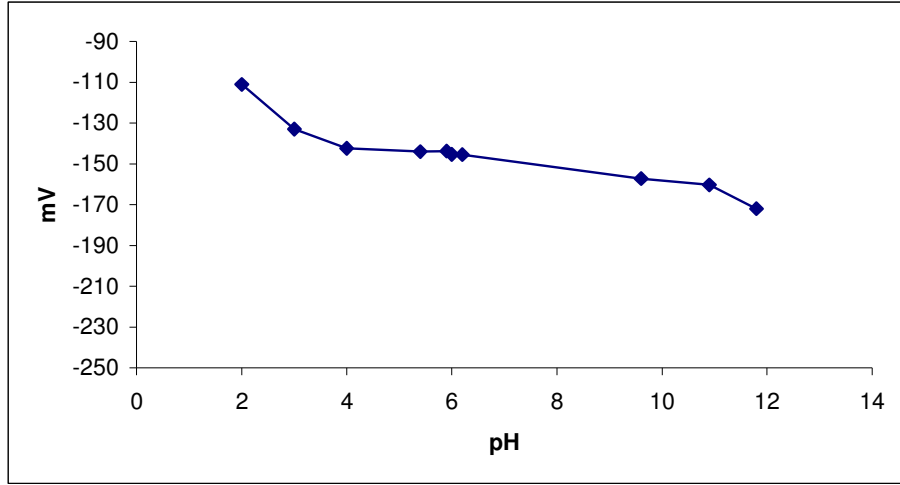
Çalışmalarımızda kullandığımız florür elektrotun kalibrasyonu bölüm 3.9'da anlatıldığı gibi farklı ortamlar için her deneyden önce tekrarlandı. Elde edilen mV potansiyel'e karşı $-\log[F^-]$ değerleri grafiğe alınarak kalibrasyon eğrisi elde edildi (Şekil 4.1). Tekrar denemelerin sonuçları değerlendirildiğinde, 10 çalışmaya göre kullandığımız florür seçici elektrotun 1×10^{-7} - 1×10^{-2} M F^- konsantrasyon aralığında $\pm 3,0$ mV standart sapmayla ortalama eğim 47 mV olarak bulundu. Eğrilerden biri Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Florür seçici elektrotun kalibrasyon eğrisi

Florür Elektrodun Çözelti pH'sına Duyarlılığı

Kullanılan florür elektrodun çözelti pH'sından etkilenip etkilenmediği araştırıldı. Bunun için, hücreye konulan 1,0 mL 1×10^{-5} M F^- içeren 15 mL 0,1 M $NaNO_3$ çözeltisi üzerine sırasıyla 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} ve 1 M HCl çözeltisinden 0,15 mL ilaveler yapılarak potansiyeller okundu. Daha sonra benzer şekilde farklı derişimlerdeki NaOH çözeltisinden ilaveler yapıldı ve potansiyeller kaydedildi. Ölçülen potansiyeller pH'ya karşı grafiğe geçirildi.



Şekil 4.2. Florür elektrodun potansiyelinin pH ile değişimi

Şekil 4.2'de görüldüğü gibi florür elektrodun çözelti pH'sının değişimine karşı önemli bir duyarlılığının olmadığı, pH 3-11 aralığında rahatlıkla çalışılabileceği tespit edildi. pH 3-11 aralığında eğim 3,2 olarak bulundu. Yapılan çalışmalarda hücre çözeltisi pH'sının 3-7 arasında değiştiği tespit edildi.

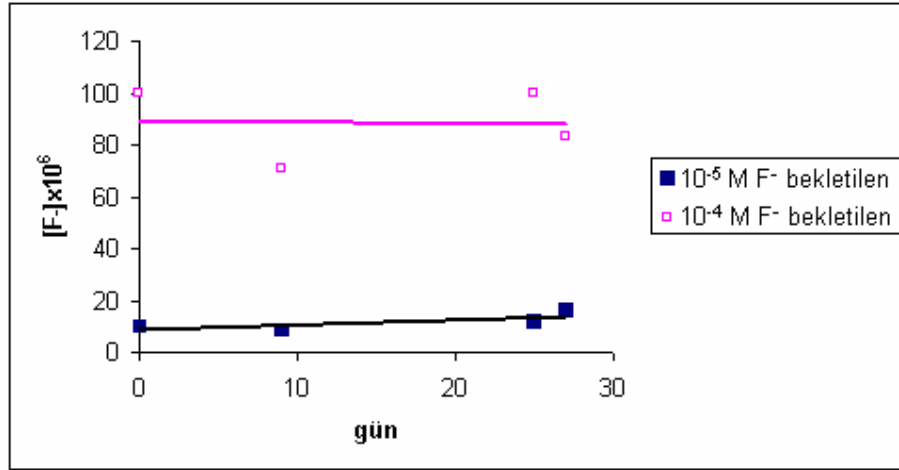
Plastik Tüplerde Bekletilen Florür Çözeltilerinin Verileri

Florür iyonunun cama adsorbe olduğu bilinmektedir. Bu nedenle deneylerde plastik tüp kullanmak tercih edildi. Fakat yinede bekleyen çözeltilerin florür konsantrasyonunun plastik tüplerden etkilenip etkilenmediği araştırıldı. Bunun için 1×10^{-5} M ve 1×10^{-4} M florür çözeltileri plastik tüplere konuldu ve 27 gün bekletildi. Tüplerde bekletilen çözeltilerden 1'er mL lik örnekler alınarak Bölüm 3.10'da anlatıldığı gibi günlere bağlı olarak florür tayini yapıldı. Aynı ölçümler günlük hazırlanmış 10^{-5} M ve 10^{-4} M florür çözeltileriyle de tekrarlanarak kıyaslandı. Bulunan değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çözeltilerin florür konsantrasyonu değişimine karşı potansiyel değişim eğrileri şekil 4.3'de verilmiştir. Günlük hazırlanan 1×10^{-5} M F^- çözeltilerindeki florür konsantrasyonu 5 ayrı çalışma için $1,0 \times 10^{-5}$, $8,1 \times 10^{-6}$, $1,1 \times 10^{-5}$, $1,7 \times 10^{-5}$ ve $1,4 \times 10^{-5}$ M olarak ölçüldü. Yine günlük hazırlanan 1×10^{-4} M F^- çözeltilerindeki

florür konsantrasyonu 4 ayrı çalışma için $1,0 \times 10^{-4}$, $7,6 \times 10^{-5}$, $1,3 \times 10^{-4}$ ve $8,5 \times 10^{-5}$ M olarak ölçüldü.

Çizelge 4.1. Plastik tüplerde bekletilen 1×10^{-5} M ve 1×10^{-4} M F^- çözeltilerindeki florür konsantrasyonu değişimi

Gün	$[F^-]$ mol/L	
	1×10^{-5} M, F^-	1×10^{-4} M, F^-
0	$1,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-4}$
9	$8,7 \times 10^{-6}$	$7,1 \times 10^{-5}$
19	$1,1 \times 10^{-5}$	-
25	$1,2 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-4}$
27	$1,6 \times 10^{-5}$	$8,3 \times 10^{-5}$



Şekil 4.3. Plastik tüplerde bekletilen 1×10^{-5} ve 1×10^{-4} M florür çözeltilerindeki florür değişimi

Şekil 4.3'de görüldüğü gibi 1×10^{-5} M ve 1×10^{-4} M florür çözeltileriyle yapılan çalışmalarda tüpte bekleyen çözeltilerin florür konsantrasyonlarında 27 gün içerisinde belirgin bir değişiklik olmadığı tespit edildi.

Saf Suyun Diş Minesi Çözünürlüğüne Etkisi

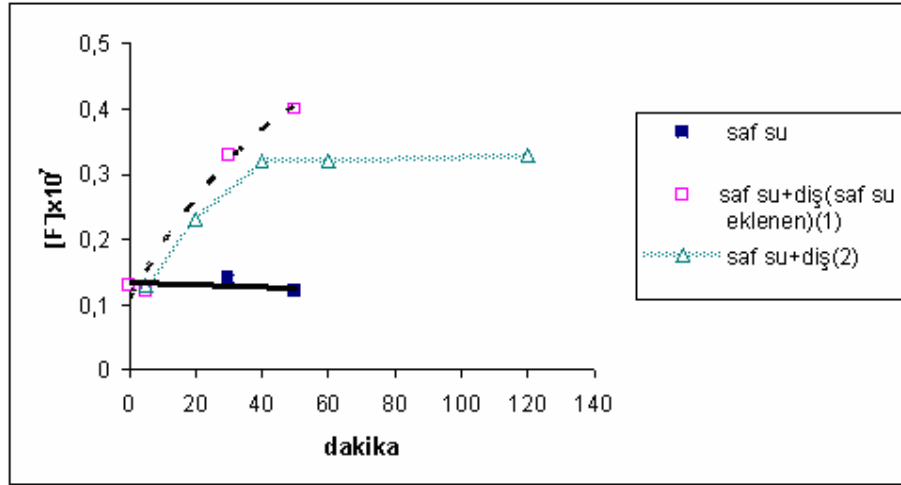
Bu çalışmada, diş numuneleri saf su içinde bekletildi ve belirli zamanlarda çözültiden alınan örneklerdeki florür konsantrasyonu hesaplandı. Bunun için iki paralel deney yapıldı. 1. çalışmada numuneden örnekler alındıktan sonra her seferinde hacmi saf suyla 10 mL'ye tamamlandı. 2. çalışmada ise bu ekleme yapılmadı. Saf suyun florür konsantrasyonu ± 1 standart sapmayla $(2,4 \pm 1) \times 10^{-8}$ olarak bulundu. Numune çözültülerin ölçülen potansiyel değerlerine göre hesaplanan florür konsantrasyonları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Diş numunesi bulunduran saf su çözültilerindeki florür konsantrasyonunun zamanla değişimi

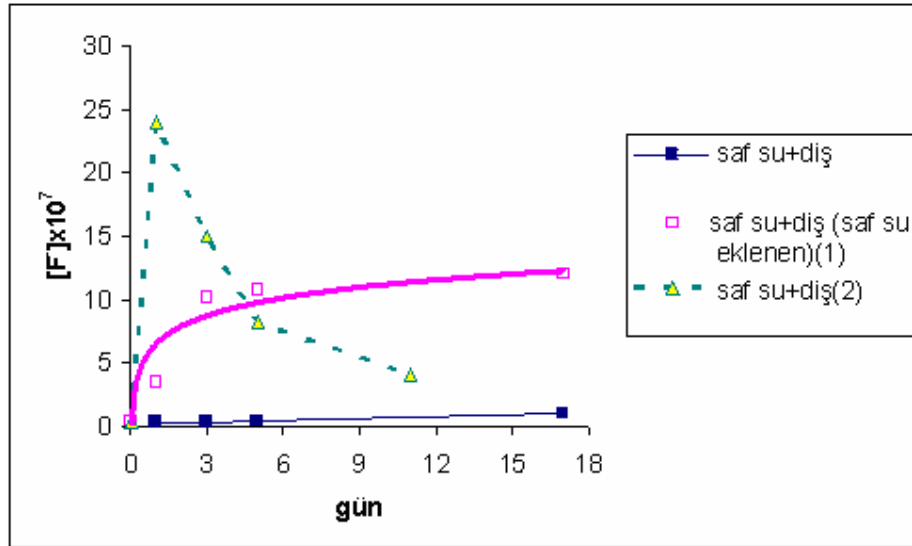
Zaman	[F] mol/L		
	Saf su	Saf su+1diş (1,49 g) (1)	Saf su+1diş (2,11 g) (2)
0 dakika	$1,3 \times 10^{-8}$	$1,3 \times 10^{-8}$	$1,3 \times 10^{-8}$
5 dakika		$1,2 \times 10^{-8}$	
20 dakika			$2,3 \times 10^{-8}$
30 dakika	$1,4 \times 10^{-8}$	$3,3 \times 10^{-8}$	
40 dakika			$3,2 \times 10^{-8}$
50 dakika	$1,2 \times 10^{-8}$	4×10^{-8}	
120 dakika	-	-	$3,3 \times 10^{-8}$
1 gün	$3,3 \times 10^{-8}$	$3,5 \times 10^{-7}$	$2,4 \times 10^{-6}$
2 gün	$3,1 \times 10^{-8}$	$1,5 \times 10^{-7}$	$2,2 \times 10^{-7}$
3 gün	$2,1 \times 10^{-8}$	1×10^{-6}	$1,5 \times 10^{-6}$
5 gün	$3,6 \times 10^{-8}$	$1,1 \times 10^{-6}$	$8,2 \times 10^{-7}$
10 gün		-	$4,1 \times 10^{-7}$
17 gün	1×10^{-7}	$1,2 \times 10^{-6}$	-

(1) bekleme çözültisi hacminin sabit tutulduğu örnekler

(2) bekleme çözültisi hacminin azaldığı örnekler



Şekil 4.4. Kısa süre (0-60 dakika) saf su ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi



Şekil 4.5. Uzun süre (50 dakika-17 gün) saf su ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi

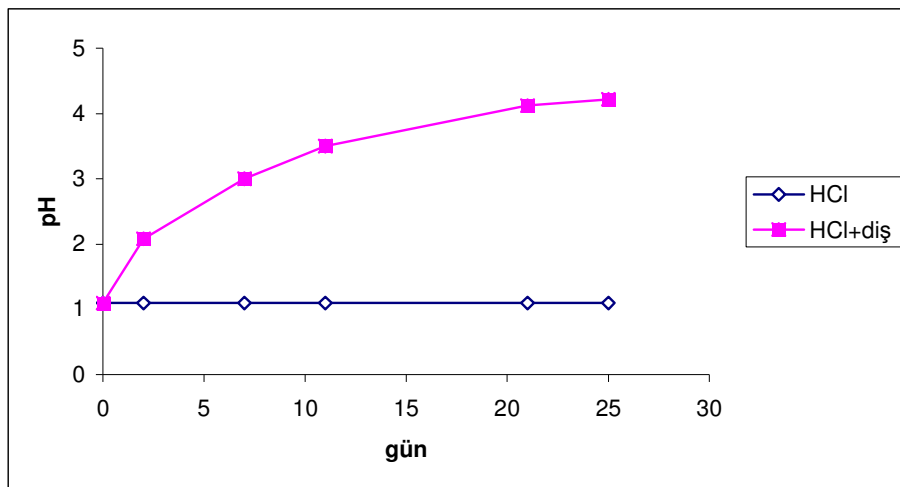
Şekil 4.4 ve 4.5'te görüldüğü gibi ilk 2 gün içinde saf suda, dişten kaynaklanan florür konsantrasyonunda bir artış olmuş, demineralizasyon gerçekleşmiş ve sonrasında çözeltinin florür konsantrasyonu yaklaşık 10×10^{-7} M civarında sabit kalmıştır. Derişimlere baktığımızda saf suda çözünen florür miktarı oldukça küçüktür.

Çözelti hacmi saf su ekleyerek sabit tutulan (1) ve sabit tutulmayan (2) çalışmalar kıyaslandığında ilk 1 saat içerisinde önemli bir fark gözlenmemiştir. Uzun sürelerde ise hacmi tamamlanan çözeltilerden daha kararlı sonuç alınmıştır.

Su eklenen çalışmada çözeltinin seyreltilmesine rağmen ortamdaki florür konsantrasyonunun sabit kaldığı görülmektedir. Bu ise diş örneğinden florür salımının devamı ile mümkündür. Su eklenmeyen çalışmada, 1 gün içinde yapılan ölçümler nedeniyle çözelti hacmi yarıya düşmüştür ve florür konsantrasyonu yükselmiştir. Florürün tekrar dişe dönmesiyle ortamdaki F^- derişimi azalmış olabilir. Her ikisinde de F^- derişimi 10^{-6} M'a yaklaşmıştır.

0,12 M HCl+Diş Çözeltilerinde pH'nın Değişimi

Dişlerin 0,12 M HCl'de bekeyen çözeltilerinde, çözelti pH'sını diş minesinin hidroksi apatit yapısı nedeniyle zamanla değişip değişmediği araştırıldı. Bunun için diş numuneleri 10 ml 0,12 M HCl içinde bekletildi ve farklı zamanlarda pH değerleri ölçüldü. Karşılaştırma yapabilmek için düzenli olarak boş 0,12 M HCl çözeltisinin pH'ı da ölçüldü.

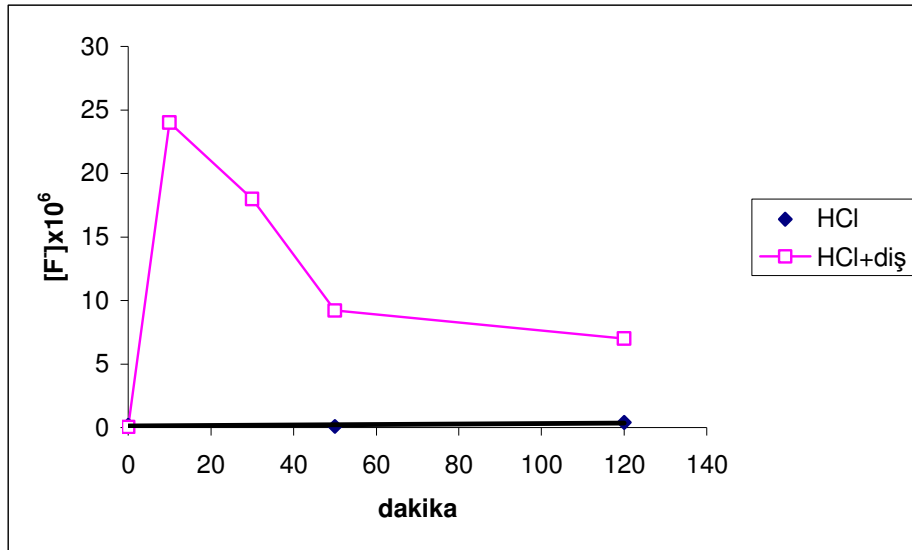


Şekil 4.6. Diş numunesi içeren ve içermeyen HCl çözeltilerinin zamana bağlı pH değişimi (1 diş, 1,11 g ve deney sayısı=3)

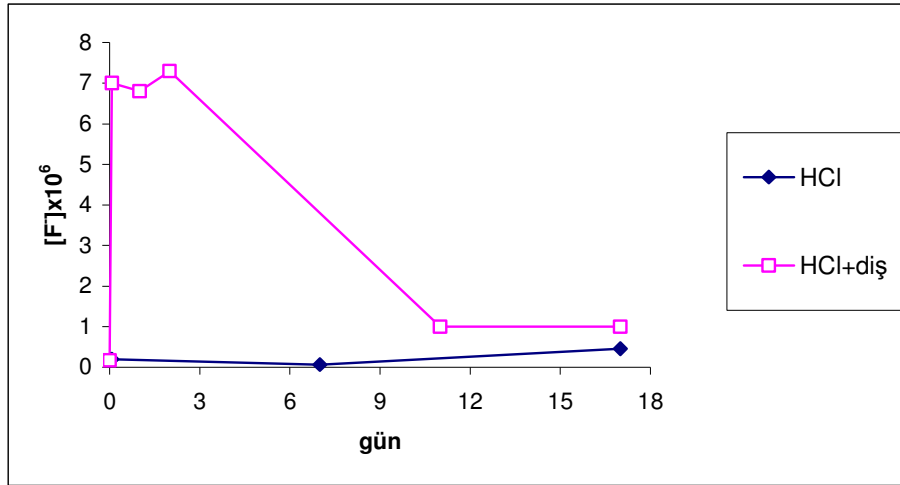
Boş 0,12M HCl çözeltisinin pH'ı zamanla değişmezken diş numunesi bulunan çözeltilerin 20 günde pH'sını 1'den 4'e yükseldiği tespit edildi. Buna göre güçlü asitlerin bulunduğu ortamlarda mine apatit yapısındaki OH^- iyonları ortamın pH'ını artıracak şekilde çözeltiliye geçtiği düşünüldü (Şekil 4.6).

0,12 M HCl'nin Diş Minesi Çözünürlüğüne Etkisi

Bu çalışmada diş numuneleri 10 ml 0,12 M HCl içinde bekletildi ve farklı zamanlarda standart ekleme yöntemi ile potansiyel değerleri okunarak çözeltildeki florür konsantrasyonları hesaplandı (Çizelge 4.3). Bu deneyler iki paralel deney şeklinde yapıldı. 1. çalışmada numuneden örnekler alındıktan sonra her seferinde hacmi 0,12M HCl çözeltisiyle 10mL'ye tamamlandı. 2. çalışmada ise bu ekleme yapılmadı. Boş HCl çözeltileri için florür konsantrasyonu standart sapma değeri ile birlikte ortalama $(5,3 \pm 2,6) \times 10^{-8}$ M olarak bulundu. 0,12 M HCl için pH 1,1 olarak ölçüldü.



Şekil 4.7. Kısa süre (0-120 dakika) 0,12 M HCl ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi (1 diş, 1,43 g ve deney sayısı=3)



Şekil 4.8. Uzun süre (0 dakika-17 gün) HCl ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi

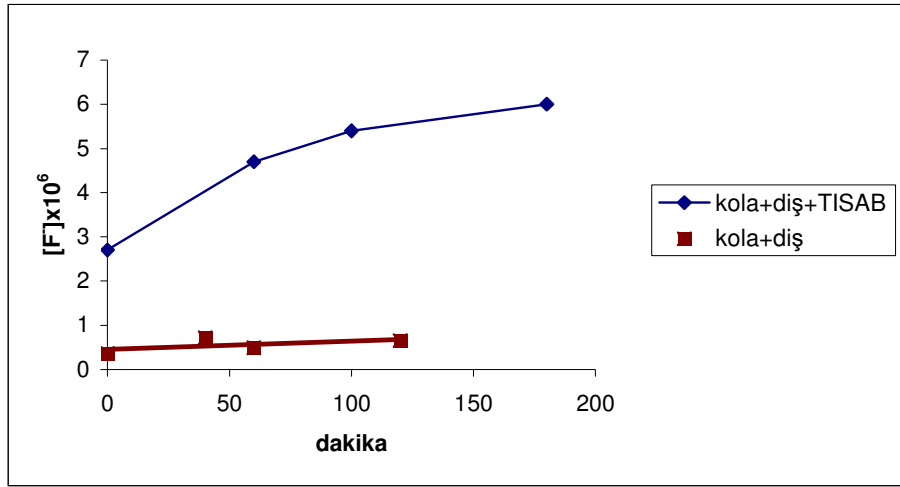
HCl için 7 çalışma yapıldı hepsinde aynı eğilim görülmesine rağmen 3 tanesinde tamamen aynı sonuçlar görüldü. Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de bunlardan biri verildi. Buna göre 30 dakika içinde HCl ortamında bekleyen dişlerin çözeltilerindeki florür konsantrasyonunun 10^{-5} M'a yükseldiği gözlemlendi. Bu değişimin diğer çalışmalarda da aynı şekilde olduğu tespit edildi. Bazı çalışmalarda 30 dakika içerisinde çözeltideki florür konsantrasyonunun 2×10^{-5} M'a kadar çıktığı görüldü.

Daha sonraki günlerde numunelerin florür konsantrasyonundaki azalmanın, çözünen florürün tekrar mine yapısına katılması nedeniyle olduğunu söyleyebiliriz. Minedeki florürün asidik ortamlarda çözündüğü bilinir. Florürün mine yapısına geri dönmesi ise ortamın pH'ının yükselmesi ile açıklanabilir (Şekil 4.6).

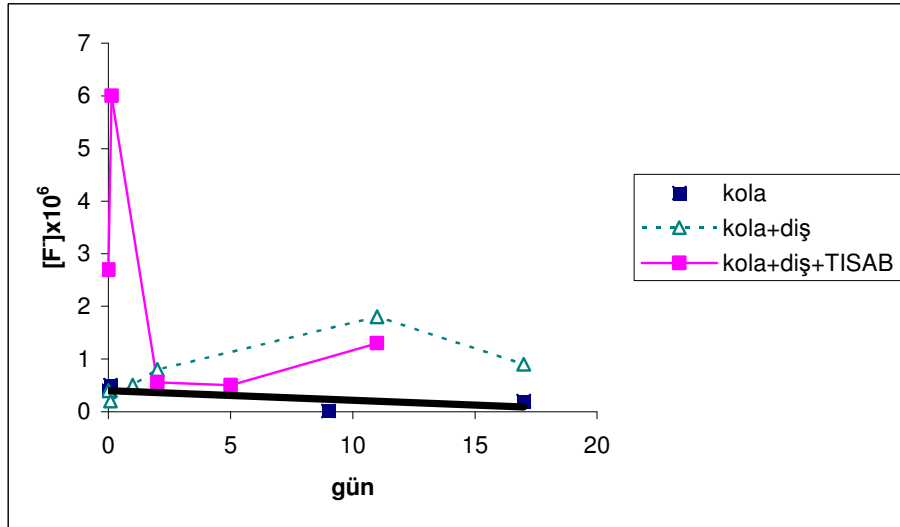
Kolanın Diş Minesi Çözünürlüğüne Etkisi

Bu çalışmada diş örnekleri 10 ml kutu coca cola içinde bekletildi ve farklı zamanlarda bu çözeltilerden belli hacimlerde örnekler alınarak Bölüm 3.10'da anlatıldığı gibi çözeltilerdeki florür konsantrasyonları hesaplandı. Bekletilen

diş+cola çözeltileri her örnek alındıktan sonra hacimleri cola ile 10,0 mL'ye tamamlandı. Boş kola çözeltisi için de aynı deney tekrarlandı ve florür konsantrasyonu standart sapmalar da hesaplandığında $(2,8 \pm 2) \times 10^{-7}$ M olarak bulundu. Kola çözeltilerinin pH'ı 2,1 olarak ölçüldü. Bekletilen diş+kola çözeltileri için hesaplanan konsantrasyon değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.9. Kısa süre (0-180 dakika) kola ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi (deney sayısı=3)



Şekil 4.10. Uzun süre (0 dakika-17 gün) kola ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi (deney sayısı=3)

Kolalı ortam için 10 çalışma yapıldı ve hepsinde aynı eğilimler tespit edildi. Bunlardan birbirine çok yakın verilere sahip üç çalışmadan biri seçilerek veriler grafiğe alındı (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10). Kola ortamında kısa süre beklemlerde dişdeki florürün çözündüğü tespit edildi. Kolada dişler uzun süre bekletildiğinde 3 günden sonra diş yüzeyinin kararmakta olduğu gözlemlendi ve bu aşamadan sonra çözeltilerde daha düşük florür derişimleri tespit edildi.

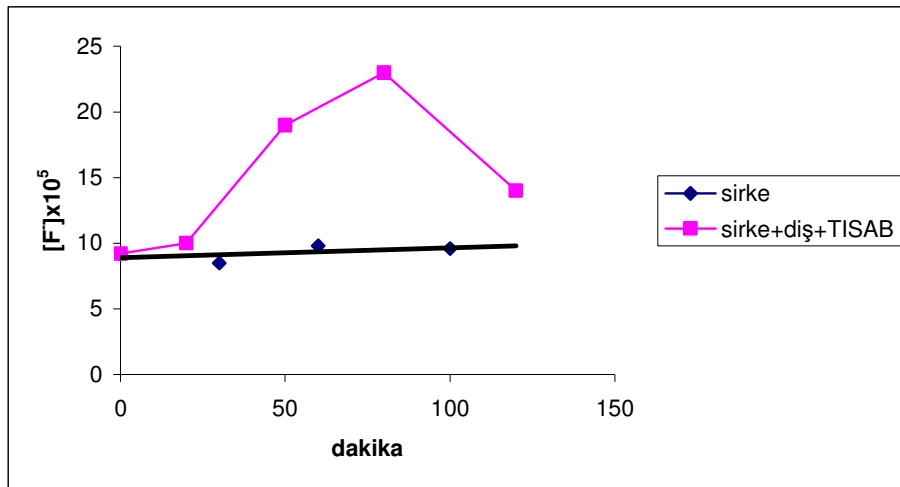
Deney sonuçlarına baktığımız zaman sadece kola ortamında bekleyen çözeltilerde diş minesinden çözünen florürün beklenenden daha düşük olduğu gözlemlendi. Bu durumda kolada bulunabilecek demir veya alüminyumun çözünen florürü komplekse alabileceği düşünüldü ve ortama TISAB tamponu ilave edilerek bu etki giderildi. Çalışma sonuçları TISAB bulunmayan çözelti sonuçlarıyla kıyaslandı ve TISAB'lı çözeltilerde çözünen florür konsantrasyonu beklenildiği gibi daha yüksek tespit edildi (Şekil 4.9). Kola eklendiği halde (seyrelme oluyor) F^- derişiminin artış göstermesi florürün hala çözeltiye geçtiğini göstermektedir. Çalışmalarda kullanılan diş sayısı ve ağırlığı Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Şekil 4.10'daki TISAB'lı çalışmaya göre 180 dakikaya kadar çözeltide florür konsantrasyonunun artarak $6 \times 10^{-6} M$ a çıktığı görüldü. 2. günden sonra kolanın, diş yüzeyine adsorbe olarak diş yüzeyinin siyah bir tabakayla kapladığı ve çözeltideki florür derişiminin $5,6 \times 10^{-7} M$ a kadar azaldığı tespit edildi. Çözeltideki florür konsantrasyonunun azalmasının ortamdaki F^- 'ün kararmış yüzeye adsorbe olması nedeniyle olduğu söylenebilir. Sonuçlar literatürle de uyumludur. Asitli içecekler, bir yandan içindeki karbonhidratın mikroorganizmalar tarafından aside çevrilmesiyle çürük yapıcı etki gösterirken, diğer yandan asidik yapıda olmaları nedeniyle dişlerde daha çok erozyona neden olurlar [Redman ve ark, 2003].

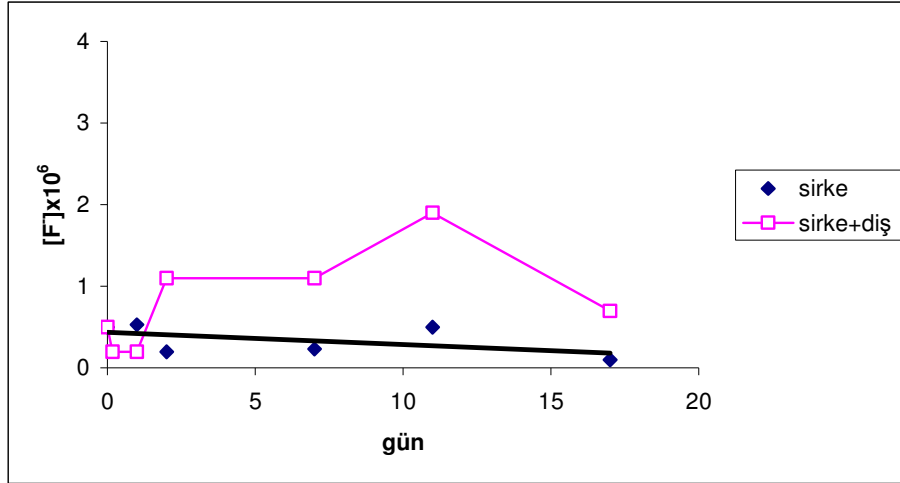
Sirkenin Diş Minesi Çözünürlüğüne Etkisi

Bu çalışmada dişler piyasada satılan sirke içinde, sirke seyreltilmeden bekletildi ve belirli zamanlarda alınan örneklerden standart ekleme yöntemi ile potansiyel değerleri okunarak çözeltideki florür konsantrasyonları hesaplandı (Çizelge 4.3). Numune hacimleri her örnek alımından sonra sirke ile 10mL'ye tamamlandı. Aynı ölçüm boş sirke çözeltisi için de yapıldı. Sirke için florür konsantrasyonu standart sapma değeri ile birlikte ortalama $(9,2 \pm 0,7) \times 10^{-5}$ M olarak bulundu. Sirke için pH=3 olarak ölçüldü.

Çizelge 4.3'de kısa sürede diş bulunduran sirke çözeltisinin F^- konsantrasyonu çözeltilere TISAB tamponu ilave edilerek ölçüldü. İlk anda florür konsantrasyonunun arttığı ve 80 dakikaya kadar artmaya devam ettiği görüldü. Florür konsantrasyonundaki artış diş minesindeki florürün çözünmesi nedeniyle gerçekleşmektedir. F^- derişiminin 80. dakikadan sonradan azalıyor görünmesinin nedeni çözelti hacminin örnek alımından sonra tekrar 10 mL'ye tamamlanması nedeniyle ortamın seyrelmesidir. Gerçekte florür miktarı azalmamış, seyrelme sonucu derişim azalmıştır. Sirke çözeltisi için kısa süre çalışmasının şekli Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11. Diş-sirke ortamında kısa sürede florür konsantrasyonu değişimi (1 diş, 2,15 g)



Şekil 4.12. Diş-sirke ortamında uzun sürede florür konsantrasyonu değişimi (2 diş, 1,48 g ve deney sayısı=2)

Sirke için 5 uzun süre çalışması yapıldı, hepsinde aynı eğilim görüldü ve birbirine yakın sonuçlar veren iki çalışmadan biri Şekil 4.12’de verildi. Burada florür konsantrasyonunun ilk 12 gün içinde 2×10^{-6} M’a kadar arttığı sonra 17. güne kadar azalarak 6×10^{-7} M’a düştüğü görülmektedir.

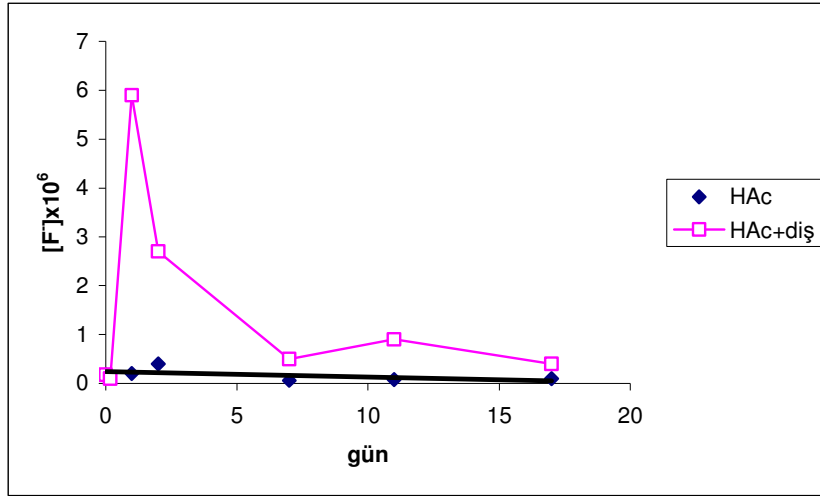
Sonuç olarak dişlerin bekletildiği sirke çözeltisinde florür konsantrasyonunun 12. güne kadar az bir miktar arttığı sonra azaldığı tespit edildi. Sirkede bekletilen dişlerin yüzeyi 4. günden sonra sarardığı için bir adsorplanma olduğu, bu durumda F^{-} ’ün çözünmesinin güçleştiği söylenebilir. Ayrıca sirkede uzun süre bekleyen dişlerin yüzeylerinde ise kristal birikintiler gözlemlendi.

Asetik Asidin Diş Minesi Çözünürlüğüne Etkisi

Bu çalışmada diş numuneleri 0,7 M pH=2,4 olan asetik asit içinde bekletildi ve belirli zamanlarda alınan örneklerden standart ekleme yöntemi ile potansiyel değerleri okunarak çözeltideki florür konsantrasyonları hesaplandı (Çizelge 4.3). Aynı ölçüm boş asetik asit için de yapıldı. Asetik asidin florür

konsantrasyonu standart sapma değeri ile birlikte ortalama $(1,79 \pm 1,2) \times 10^{-7} \text{ M}$ olarak bulundu.

Çizelge 4.3'de kısa sürede diş bulunduran asetik asit çözeltisinin F^- konsantrasyonunda belirgin bir değişme olmadığı görüldü. Bu nedenle asetik asit çözeltisi için kısa süre çalışmasının şekli ayrıca verilmedi.



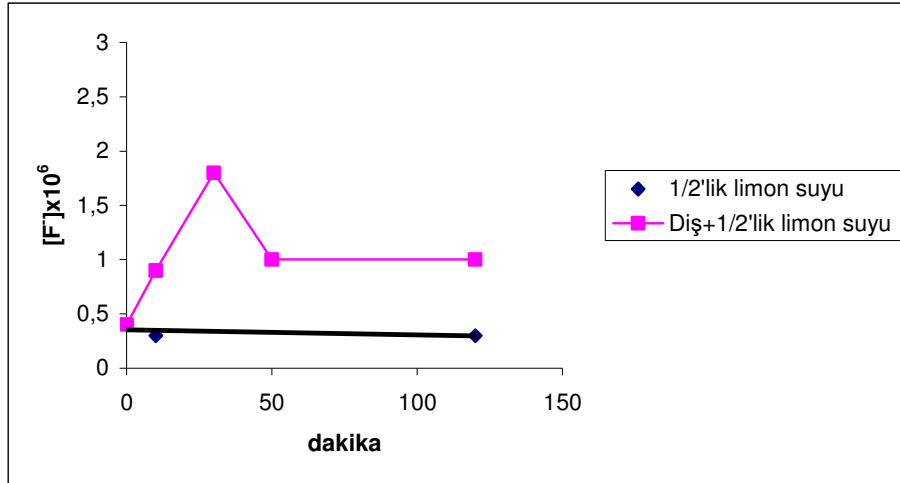
Şekil 4.13. Diş-asetik asit ortamında florür konsantrasyonu değişimi (2 diş, 2,34 g deney sayısı=3)

HAc ile ilgili 5 çalışma yapılmış olmasına ve benzer eğilimler gözlenmiş olmasına rağmen sonuçları birbirine çok yakın çıkan 3 deneyden biri Şekil 4.13'de verildi. Buna göre ilk 1 günde florür derişiminin artarak $6 \times 10^{-6} \text{ M}$ olduğu görüldü. 1. günden sonra azalarak sabitlendiği tespit edildi. Diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar alındı.

Çalışmalarda dişin HAc'de 20-30 gün bekletilmesi sonucu apatit yapısının bozulmasından kaynaklanan büyük bir artış gözlemlendi ve dişin macun kıvamında yumuşadığı tespit edildi. Bütün çalışmalarda kullanılan dişlerin bir kısmının ufalanarak tüp içinde dağıldığı gözlemlendi.

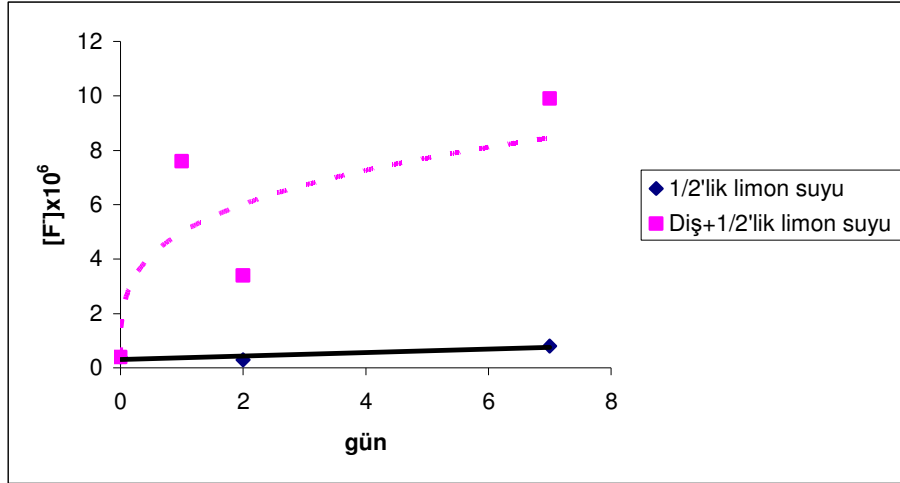
Limon Suyunun Diş Minesi Çözünürlüğüne Etkisi

Bu çalışmada diş numuneleri 10mL hacimce 1/10(limon/su)'luk ve 1/2(limon/su)'lik limon suyu pH=2 çözeltileri içinde bekletildi, belirli zamanlarda alınan örneklerden standart ekleme yöntemi ile potansiyel değerleri okunarak çözeltideki florür konsantrasyonları hesaplandı (Çizelge 4.3). Aynı ölçüm boş limon suyu çözeltileri için de hesaplandı. Limon suyu için florür konsantrasyonu $(4,2 \pm 2,3) \times 10^{-7} \text{M}$ olarak bulundu. Limon suyu için pH=2 olarak ölçüldü.



Şekil 4.14. Kısa süre (0-120 dakika) 1/2 (limon/su)'luk limon suyu ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi (1 diş, 1,15 g ve deney sayısı=3)

Limon suyu ile ilgili 5 çalışma yapılmış olmasına ve benzer eğilimler gözlenmiş olmasına rağmen sonuçları birbirine çok yakın çıkan 2 deneyden biri Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'de verildi. Şekil 4.15'de ilk 1 günde florür derişiminin $8 \times 10^{-6} \text{M}$ 'a kadar yükseldiği ve bu değerde sabit kaldığı görüldü.



Şekil 4.15. Uzun süre (0 dakika-7 gün) 1/2 (limon/su)'lik limon suyu ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi

1/10 (limon/su)'luk limon suyu çözeltilerinin kullanıldığı diğer çalışmalarda florür derişiminin 3 saat içinde arttığı, 1 günden sonra da azaldığı ve sabitlendiği tespit edildi.

Sonuç olarak limon suyundaki diş minesinin ilk 4 saat içinde çözünerek demineralize olduğu ve remineralizasyonunun 2 gün ile 7 güne kadar sürdüğünü söyleyebiliriz. 4. günde limon suyu küflendiği için sonraki değerler dikkate alınmadı.

Kola, HAc, HCl, Limon Suyu ve Sirke Ortamlarında Bekleyen Dişlerin Çözeltilerindeki Florür Değişiminin Karşılaştırılması

Diş örnekleri bulunduran Kola, HAc, HCl, limon suyu ve sirke asidik çözeltilerinin günlere bağlı olarak değişen florür konsantrasyonu kıyaslandığında, kısa sürede (0-130 dakika) en fazla çözünmenin HCl ortamında olduğu gözlemlendi (Şekil 4.16). Sirkenin başlangıçtaki florür derişimi çok büyük olduğu için şekile alınmadı. Buna göre HCl ile kıyaslandığında diğer ortamlarda florür çıkışı çok daha azdır. HCl çalışmasından sonra en

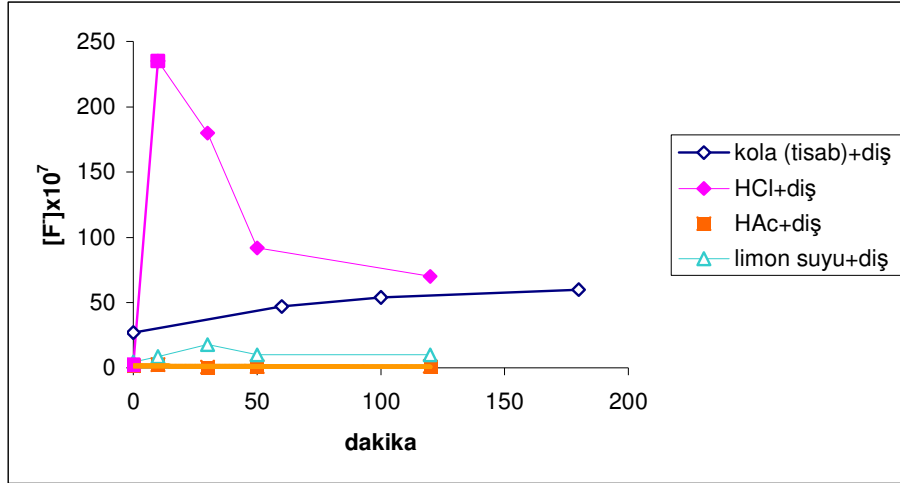
fazla çözünme kolada gözlemlendi. Limon suyu ve HAc ortamında ise diğer ortamlara göre önemli bir florür değişimi olmadığı tespit edildi.

Çizelge 4.3. Diş numunesi bulunduran HCl, HAc, kola, sirke ve limon suyu çözeltileri için florür konsantrasyonu değişimi

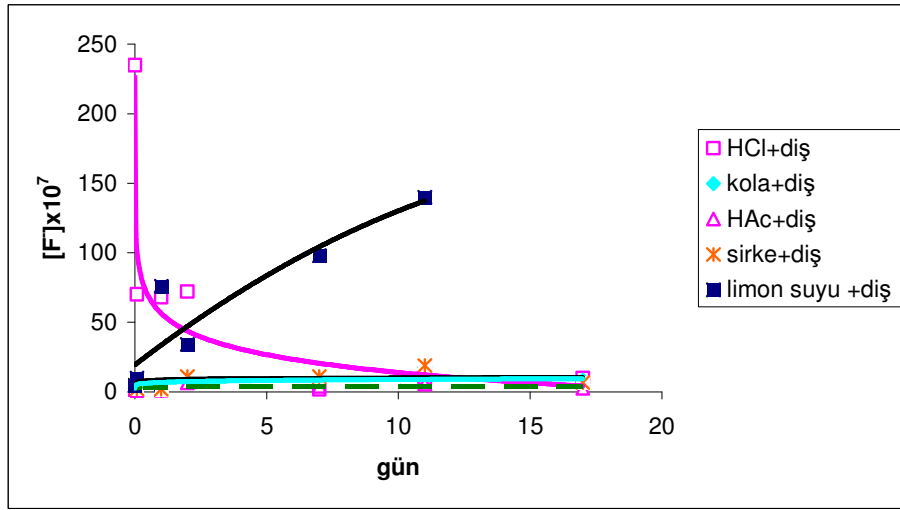
Zaman	[F] mol/L						
	1Diş (1,43g) + HCl (1)	2Diş (2,34g) + HAc (2)	3Diş (4,17g) + Kola(1)	4Diş (2,58g)+ kola (TISAB) (1)	1Diş (2,15g) + sirke (TISAB) (1)	2Diş (1,48g) + sirke (1)	1Diş (1,15g) + 1/2 lik limon suyu(1)
0 dakika	$5,3 \times 10^{-8}$	$1,8 \times 10^{-7}$	$2,8 \times 10^{-7}$	$2,7 \times 10^{-6}$	$9,2 \times 10^{-5}$	$4,9 \times 10^{-7}$	$4,1 \times 10^{-7}$
10 dakika	$2,4 \times 10^{-5}$	-	-	-	-	$7,9 \times 10^{-7}$	$8,8 \times 10^{-7}$
20 dakika	-	$1,8 \times 10^{-7}$	-	-	$1,0 \times 10^{-4}$	-	-
30 dakika	$1,8 \times 10^{-5}$	-	-	-	-	$2,8 \times 10^{-7}$	$1,8 \times 10^{-6}$
40 dakika	-	$1,5 \times 10^{-7}$	$7,2 \times 10^{-7}$	-	-	-	-
50 dakika	$9,2 \times 10^{-6}$	-	-	-	$1,9 \times 10^{-4}$	$4,8 \times 10^{-7}$	$1,0 \times 10^{-6}$
60 dakika	-	$8,8 \times 10^{-8}$	$4,9 \times 10^{-7}$	$4,7 \times 10^{-6}$	-	-	-
80 dakika	-	-	-	-	$2,3 \times 10^{-4}$	-	-
120 dakika	$7,0 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^{-7}$	$6,5 \times 10^{-7}$	$5,4 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{-7}$	$1,0 \times 10^{-7}$
180 dakika	-	-	-	$6,0 \times 10^{-6}$	-	-	-
1 gün	$6,8 \times 10^{-6}$	$5,9 \times 10^{-6}$	$2,2 \times 10^{-6}$	-	-	$1,9 \times 10^{-7}$	$7,6 \times 10^{-6}$
2 gün	$7,3 \times 10^{-6}$	$2,7 \times 10^{-6}$	$1,3 \times 10^{-6}$	$5,6 \times 10^{-7}$	-	$1,1 \times 10^{-6}$	$3,4 \times 10^{-6}$
5 gün	-	-	-	$5,0 \times 10^{-7}$	-	-	-
7 gün	-	$5,3 \times 10^{-7}$	-	-	-	$1,1 \times 10^{-6}$	$9,9 \times 10^{-6}$
11 gün	$1,0 \times 10^{-6}$	$9,0 \times 10^{-7}$	$7,4 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-6}$	-	$1,9 \times 10^{-6}$	-
17 gün	$1,0 \times 10^{-6}$	$3,8 \times 10^{-7}$	$8,8 \times 10^{-7}$	-	-	$6,6 \times 10^{-7}$	-

(1) bekleme çözeltileri hacminin sabit tutulduğu örnekler

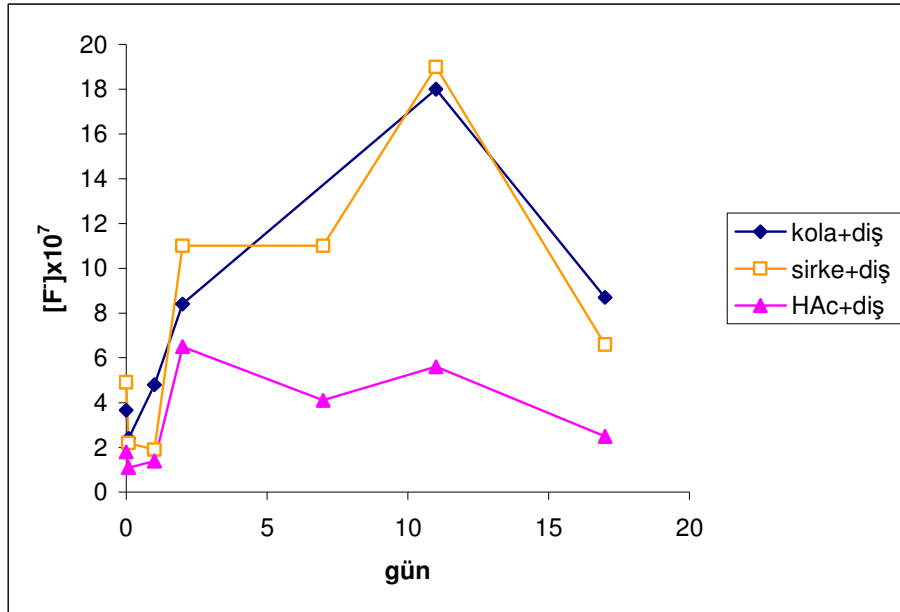
(2) bekleme çözeltileri hacminin azaldığı örnekler



Şekil 4.16. Kısa süre (0-120 dakika) kola, HCl, HAc ve limon suyu ortamlarında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi



Şekil 4.17. Uzun süre (0 dakika-18 gün) kola, HCl, HAc, limon suyu ve sirke ortamlarında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi



Şekil 4.18. Uzun süre (0 dakika-18 gün) kola, sirke, HAc ortamlarında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi

Uzun süre (0-18 gün) aralığı içinde değişimler kıyaslandı ve limon suyu ortamında F^- 'ün çözünmesinin devam ettiği, HCl ortamında florür konsantrasyonunun azaldığı (Şekil 4.17), diğer ortamlarda ise aşağı yukarı sabitlendiği gözlemlendi (Şekil 4.18). Bulunan bu sonuç da literatürle uyumludur. Meurman ve arkadaşları, dişlerde asitlere bağlı erozyonun içeceklerin pH'larıyla ilişkili olduğunu ve sitrik asitli içeceklerin diğer asitleri içerenlerden daha çok erozyon yapıcı özelliğe sahip olduğunu bildirmiştir.

Bu çalışmalara göre kısa süre içinde en yüksek F^- çözünmesi sirke ortamında, sonra HCl'dedir. Uzun sürelerde ise bu sıralamanın limon suyu, sirke, kola ve HAc olarak değiştiği tespit edildi.

Doygun Şekerli Su, Siyah Çay ve Nane Çayının Diş Minesinin Çözünürlüğüne Etkisi

Bu çalışmada diş numuneleri doymuş şekerli saf su, siyah çay ve nane çayı çözeltileri içinde bekletildi, belirli zamanlarda ölçümler alındı. Florür

konsantrasyonları hesaplandı. Aynı ölçüm boş; diş bulunmayan doygun şekerli su, siyah çay ve nane çayı çözeltileri için de yapıldı. Bulunan florür değerleri Çizelge 4.4'da verilmiştir.

Çizelge 4.4. Diş numunesi bulunduran nane çayı, siyah çay ve şekerli su çözeltileri için florür konsantrasyonu değişimi

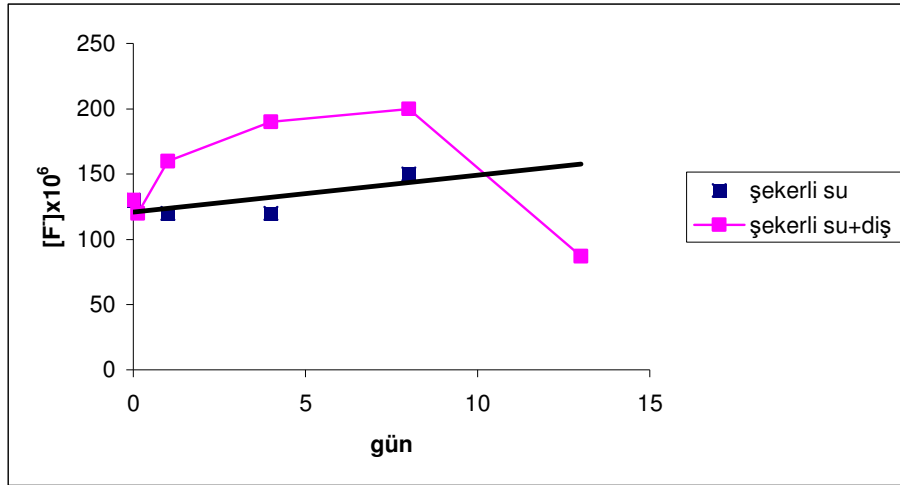
Zaman	[F-] mol/L			
	Nane çayı + 1diş (2,09 g) (1)	Siyah çay+2diş (2,09 g) (2)	Siyah çay+1diş (2,45 g) (1)	Şekerli su +2diş (1,96 g) (2)
0 dakika	$1,7 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-4}$	$4,8 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-4}$
10 dakika	$1,2 \times 10^{-6}$	-	-	-
20 dakika	-	-	-	-
30 dakika	$1,4 \times 10^{-6}$	-	$2,1 \times 10^{-4}$	-
40 dakika	-	-	-	-
50 dakika	$2,9 \times 10^{-6}$	-	$5,8 \times 10^{-4}$	-
80 dakika	-	-	$5,4 \times 10^{-5}$	-
120 dakika	-	-	$4,8 \times 10^{-4}$	-
3 saat	-	$1,1 \times 10^{-4}$	-	$1,2 \times 10^{-4}$
1 gün	$1,9 \times 10^{-6}$	-	-	$1,6 \times 10^{-4}$
2 gün	$8,3 \times 10^{-7}$	-	-	-
4 gün	-	$1,1 \times 10^{-4}$	-	$1,9 \times 10^{-4}$
7 gün	$1,5 \times 10^{-6}$	-	-	-
8 gün	-	$4,2 \times 10^{-4}$	-	$2,0 \times 10^{-4}$
10 gün	-	-	-	$4,8 \times 10^{-5}$
11 gün	$1,2 \times 10^{-6}$	-	-	-
13 gün	-	-	-	$8,7 \times 10^{-5}$
17 gün	$1,4 \times 10^{-6}$	-	-	-

(1)bekleme çözeltileri hacminin sabit tutulduğu örnekler

(2)bekleme çözeltileri hacminin azaldığı örnekler

Doygun şekerli suda bekletilen diş için elde edilen veriler

Şekerli su için florür konsantrasyonu $(1,3 \pm 0,2) \times 10^{-4}$ M olarak bulundu.

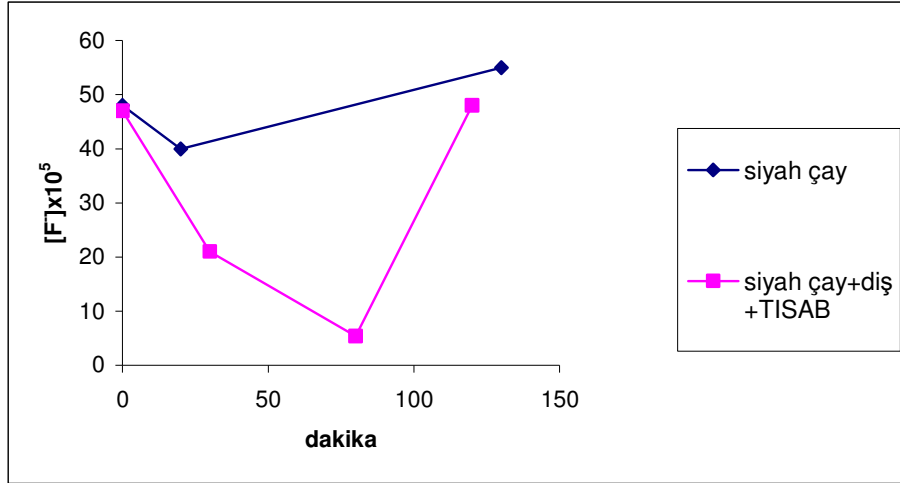


Şekil 4.19. Uzun süre (0 dakika-8 gün) şekerli su ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi

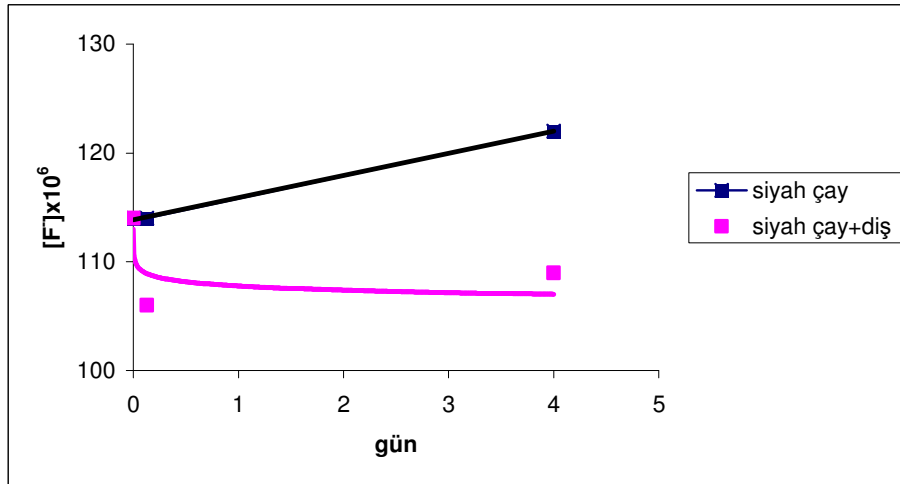
Şekil 4.19'da diş+şekerli sudaki florür derişiminin her ölçümde şekerli suyun florür derişiminden fazla olduğu görülmektedir. Buna göre şekerli suda bulunan dişden 8. güne kadar demineralizasyon nedeniyle ortama florür geçişi olduğu 8. günden 13. güne kadar ise remineralizasyonun gerçekleşmesiyle ortamdaki florürün bir kısmının dişe geri döndüğü söylenebilir. Şekerli suyla ilgili 3 çalışma yapıldı. Çalışmalarda benzer eğilim gözlemlendi.

Siyah çay çözeltilisinde bekletilen diş için elde edilen veriler

Siyah çay çözeltisi için florür konsantrasyonu (3 lipton demlik poşeti kullanıldığında) $(4,8 \pm 0,8) \times 10^{-4} \text{M}$ olarak bulundu. Bulunan florür değerleri Çizelge 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.20. Kısa süre (0-120 dakika) demlenmiş siyah çay ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi (deney sayısı=2)



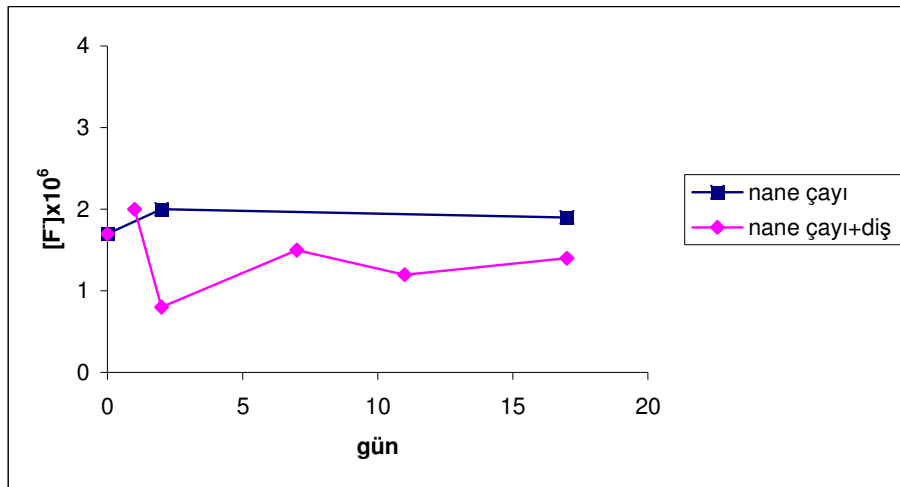
Şekil 4.21. Uzun süre (0 dakika-4 gün) demlenmiş siyah çay ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi (deney sayısı=3)

Şekil 4.20'de deney 70° sıcaklığında sabit tutulan çay çözeltisi ile yapıldı ve çözeltilere TISAB ilave edildi. Diş bulunan çay çözeltisindeki florür derişiminin, ilk 20 dakikada çay çözeltisinden az olduğu ve 80. dakikaya kadar azalmaya devam ettiği görüldü. Diş içeren çözeltide F^- konsantrasyonunun azalması, çözeltideki florürün dişin yapısına katıldığını göstermektedir. Deneyde kullanılan her 1mL'lik örneğin yerine çay çözeltisiyle hacim tamamlandığı için zamanla çözeltinin F^- derişimi tekrar çay

çözeltisinin derişimine yaklaşmıştır. şekil 4.21'deki başka bir çalışmada (1 lipton poşet çay kullanıldı) 3 saat içinde dişli çay çözeltisinin florür konsantrasyonunun azaldığı ve sonra sabitlendiğı görüldü. Çayda bekletilen dişlerin yüzeylerinin 1 günde siyahlaştığı görüldü. 3 gün sonunda çay çözeltisinde kararma ve bulanıklaşma gözlendi. Çay çözeltisi 4. günde bozulduğı için bundan sonraki florür değerleri dikkate alınmadı.

Nane çayı çözeltisinde bekletilen diş için elde edilen veriler

Boş nane çayı için florür konsantrasyonu $(1,67 \pm 0,3) \times 10^{-6} \text{M}$ olarak bulundu.

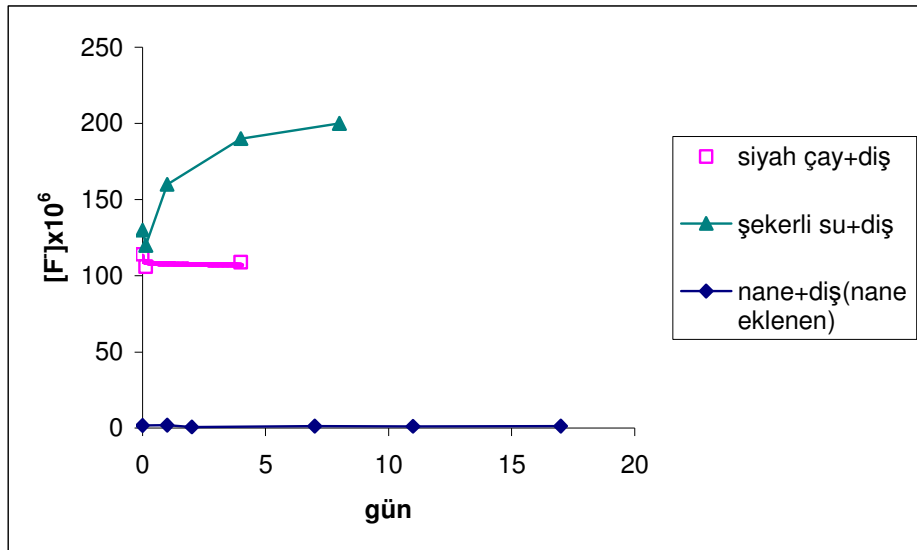


şekil 4.22. Uzun süre (0 dakika-17 gün) nane çayı ortamında bekleyen diş çözeltilerindeki florür değişimi (deney sayısı=2)

şekil 4.22'den de görüldüğü gibi bu ortamda bekleyen dişlerin çözeltilerindeki florür derişimi 0-17 gün aralığında $1,5 \times 10^{-6} \text{M}$ civarında sabitlendi. Bu çalışmalara göre nane çayı ortamında mine ve ortam arasında F^- alış verişinin dengede olduğunu söyleyebiliriz.

Siyah Çay, Nane Çayı ve Doygun Şekerli Su Ortamında Bekleyen Dişlerin Çözeltilerindeki Florür Değişiminin Karşılaştırılması

Şekerli su, siyah çay ve nane çayı ortamlarında bekleyen dişlerin çözeltilerindeki florür değişimi günlere bağlı olarak kıyaslandığında demineralizasyonun şekerli suda en fazla olduğu gözlemlendi. Diş bulunduran çay çözeltilisinde florür derişimi azalırken nane çayında bir değişim gözlenmedi (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Nane çayı, siyah çay ve şekerli su ortamlarındaki diş örneklerinin 0-17 gün arası florür değişimi

Florür Çözeltilerinde Bekletilen Diş İçin Elde Edilen Sonuçlar

Bu çalışmada diş numuneleri sentetik 1×10^{-5} , 1×10^{-4} M F^- çözeltilerinde ve %0,32 NaF içeren diş macunundan hazırlanan 1×10^{-4} , 1×10^{-3} , 1×10^{-2} M F^- çözeltilerinde bekletildi, belirli zamanlarda ölçümler yapıldı. Florür konsantrasyonları hesaplandı. Aynı ölçümler diş örnekleri içermeyen 1×10^{-5} , 1×10^{-4} M F^- çözeltileri ve 1×10^{-4} , 1×10^{-3} , 1×10^{-2} M F^- içeren diş macunu çözeltileri ile de yapıldı. Bulunan florür değerleri Çizelge 4.5'de verilmiştir.

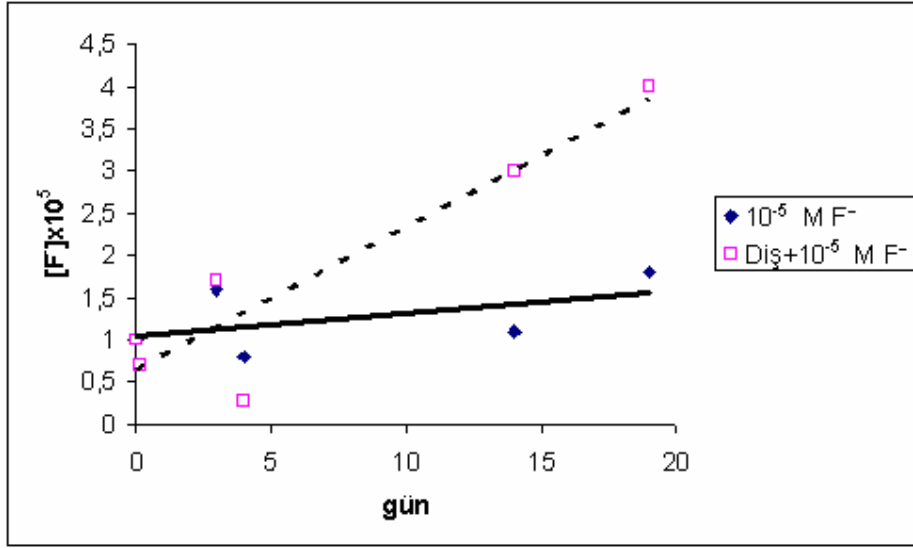
Çizelge 4.5. Diş numunesi bulunduran 1×10^{-4} , 1×10^{-5} M KF çözeltileri ile 1×10^{-2} , 1×10^{-3} ve 1×10^{-4} M F^- içeren diş macunu çözeltilerinin florür konsantrasyonu değişimi

Zaman	[F ⁻] mol/L				
	3Diş (6,38 g) + diş macunu (1×10^{-2} M F^-)	1Diş (1,93 g) + diş macunu (1×10^{-3} M F^-)	3Diş (2,89 g) + diş macunu (1×10^{-4} M F^-)	1Diş (1,53g) + F^- (1×10^{-4} M)	1Diş (1,15g) + F^- (1×10^{-5} M)
0 dakika	8×10^{-3}	$1,0 \times 10^{-3}$	4×10^{-5}	$8,6 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-5}$
20 dakika	$5,0 \times 10^{-3}$	-	$1,7 \times 10^{-5}$	-	-
50 dakika	$7,3 \times 10^{-3}$	-	$2,5 \times 10^{-5}$	-	-
110 dakika	$6,4 \times 10^{-3}$	-	-	-	-
120 dakika	-	-	$1,5 \times 10^{-5}$	-	-
240 dakika	-	-	-	$4,4 \times 10^{-5}$	$7,0 \times 10^{-6}$
1 gün	-	$8,1 \times 10^{-4}$	-	-	-
2 gün	$3,1 \times 10^{-3}$	$3,6 \times 10^{-4}$	$1,8 \times 10^{-5}$	-	-
3 gün	-	-	-	$5,7 \times 10^{-5}$	$1,7 \times 10^{-5}$
4 gün	-	$3,0 \times 10^{-4}$	-	-	$2,7 \times 10^{-6}$
5 gün	$1,4 \times 10^{-3}$	-	-	-	-
6 gün	-	-	$5,6 \times 10^{-6}$	-	-
10 gün	$6,9 \times 10^{-4}$	-	$3,3 \times 10^{-6}$	-	-
14 gün	-	-	-	$1,0 \times 10^{-4}$	$3,0 \times 10^{-5}$
15 gün	-	$2,0 \times 10^{-4}$	-	-	-
19 gün	-	-	-	$3,6 \times 10^{-5}$	$4,0 \times 10^{-5}$
23 gün	-	$1,9 \times 10^{-4}$	-	-	-

Sentetik florür çözeltisinde bekletilen diş için elde edilen sonuçlar

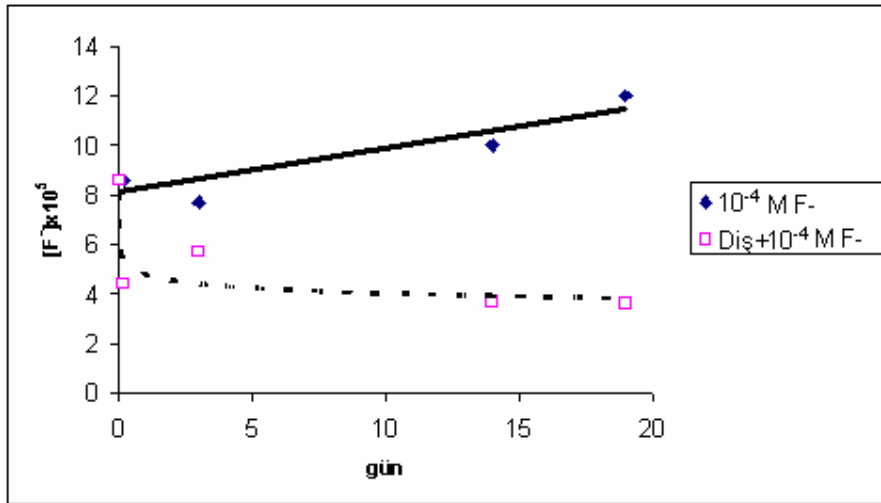
Bu çalışmalarda dişler laboratuarda KF kullanılarak hazırlanan 1×10^{-5} ve 1×10^{-4} M F^- çözeltilerinde bekletildi ve günlere bağlı olarak çözeltilerdeki F^- derişimi Bölüm 3.10'da anlatıldığı gibi tespit edildi.

1×10^{-5} M F^- ortamındaki çalışma sonuçları Çizelge 4.5 ve Şekil 4.24'de, 1×10^{-4} M F^- ortamındaki çalışmalar ise Şekil 4.25'de verilmiştir.



Şekil 4.24. Diş+ 1×10^{-5} M florür çözeltisi ortamında florür konsantrasyonu değişimi (deney sayısı=2)

Şekil 4.24'den diş bulunduran 1×10^{-5} M F^- çözeltilerinde florür konsantrasyonunun düzenli bir şekilde arttığı ve 20. günde 4×10^{-5} M'a ulaştığı gözlemlendi.

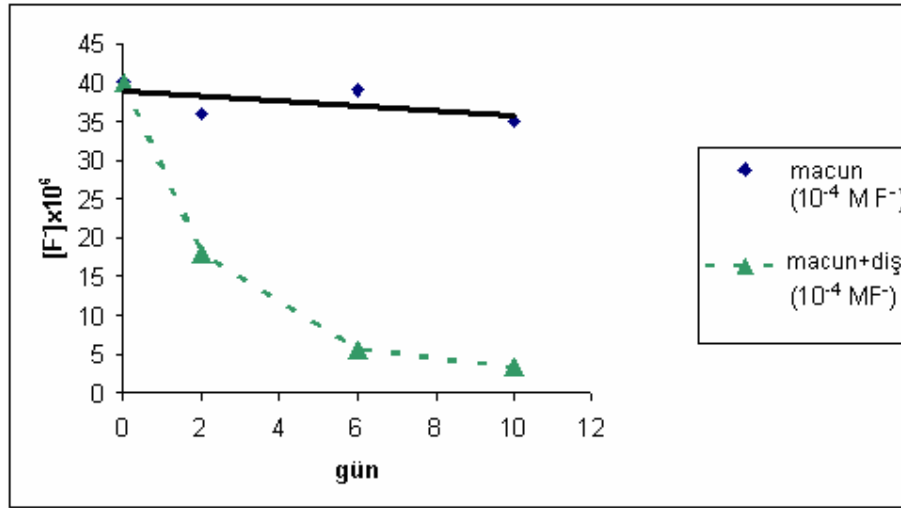


Şekil 4.25. Diş+ 1×10^{-4} M florür çözeltisi ortamında uzun sürede (0-20 gün) florür konsantrasyonu değişimi (deney sayısı=2)

Şekil 4.25'den diş bulunduran 1×10^{-4} M F^- çözeltilerinde florür konsantrasyonunun 19 gün içerisinde azaldığı ve sabitlendiği gözlemlendi.

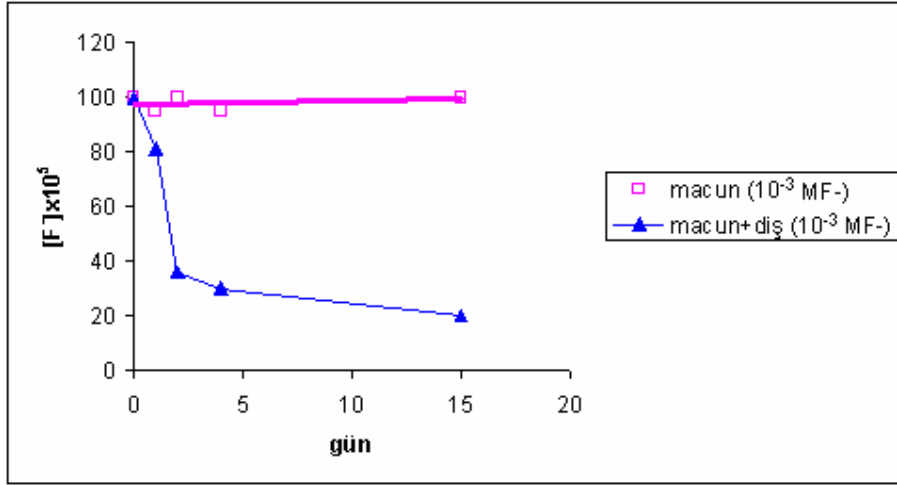
Diş macunu çözeltilerinde bekletilen dişler için elde edilen sonuçlar

Bu çalışmada diş numuneleri yaklaşık 1×10^{-4} M, 1×10^{-3} M ve 1×10^{-2} M florür içeren diş macunu çözeltileri içinde bekletildi, belirli zamanlarda ölçümler yapıldı. Florür konsantrasyonları hesaplandı. Ölçümler diş numunesi içermeyen aynı 1×10^{-4} M, 1×10^{-3} M ve 1×10^{-2} M florürlü diş macunu çözeltileri ile de yapıldı.



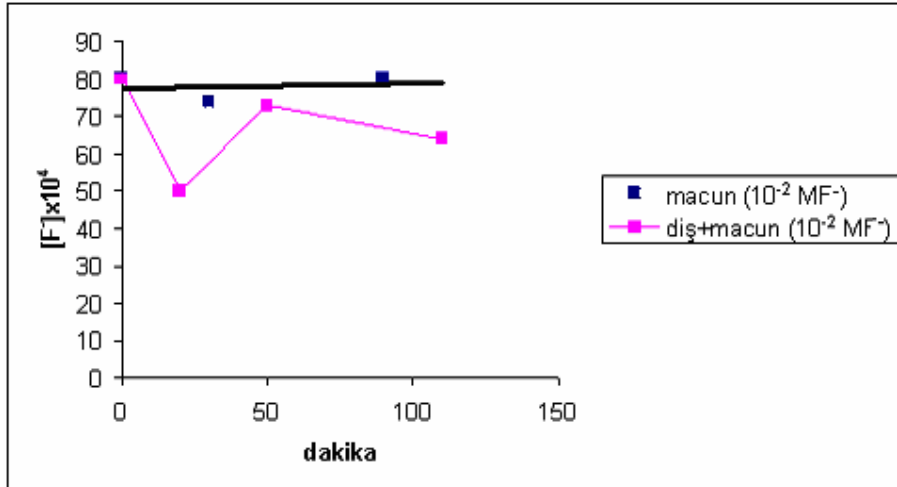
Şekil 4.26. Diş+ 1×10^{-4} M florür içeren diş macunu çözeltisi ortamında florür konsantrasyonu değişimi (deney sayısı=3)

Şekil 4.26'de diş ve 1×10^{-4} M florür içeren diş macunu çözeltisinde 6 günde florür derişiminde azalma olmuş ve 6-10 gün arasında yaklaşık 3×10^{-6} M da sabit kalmıştır. Tekrar çalışmalarda da aynı şekilde florür konsantrasyonunda azalma gözlenmiş ve konsantrasyon 4×10^{-5} M dan 3×10^{-6} ya kadar düşmüştür. Çözeltiden kaybolan florürün diş minesi tarafından tutulduğu söylenebilir.

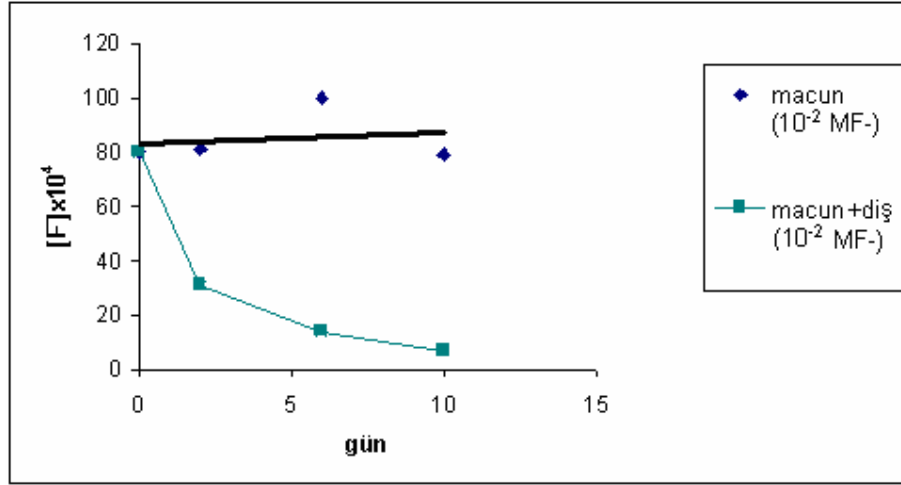


Şekil 4.27. Diş+ 1×10^{-3} M florür içeren diş macunu çözeltileri ortamında florür konsantrasyonu değişimi (deney sayısı=2)

Şekil 4.27'de diş ve 1×10^{-3} M florür içeren diş macunu çözeltilerinde florür derişiminin 0-15 gün içerisinde düzenli bir şekilde yaklaşık 2×10^{-4} M'a kadar azaldığı tespit edildi.



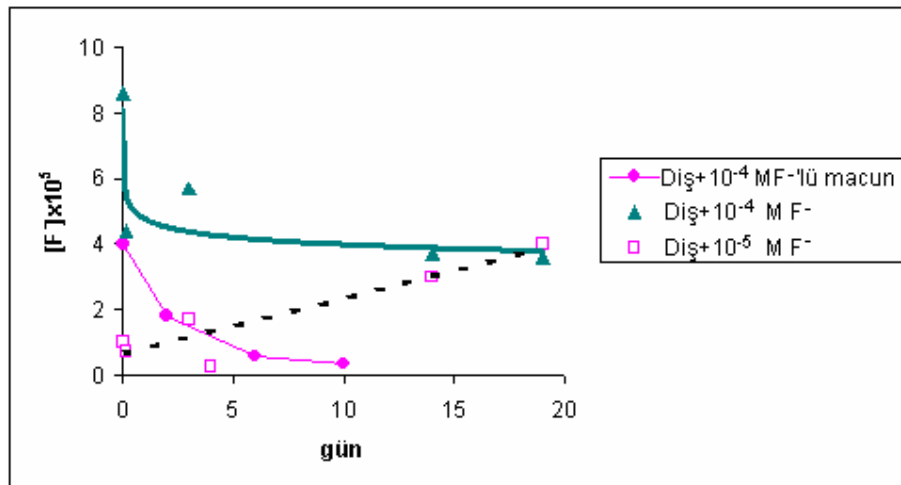
Şekil 4.28. Diş+ 1×10^{-2} M florür içeren diş macunu çözeltisi ortamında kısa sürede (0-110 dakika) florür konsantrasyonu değişimi (deney sayısı=3)



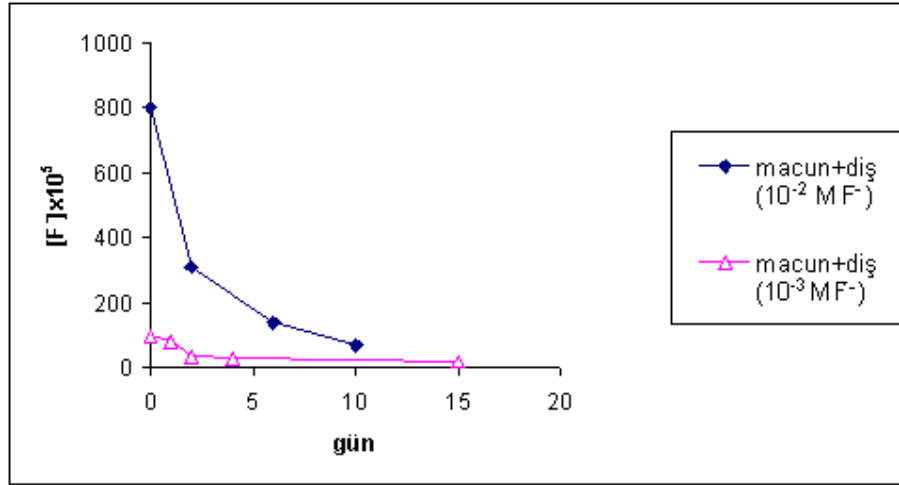
Şekil 4.29. Diş+ 1×10^{-2} M florür içeren diş macunu çözeltisi ortamında florür konsantrasyonu değişimi

Diş+ 1×10^{-2} M florür içeren diş macunu çözeltisinde Şekil 4.29'da görüldüğü gibi 2 saat içinde florür derişiminde yaklaşık 8×10^{-3} M'dan 6×10^{-3} M'a bir azalma gözlemlendi. 0-10 gün aralığındaki değişime bakıldığında diş bulunan çözeltilerdeki florür derişimi yaklaşık 10^{-3} M'a azaldı (Şekil 4.29).

Farklı florür derişimine sahip sentetik ve diş macunu ortamlarında bekletilen dişlerin F^- sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 4.30. Diş+ 1×10^{-5} M F^- (sentetik), diş+ 1×10^{-4} M F^- (sentetik) ve diş+ 1×10^{-4} M F^- (macun) çözeltilerindeki florür konsantrasyonunun değişimi



Şekil 4.31. Diş bulunduran 1×10^{-2} M ve 1×10^{-3} M florür içeren diş macunu çözeltisi ortamlarında florür konsantrasyonu değişimi (deney sayısı=2)

Şekil 4.30'da görüldüğü gibi 1×10^{-4} M F^- içeren sentetik ve diş macunu ortamlarında bekleyen dişlerin çözeltilerindeki florür değişimi azalma yönünde aynı eğilimi gösterdi. Sentetik çözeltide F^- konsantrasyonu 5. günden sonra 4×10^{-5} M civarında sabitlenirken, diş macunu ortamında da yine 10^{-5} M da sabitlendi. 1×10^{-5} M sentetik çözeltilerinde 17. güne kadar bir artış gözlemlendi ve derişim 4×10^{-5} M'a yaklaştı.

Şekil 4.31'de 10^{-2} M ve 10^{-3} M F^- içeren diş macunu ortamlarında 10^{-2} M'da florür derişimindeki azalma 10^{-3} M'a göre daha hızlı olduğu ve 5 günde 10^{-2} M F^- çözeltisindeki florür konsantrasyonunun 8×10^{-3} M'dan 1×10^{-3} M'a değiştiği tespit edildi. 10^{-3} M ortamındaki azalma Şekil 4.3.1'de açıkça görülmektedir.

Bu çalışma sonuçlarına göre mine ve ortam arasında 10^{-4} M- 10^{-5} M F^- konsantrasyonlarında bir denge kurulduğu ve bu civarda F^- konsantrasyonu değişiminin dişin yapısına bağlı olarak hemen hemen sabit kaldığı söylenebilir.

5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yaptığımız bu çalışmaları özetleyecek olursak, şu sonuçlar elde edilmiştir:

Orion marka florür elektrotla pH:3-11 aralığında rahatlıkla çalışılabileceği tespit edildi.

Yapılan ölçümlerde, plastik tüplerde bekletilen 10^{-5} M ve 10^{-4} M florür çözeltilerinin konsantrasyonlarının 30 gün içinde değişmediği tespit edildi. Günlük hazırlanan çözeltilerle aralarında belirgin bir fark olmadı. Buna göre çözeltilerin en fazla 30 gün bekletilmesine karar verildi.

Saf suyun florür konsantrasyonu $(2,4 \pm 1) \times 10^{-8}$ M olarak bulundu. Diş, saf su içinde bekletildiğinde, 10 gün içinde diş minesindeki florürün az bir kısmının saf suya geçtiği ve derişimin yaklaşık 1×10^{-6} M civarında sabit kaldığı görüldü.

Derişik HCl için florür konsantrasyonu $(5,3 \pm 2,6) \times 10^{-8}$ olarak bulundu. Diş, 0,12 M HCl çözeltisinde bekletildiğinde ilk 4 saatte çözeltide florür konsantrasyonunun 8×10^{-6} M'a kadar çıktığı gözlemlendi. Bu değer HCl için bulunan F^{-} konsantrasyonunun yüz katıdır.

Kolanın florür konsantrasyonu $(2,8 \pm 2) \times 10^{-7}$ M olarak bulundu. Diş, kola içinde bekletildiğinde ilk anda florürün diştten çözeltiye geçtiği ve 5 gün içinde azalarak kolanın derişimine yaklaştığı görülmüştür. 3. gün sonunda kolada bekleyen dişlerin köklerinde bir kararma gözlemlendi. Buna göre florürle beraber başka maddelerin de dişe adsorbe olduğu düşünöldü.

TISAB çözeltisi kolada blunabilecek Fe^{3+} ve Al^{3+} gibi iyonlarla florürün kompleks yapmasını önlemek amacıyla çalışmamızda kullanıldı. TISAB çözeltisi ayrıca ortamın pH'ını sabitleyen bir tampon çözelti olarak da kullanılmaktadır. TISAB'ın kullanıldığı çözeltilerde F^{-} konsantrasyonunun,

TISAB'ın kullanılmadığı çözeltilere kıyasla daha fazla olması, cola ortamında Al^{+3} ve Fe^{+3} olabileceğini düşündürdü ve cola ortamının etkisi ile ilgili değerlendirme TISAB'lı çözeltilere göre yapıldı.

Sirke için florür konsantrasyonu $(9,2 \pm 0,7) \times 10^{-5}$ olarak bulundu. Kısa süre çalışmasında bekleyen çözelti ortamına dıştan florür salındığı, çözeltideki florür derişiminin $2,5 \times 10^{-4}$ 'e kadar yükseldiği gözlemlendi. Dış, sirkede uzun süre bekletildiğinde; 10 gün florür konsantrasyonunun yükseldiği sonra azalarak sabitlendiği görüldü.

Asetik asit için florür konsantrasyonu $(1,79 \pm 1,2) \times 10^{-7}$ olarak bulundu. Dış asetik asit içinde bekletildiğinde; ilk anda florür konsantrasyonunun arttığı sonra azalarak sabit kaldığı görüldü. HAc'de bekletilen dişlerin yumuşadığı ve kristaller halinde dağıldığı görüldü. 10. günde florür konsantrasyonundaki artışın nedeni, diş apatit yapısındaki florürün çözeltiye geçmesi olabilir.

Limon suyu için florür konsantrasyonu $(4,2 \pm 2,3) \times 10^{-7}$ olarak bulundu. Dış, limon suyunda bekletildiğinde; diş minesinin ilk 2 gün içinde demineralize olduğu ve 4 güne kadar da remineralizasyonunun sürdüğü görüldü. Diğer çalışmalarda 1/10 luk çözeltide 4 saatte çözeltideki florür konsantrasyonu 10^{-4} M olurken, 1/2 lik çözeltide florür konsantrasyonunun bu değere çıkması bir günde olmuştur. 4. günde limon suyunun küflenmesi nedeniyle sonrası için yorum yapılamaz.

Yaptığımız çalışmada ortamlar kıyaslandığında diş örneği bulunan çözeltiye kısa sürede en fazla florür iyonu HCl+diş ortamında geçmiştir. Diş minesini kısa sürede en etkili demineralize eden ortam HCl çözeltisidir. Kısa sürede diş e etk eden diğer asitli ortamlar sırasıyla kola, limon suyu ve HAc'dir. Bu sonuç literatürle de uyumludur. İnorganik asitler dişlerde hızlı demineralizasyona, organik asitler yavaş demineralizasyona neden olmaktadır [Güngör, 1998].

Yine asitli ortamlar kıyaslandığında diş örneği bulunan çözeltiye uzun sürede en fazla florür iyonu limon suyu+diş ortamında geçmiştir. Diş minesini uzun sürede en etkili demineralize eden ortam limon suyu çözeltisidir. Uzun sürede dişe etki eden diğer asitli ortamlar sırasıyla HCl, kola, sirke ve HAc'dir. Bulunan bu sonuç da literatürle uyumludur Meurman ve ark. dişlerde asitlere bağlı erozyonun içeceklerin pH larıyla ilişkili olduğunu ve sitrik asitli içeceklerin diğer asitleri içerenlerden daha çok erozyon yapıcı özelliğe sahip olduğunu bildirmiştir

Şekerli su için florür konsantrasyonu $(5,78 \pm 2,2) \times 10^{-7}$ M olarak bulundu. Diş içeren şekerli sudaki florür derişiminin kısa süredeki ölçümlerde arttığı görülmektedir. Buna göre şekerli suda diş minesinin çözündüğü söylenebilir. Bu artış 8 gün devam etmekte 8. günden sonra diş numunesi bulunduran çözeltideki florür derişiminde tekrar bir azalma olmaktadır.

Siyah çay çözeltisi için florür konsantrasyonu $(4,8 \pm 0,8) \times 10^{-4}$ olarak bulundu. Kısa sürede diş bulunan çözeltide florür derişiminin, 1 saat içinde azalmaya devam ettiği ve sonra arttığı gözlemlendi. Artış çay ilave edilmesinden oldu. Uzun sürede 1 günde çaydan dişe florür geçişi olmuş gibi görülmektedir. Çözeltideki florürün diş minesine geçtiği ve numune bulunduran çözeltilerdeki florür derişiminin azaldığı söylenebilir. Buna göre siyah çay içmek diş sağlığına yararlıdır denilebilir.

Nane çayı çözeltisi için florür konsantrasyonu $(1,67 \pm 0,3) \times 10^{-6}$ olarak bulundu. Nane içindeki eterik yağlar (özellikle menthon, menthol ve tanen) bakımından önemli bir bitkidir. İlaç, ciklet ve parfüm sanayisinde geniş alanda kullanılır. Koli, dizanteri, veba mikrobuna karşı vücudu koruyan antiseptik özelliği vardır [Öztürk ve Görk, 1978]. Nane çayının diş minesini çözmediği tespit edildi.

Diş bulunduran 10^{-5} M florür çözeltisinde florür konsantrasyonunun, 10^{-5} M florür çözeltisinden fazla olduğu, 20. günde $2,5 \times 10^{-5}$ e ulaştığı tespit edilmiştir. 10^{-5} M florür bulunduran çözeltilerle yaptığımız çalışmalarda dişe

ortam arasındaki florür geçişi çok az olmuştur. Bu nedenle 10^{-5} M florür bulunduran ortamda mine yüzeyindeki florürle ortam florürü arasında bir denge olduğunu söyleyebiliriz. Florür giriş çıkışını tersinir bir reaksiyon olarak düşünersek, 10^{-5} M florür derişiminin her iki yöndeki reaksiyon hızının eşit olduğu denge derişimi olduğu kabul edilebilir.

Diş bulunduran 10^{-4} M florür çözeltisinde florür konsantrasyonunun ilk gün düzenli bir şekilde azaldığı ve dişin yapısına göre $(3-6) \times 10^{-5}$ de sabit kaldığı görüldü.

Diş ve 10^{-4} M florür içeren macun çözeltisinde 2. günde florür derişiminde azalma olmuş ve yaklaşık 8×10^{-5} M da sabit kalmıştır.

Diş ve 10^{-3} M florür içeren macun çözeltisinde ilk 4 günde florür derişiminde azalma olmuş, florür konsantrasyonu yaklaşık 2×10^{-4} M da sabit kalmıştır. Diş ve 10^{-2} M florür içeren macun çözeltisinde ilk 3 günde florür derişiminde azalma olmuş, florür konsantrasyonu yaklaşık 2×10^{-3} M da sabit kalmıştır.

Çalışmalar sonucunda diş minesinin, florür konsantrasyonu 10^{-5} M ve altındaki çözücülerde çözünerek ortama florür geçmesine neden olduğu, daha sonra florürün tekrar diş minesinin yapısına katıldığı tespit edildi.

Florür konsantrasyonu 10^{-4} M olan çözücülerde, diş minesini tarafından florürün çok azı tutularak ortamdaki florür konsantrasyonunun yine yakın bir değerde 4×10^{-5} sabit kaldığı görüldü. Florür konsantrasyonu 10^{-4} M ın üstündeki çözücülerde diş minesini tarafından florür konsantrasyonunun 4/5'i remineralize olarak 10^{-3} M lık çözelti konsantrasyonunun 2×10^{-4} 'e, 10^{-2} M lık çözelti konsantrasyonunun 2×10^{-3} 'e düştüğü tespit edildi.

KAYNAKLAR

Anderson, R. J., Bradnock, G., Beal, J. F., James, P. M.C., "The reduction of dental caries prevalence in English schoolchildren", **J. Dent. Res.**, 61: 1311-1316 (1982).

Arai, K., Kato, K., Nakagaki, H., Toyama, A., Nagai, N., Noguchi, T., et al, "Fluoride profiles in dental plaque in vivo formed on fluoride pre-treated human-enamel", **Caries Res.**, 34: 254-259 (2000).

Arends J, Christoffersen J. "Nature and role of loosely bound fluoride in dental caries", **J Dent Res.**, 69: 601-605 (1990).

Arends, J., Christoffersen, J., Ruben, J., Jongebloed, W. L., "Remineralization of bovine dentine in vitro", **Caries Res.**, 23: 309-314 (1989).

Arends, J., Christofferson, J., "Influence of xylitol on demineralization of enamel", **Caries Res.**, 18: 296-301 (1984).

Arends, J., Smiths, M., "Combined effect of xylitol and fluoride on enamel demineralization in vitro", **Caries Res.**, 24:256-267 (1990).

Bar, A., "Caries prevention with xylitol, world", **Rev. Nutr. Diet**, 55: 183-209 (1988).

Bawden, J. W., Deaton, T. G., Crawford, B. P., "Fluoride and calcium content of enamel organ, muscle, liver and plasma in rats", **Caries Res.**, 26: 263-267 (1992).

Bayırlı, G. S., Şirin, Ş., "Konservatif diş tedavisi", **Demet Ofset Baskı**, İstanbul, 269-345 (1982).

Baysan, A., Lynch, E., "Asitli içeceklerin diş yüzeyinin aşınmasına etkisi", **S. Ü. Dişhekimlik Fakültesi Dergisi**, 11: 90-93 (2001).

Bellack, E., Schouboe, P. J., "Rapid photometric determination of fluoride in water", **Anal. Chem.**, 12 (30): 2032-2034 (1958).

Beyhan, M., "Atık çamurlar ve doğal malzemeler ile sulardan florür iyonu gideriminin araştırılması", Doktora tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 7-10 (2003).

Black, S. A., Matthews, G. P., "Colorimetric and Chromatographic determination of total fluoride in toothpastes containing ionic and covalent fluoride", **Anal. Proceed**, 26: 67-69 (1989).

Bowden, G. H. W., "Effects of fluoride on the microbial ecology of dental plaque", **J. Dent. Res.**, 69: 653-659 (1990).

Bowen, W. H., "Caries prevention-fluoride: reaction paper", **Adv. Dent. Res.**, 5: 46-49 (1991).

Brambilla, E., Gagliani, M., Felloni, A., Garcia-Godoy, F., "Caries preventive effect of topical amin fluoride in children with high and low salivary levels of mutans streptococci", **Caries Res.**, 33: 423-427 (1999).

Briner, W. W., Rosen, R., "Effect of fluoride on hypomineralized areas in the molars o rats fed a cariogenic diet", **Arch. Oral. Biol.**, 12: 1077-1084 (1967).

Büyükyılmaz, T., Ogaard, B., Rolla, G., "The resistance of titanium tetra fluoride treated human enamel to strong hydrochloric acid", **Eur. J. Oral Sci.**, 105: 473-477 (1997).

Calkins, R. C., "Determination of macro amounts of fluoride by steam distillation and high-frequency titration", **Anal. Chem.**, 34(7): 840-873 (1962).

Chow, L. C., "Tooth bound fluoride and dental caries" **J. Dent. Res.**, 69: 595-600 (1990).

Chow, L. C., Takagi, S., "Deposition of fluoride on tooth surfaces by a two solution mouthrinse in vitro", **Caries Res.**, 25: 397-401 (1991).

Chow, L. C., Takagi, S., Carey, C. M., Sieck, B. A., "Remineralization effects of a two-solution fluoride mouthrinse:an in situ study", **J. Dent. Res.**, 79: 991-995 (2000).

Creanor, S. L., Strang, R., Gilmour, W. H., Foye, R. H., Brown, J., Geddes, D. A. M., et al, "The effect of chewing gum use on in situ enamel lesion remineralization" **J. Dent. Res.**, 71: 1895-1900 (1992).

Creanor, S. L., Strang, R., Tefler, S., Mc Donald, I., Smith, M. J., Stephan, K. W., "In situ appliance for the investigation of enamel de- and remineralization", **Caries Res.**, 20: 385-391 (1986).

Creath, C. J., Eick, J. D., Hicks, E. P., "Effect of systemic fluoride on rat molar morphology", **Caries Res.**, 23: 26-31 (1989).

Dijkman, A. G., deBoer, P., Arends, J., "In vivo investigation on the fluoride content in and on human enamel after topical applications" **Caries Res.**, 17: 392-402 (1983).

Duckworth, R. M., Gilbert, R. J., "Intra-oral models to ases cariogenicity: evaluation of oral fluoride and pH", **J. Dent. Res.**, 71: 934-944 (1992).

Duff, E. J., "An infrared and x-ray diffractometric study of the incorporation of fluoride into hydroxyapatite under conditions of the cyclic variation of pH", **Archs Oral Biol.**, 20: 763-769 (1975).

Edwards, M., Ashwood, R. A., Littlewood, S. J., "A video fluoroscopic comparison of straw and cup drinking: the potential influence on dental erosion", **Br. Dent. J.**, 185: 244-249 (1998).

Einwag, J., Hellwig, E., Hotz, P., Stadler, P., "The relative caries-inhibiting efficacy of amin fluoride and sodium fluoride in compatible dentifrices-results of consensus conference", **Quintessence Int.**, 26: 707-713 (1995).

Ekstrand, J., Koch, G., Petersson, L. G., "Plasma fluoride concentrations in preschool children after ingestion of fluoride tablets and toothpaste", **Caries Res.**, 17: 379-384 (1983).

Featherstone, J. D. B., Glena, R., Shariati, M., Shields, C. P., "Dependence of in vitro demineralization of apatite and remineralization of dental enamel on fluoride concentration", **J. Dent. Res.**, 69: 620-625 (1990).

Firestone, A. R., Navia, J. M., "Sulcal plaque pH and remineralization of sulcal caries in rats exposed to dietary and water fluoride", **Caries Res.**, 22: 177-180 (1988).

Francci, C., Deaton, T. G., Arnold, R. R., Swift, E. J., Perdigo, J., Bawden, J. W., "Fluoride release from restorative materials and its effects on dentin demineralization", **J. Dent. Res.**, 78: 1647-1654 (1999).

Gandara, B. C., Truelove, E. L., "Diagnosis and management of dental erosion", **J. Contempt Dental Prac.**, 1(1): 16-23 (1999).

Grimaldi, F. S., Ingram, B., Cuttitta, F., "Determination of small and large amounts of fluorine in rocks", **Anal. Chem.**, 27(6): 918-921 (1955).

Güngör, A., "Xylitol ve floridin birlikte kullanılmasının diş minesi üzerine etkisinin in vitro incelenmesi", Doktora tezi, **Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-40 (1998).

Hall, A. F., Creanor, S. L., Strang, R., Gilmour, W. H., Foye, R. H., Brown, J., et al, "The effect of sucrose-containing chewing gum use on in situ enamel lesion remineralization", **Caries Res.**, 29: 477-482 (1995).

Hattab, F. N., Gren, R. M., Pang, K. M., Mok, Y. C., "Effect of fluoride-containing chewing gum on remineralization of carious lesions and on fluoride uptake in man", **Clin. Prev. Dent.**, 11: 6-11 (1989).

Havenaar, R., "The anti-cariogenic potential of xylitol in comparison with sodium fluoride in rat caries experiments", **J. Dent. Res.**, 63: 120-123 (1984).

Johansson, A. K., Sorvari, R., Birkhed, D., Neurman, J. H., "Dental erosion in deciduous teeth-an in vivo and in vitro study", **J. Dent.**, 29: 333-340 (2001).

Joyston-Bechal, S., Duckworth, R., Braden, M., "The effect of artificially produced pellicle and plaque on the uptake of F⁻ by human enamel in vitro", **Arch. Oral Biol.**, 21: 73-78 (1976).

Kanko, K., Makinen, K., Soderling, E., "Biochemical mikrobiologic and clinical comparisons between two dentifrices that contain different mixtures of sugar alcohols", **JADA.**, 3: 745-750 (1985).

Kartöz, H., "Isparta'nın içme suları ve diş sağlığımız", **1. Isparta'nın Dünyü, Bugünü ve Yarını Sempozyumu**, Isparta, 239-252 (1992).

Kashani, H., Birkhed, D., Petersson, L. G., "Fluoride concentration in the approximal area after using toothpicks and other fluoride-containing products", **Eur. J. Oral Sci.**, 106: 564-570 (1998).

Kim, J. W., Jang, K. T., Lee, S. H., Kim, C. C., Hahn, S. H., Godoy, F. G., "In vivo rehardening of enamel eroded by a cola drink", **J. Dent. Child.**, March-April: 122-124 (2001).

Konig, K. G., "Role of fluoride toothpastes in a caries strategy", **Caries Res.**, 27: 23-28 (1993).

Koray, F., "Diş çürükleri", **Altın Matbaacılık**, İstanbul, 35-62 (1985).

Koulourides, T., Bodden, R., Keller, S., Manson-Hing, L., Lastra, J., Housch, T., "Cariogenicity of nine sugars tested with an intraoral device in man", **Caries Res.**, 10: 427-441 (1976).

Krasse, B., "Caries risk", **Quintessence Publishing Co Inc**, Chicago, 30-45 (1985).

Lamb, W. J., Corpron, R. E., More, F. G., Beltran, E. D., Strachan, D. S., Kowalski, C. J., "In situ remineralization of subsurface enamel lesion after the use of a fluoride chewing gum", **Caries Res.**, 27: 111-116 (1993).

LeGeros, R. Z., "Chemical and crystallographic events in the caries process", **J. Dent. Res.**, 69: 567-574 (1990).

Levy, S. M., Guha-Chowdhury, N., "Total fluoride intake and implications for dietary fluoride supplementation", **J. Public Health Dent.**, 59: 211-223 (1999).

Loesche, W., Ronald, E., "Effect of chewing xylitol gum on the plaque and saliva levels of strep", Mutans, **JADA**, 108: 587-592 (1988).

Makinen, K. K., Soderling, E., "Oral biochemical status and depression of streptococcus mutans in children during 24-36 month use of xylitol chewing gum", ***Caries Res.***, 23: 261-67 (1989).

Margolis, H. C., Moreno, E. C., "Physicochemical perspectives on the cariostatic mechanisms and topical fluorides", ***J. Dent. Res.***, 69: 606-613 (1990).

Matejicek, A., Kleich, J., Lidarik, M., Stary, S., "Plastified epoxy resin powders", ***Czech***, 153: 781 (1974).

Mathew, T., Casamassimo, P. S., Hayes, J. R., "Relationship between sports drink and dental erosion in 304 üiversity athletes in Columbus, Ohio, USA", ***Caries Res.***, 36: 281-287 (2002).

McIntyre, J., Pai, N., Bub, M., DaSilva, C., "The effectiveness of alternative acidulating systems in topical fluoride gels", ***J. Dent. Res.***, 74: 564 (1995).

Mellberg, J. R., Ripa, L. W., "Fluoride in preventive dentistry", ***Quintessence Publishing Co Inc***, London, 40-50 (1983).

Menteş, A., "Fluoridin etki mekanizması üzerine güncel yaklaşımlar", ***Oral Derg.***, 9: 35-38 (1992).

Moreno, E. C., "Role of Ca-P-F in caries prevention chemical aspects", ***Int. Dent. J.***, 43: 71-80 (1993).

Morganstein, S., "Clinical results:implications for prevention and treatment in general dental practise", ***Int. Dent. J.***, 44: 297-299 (1994).

Murata, H., Ishikawa, K., Tenshin, S., Horiuchi, S., Nakanishi, M., Asaoka, K., et al, "Fluoridation of hydroxyapatite powder by ammonium hexafluorosilicate", ***Caries Res.***, 30: 465-470 (1996).

Neurman, J. H., Harkonen, M., Naveri, H., Koshinen, J., Tarkko, H., Rytomma, I., Jaruhon, V., Turunen, R., "Experiment sport drinks with minimal dental erosion effect", ***Scand J. Dent. Res.***, 98: 120-8 (1990).

Newbrun, E., "Cariology 3rd ed", ***Quintessence Publishing Co. Inc.***, Chicago, London, Berlin, Sao Paulo, Tokyo, Hong Kong, 50-65 (1989).

Newbrun, E., "Water fluoridations and supplements", ***J. Dent. Res.***, 71: 1255-1265 (1992).

Ogaard, B., Rolla, G., Ruben, J., Dijkman, T., Arend, J., "Microradiographic study of demineralization of shark enamel in a human caries model", ***Scand J. Dent. Res.***, 96: 209-211 (1988).

O'Mullane, D. M., "Introduction and rationale for the use of fluoride for caries prevention", *Int. Dent. J.*, 44: 257-261 (1994).

Öztürk, M. A., Görk, G., "Batı Anadolu mentha türlerinin dağılışını etkileyen biyotik ve abiyotik etmenler", *E. Ü. Fen Fakültesi Dergisi*, 5(2): 155-165 (1978).

Petersson, L. G., "Fluoride mouthrinses and fluoride varnishes", *Caries Res.*, 27: 35-42 (1993).

Potter, J. J., Hilliker, A. E., Bren, G. J., "Determination of fluoride and monofluorophosphate in toothpastes by ion chromatography", *J. Chromatog.*, 36: 423-427 (1968).

Redman, C. D. J., Hemmings, K. W., Good, J. A., "The survival and clinical performance of resin-based composite restorations used to treat localised anterior tooth wear", *Br. Dent. J.*, 194(10): 566-72 (2003).

Retief, D. H., Summerlin, D. J., Haris, B. E., Bradley, E. L., "An evaluation of three procedures for fluoride analysis", *Caries Res.*, 19: 248-254 (1985).

Robinson, C., Arends, J., "Kinetics of demineralization and remineralization", "Demineralization and remineralization of the teeth, Leach, S. A., Edgar, W. M., *IRL Pres*, Samos Greece, 113-126 (1982).

Rolla, G., Ogaard, B., Cruz, R. A., "Clinical effect and mechanism of cariostatic action of fluoride-containing toothpastes: a review", *Int. Dent. J.*, 41: 171-174 (1991).

Rose, R. K., Shellis, R. P., Lee, A. R., "The role of cation bridging in microbial fluoride binding", *Caries Res.*, 30: 458-464 (1996).

Rose, R. K., Turner, S. J., "Fluoride-induced enhancement of diffusion in streptococcal model plaque biofilms", *Caries Res.*, 32: 227-232 (1998).

Saydam, G., "Karbonhidratlar-diş çürüğü ilişkisi ve sağlık eğitiminde beslenme bilgisi", *TDBD*, 44(özel): 26-33 (1998).

Scheie, A., Rolla, G., "Combined effect of xylitol, NaF and ZnCl₂ on growth and metabolism of streptococcus sobrinus", *OMZ* 176, *APMIS* 96: 761-767 (1988).

Scheinin, A., Makinen, K. K., "Turku Sugar Studies I. An intermediate report on the effects of sucrose, fructose and xylitol diets on the caries incidence in man", *Acta. Odont. Scand.*, 33: 5-34 (1975).

Seppa, L., Hausen, H., Karkkainen, S., "Plaque fluoride and mutans streptococci in plaque and saliva before and after discontinuation of water fluoridation", **Eur. J. Oral. Sci.**, 104: 353-358 (1996).

Shellis, R. P., Duckworth, R. M., "Studies on the cariostatic mechanisms of fluoride", **Int. Dent. Res.**, 44: 263-273 (1994).

Singer, L., Armstrong, W. D., "Determination of fluoride in blood serum", **Anal. Chem.**, 51(1): 105-109 (1959).

Sintes, J., Escalante, C., "Enhanced anticaries efficiency of a 0.243% sodium fluoride 10% xylitol silica dentifrice, 3 year clinical results", **Am. J. Dent.**, 8(5): 291-296 (1996).

Smiths, M. T., Arends, J., "Influence of extraoral xylitol and sucrose dippings on enamel demineralization in vivo", **Caries Res.**, 22: 160-165 (1998).

Soderling, E., Alaraisanen, L., "Effects of xylitol and sorbitol polysaccharide production by an adhesive properties of streptococcus mutans", **Caries Res.**, 21: 109-116 (1987).

Soderling, E., Makinen, K., "Effect of sorbitol xylitol and xylitol-sorbitol chewing gums on dental plaque", **Caries Res.**, 23: 378-384 (1989).

Soderling, E., Isokangas, P., "Long term xylitol consumption and mutans streptococci in plaque and saliva", **Caries Res.**, 25: 153-157 (1991).

Soderling, E., Schie, A., "Perspectives on xylitol induced oral effects". **Proc. Finn. Dent. Soc.**, 87(2): 217-229 (1991).

Soderling, E., Trahan, L., "Effect of xylitol consumption on the plaque saliva distribution of mutans streptococci and the occurrence and long-term survival of xylitol resistant strains", **J. Dent. Res.**, 71(11), 1785-1791 (1992).

Srinivasan, K., Rechnitz, G.A., "Selectivity studies on liquid membrane, ion-selective electrodes", **Anal. Chem.**, 41: 1203 (1969).

Stephan, K. W., "Systemic fluorides: drops and tablets", **Caries Res.**, 27: 9-15 (1993).

Şen, B. H., Büyükyılmaz, T., "The effect of 4% titanium tetrafluoride solution on root canal walls-a preliminary investigation", **Am. Assoc. Endod.** 24: 239-243 (1998).

TenCate, J.M., "Review on fluoride, with special emphasis on calcium fluoride mechanisms in caries prevention", **Eur. J. Oral Sci.**, 105: 461-465 (1997).

TenCate, J. M., Van Loveren, C., "Fluoride mechanisms", **Cariology**, 43: 713-729 (1999).

Theodossiu, W., Misaelides, P., Godelitsas, A., "Investigation of fluorine distribution on the surface of acid-treated apatite single crystals using nuclear resonant reaction analysis", **Cryst. Res. Technol.**, 31(11): 1247-1251 (2001).

Toumba, K. J., "In vivo and in vitro evaluation of a slow-release fluoride glass for the prevention of dental caries in high-risk children", Thesis, **Leeds, University of Leeds Division of Child Dental Health**, 15-20 (1996).

Tuouvo, N., Jukka, H., Neurman., "Xylitol and the bactericidal effects of chlorhexidine and fluoride on streptococcus mutans and streptococcus sangius", **Acta. Odontol. Scand.**, 51: 109-114 (1993).

Turgut, M., Tekçiçek, M., Çetin, N., Pınar, A., Ölmez, S., Alpar, R., "Türkiye'de tüketilen bazı kolalı içeceklerin eroziv etkileri", **H. Ü. Dişhekim Fak. Dergisi**, 28: 8-14 (2004).

Turner, P. J., "The clinical evaluation of a fluoride-containing orthodontic bonding materials", **Br. J. Orthod.**, 20: 307-313 (1993).

Tylstrup, A., Fejerskov, O., "Caries chemistry clinical cariology", **Mounsgaard**, Finland, 11: 231-243 (1994).

Us, Z., "Ara yüzlerine diş ipliği ile asidüle fosfat florid uygulanması sonucu süt dişleri minelerindeki florid alımının in vitro olarak değerlendirilmesi", Doktora Tezi, **G.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti A.D.**, Ankara, 1-20 (1991).

Vadeboncoeur, C., Trahan, L., "Effect of xylitol on the growth and glycolysis of acidogenic oral bacteria", **J. Dent. Res.**, 62: 882-884 (1983).

VanWinkle, S., Levy, S. M., Kiristy, M. C., Heilman, J. R., Wefel, J. S., Marshall, T., "Water and formula fluoride concentrations:significance for infants fed formula", **Pediatr. Dent.**, 17: 305-310 (1995).

Venkateswarlu, P., "Sodium biphenyl method for determination of covalently bound fluorine in organic compounds and biological materials", **Anal. Chem.**, 54: 1132-1137 (1982).

Wealer, S. W., "Evidence for xylitol 5 P production in human dental plaque", **J. Dent. Res.**, 100: 204-206 (1992).

Wei, S. H. Y., "Pediatric dentistry:Total patient care", **Lea Febiger Company**, Philadelphia, 80-97 (1988).

Wei, S. H. Y., Wefel, J. S., "Fluoride agents-solutions, ges and coating", Biocompatibility of dental materials, Smith, D. C., Williams, D., **CRC Pres**, Boca Raton, Florida, 2: 1-14 (1982).

Wei, S. H. Y., Yiu, C. K., "Evaluation of the use of topical fluoride gel", **Caries Res.**, 27: 29-34 (1993).

Wei, S. H. Y., Yiu, C. K., "Mouthrinses:resent clinical findings and impications for use", **Int. Dent. Res.**, 43: 541-547 (1993).

Wharton, H. W., "Isolation and determination of microgram amounts of fluoride in materials containing calcium and orthophosphate", **Anal. Chem.**, 34(10): 1296-1298 (1962).

White, D. J., Nelson, D. G. A., Faller, R. V., "Mode of action of fluoride: application of new techniques and test methods to the examination of the mechanism of action of topical fluoride", **Adv. Dent. Res.**, 8: 166-174 (1994).

Whitford, G. M., "Intake and metabolism of fluoride", **Adv. Dent. Res.**, 8: 5-14 (1994).

Whitford, G. M., Biles, E. D., Birdsong-Whitford, N. L., "A comparative study of fluoride pharmacokinetics in five species", **J. Dent. Res.**, 70: 948-951 (1991).

YelAltınova, B., "Hidroksiapatit denetimli fluorid salımının tükürük-üre fluorid konsantrasyonu ve demineralize mineye etkisinin değerlendirilmesi", Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-34 (2001).

Zero, D. T., Fu, J., Espeland, M. A., Featherstone, J. D. B., "Comparison of fluoride concentrations in unstimulated whole saliva following the use of a fluoride dentifrice and a fluoride rinse", **J. Dent. Res.**, 6: 1257-1262 (1988).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖĞÜT, Fahriye
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 29.07.1977 Ankara
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (312) 343 46 50
Faks : -
e-mail : fahriye_9@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Kimya Bölümü	1999
Lise	Ankara Merkez İ.H. Lisesi	1994

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2000-2006	Milli Eğitim Bakanlığı	Sınıf Öğretmeni

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

-

Hobiler

Voleybol, Kitap okumak, Yürümek