

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**FARKLI RESTORATİF MATERYALLERİN UÇUCU SÜLFÜR
BİLEŞİKLERİNİ TUTMA KAPASİTELERİNİN İN-VİTRO
ARAŞTIRILMASI**

Tuğçe ODABAŞ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Osman Tolga HARORLI

2021-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**FARKLI RESTORATİF MATERYALLERİN UÇUCU SÜLFÜR
BİLEŞİKLERİNİ TUTMA KAPASİTELERİNİN İN-VİTRO
ARAŞTIRILMASI**

Tuğçe ODABAŞ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Osman Tolga HARORLI

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından
TDH-2019-5020 proje numarası ile desteklenmiştir.

2021-ANTALYA

ONAY SAYFASI

Tuğçe ODABAŞ tarafından sunulan bu çalışma jürimiz tarafından **oy birliği/oy çokluğu** ile Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

.../...../.....

İmza

Üye :

.....
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

Üye :

.....
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

Üye :

.....
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

Bu tez,/...../..... tarih ve/..... sayılı Yönetim Kurulu kararıyla belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Diş Hekimliği Fakültesi

Kurum Yöneticisi

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarında etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu çalışmada elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Dt. Tuğçe Odabaş

İmza

Doç. Dr. Osman Tolga Harorlı

İmza

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimime başladığım ilk günden itibaren ve tez çalışma sürecim boyunca değerli bilgilerini benimle paylaşan, bu süreçte kendimi geliştirmemde beni her zaman destekleyen, yaptığım her çalışmada benimle birlikte sabırla ve hoşgörüyle emek veren, hekimliğini her zaman örnek alacağım saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Osman Tolga HARORLI' ya, uzmanlık sürecim boyunca bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli anabilim dalı hocalarım Prof. Dr. Çağatay BARUTÇUGİL ve Doç. Dr. Ayşe Dünder' a,

Uzmanlık eğitimimim ilk zamanlarından itibaren yanımda olan, tüm zorlukları ve güzel zamanları benimle paylaşan Rufat HAJIYEV' e, dostluğunu her zaman hissettiğim canım arkadaşım Didem ESEN' e, birlikte pek çok anıyı paylaştığım eş kıdemlilerim Berkan YILDIZ ve Ahmet GÜLTEKİN' e, klinikteki ilk günlerimden itibaren her konuda fikir alabildiğim canım Nilay BAYRAKTAR' a, birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum tüm Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı' ndaki değerli hekim arkadaşlarım ve çalışanlarına,

Üniversite yıllarımın başlarından itibaren her zaman dostluklarıyla yanımda olan canım arkadaşlarım Rüya Gizem KOÇAK ve Buket DİNÇER' e,

Bugünlere gelmemde en büyük emekleri veren, sevgilerini ve desteklerini her zaman hissettiğim canım annem Şebnem ODABAŞ' a, canım babam Necmi ODABAŞ' a, bir tanecik kardeşim Nehir Odabaş' a ve değerli aile büyüklerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması Cumhuriyetimizin kurucusu ve Ulu Önder Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK' e ithaf edilmiştir.

ÖZET

FARKLI RESTORATİF MATERYALLERİN UÇUCU SÜLFÜR BİLEŞİKLERİNİ TUTMA KAPASİTELERİNİN İN-VİTRO ARAŞTIRILMASI

Amaç: Bu çalışmanın amacı *Alluim cepa* içinde bekletilen farklı restoratif materyallerden salınan uçucu sülfür bileşiklerini, özellikle de hidrojen sülfür miktarını araştırmaktır.

Yöntem: Çalışmamız iki aşamada yürütülmüştür. Her iki aşamada da örnekler doğrudan *Alluim cepa* (Soğan) içine yerleştirilip 1 dk bekletilmiş, yüzeyi temizlendikten hemen sonra ölçümler yapılmıştır. Tezimizin ön çalışması niteliğindeki ilk aşamasında bir sülfür monitörü (Halimeter) kullanılarak, temsili seçilen bazı restoratif materyallerin uçucu sülfür bileşiklerini tutma kapasiteleri araştırılmıştır. Tezimizin ikinci aşamasında ise bir hidrojen sülfür (H_2S) dedektörü kullanılarak on üç farklı restoratif materyalden salınan H_2S gazı miktarları karşılaştırılmıştır. Sülfür monitörü testlerinde amalgam (Nova 70-Caps), cam ionomer (Equa Forte HT), universal kompozit (Tetric EvoCeram), bulk fill kompozit (Tetric EvoCeram Bulk Fill), akıcı kompozit (G-ænial Universal Injectable), ormoser (Admira Fusion x- tra) ve zirkon (Vita YZ HT) esaslı dolgu materyalleri temsili grupları oluşturmuşlardır. (n=10 toplam 70) . H_2S gazının tespitinde ise bir yüksek bakırlı amalgam (Nova 70-Caps), iki farklı cam- iyonomer esaslı dolgu maddesi (Fuji IX GP, Equa Forte HT) ikisi bulk fill olmak üzere dört farklı kompozit (Tetric EvoCeram Bulk Fill, IPS Empress Direct, Admira Fusion x- tra, Tetric EvoCeram) biri fiber içerikli olmak üzere üç farklı akışkan kompozit (everX Flow, G-ænial Universal Injectable, Tetric EvoFlow) ve üç farklı CAD- CAM blok (Vita Enamic, GC Cerasmart 270, Vita YZ HT) örneğin H_2S gazını tutma kapasiteleri bir dedektör ile (Wintact WT8802) incelenmiştir (n=10). Tüm restoratif materyal örnekleri 5 mm çapında 2 mm kalınlığında hazırlanmıştır. Bulk fill kompozitlerde örnek kalınlığının etkisini araştırmak için, ilave 5 mm çapında 4 mm kalınlığında 10' ar örnek daha hazırlanmıştır. Ölçümlerden önce örneklerin polisaj işlemleri yapılmış 1 hafta saf suda bekletilmiştir. Ayrıca pürüzlülüğün etkisini araştırmak için CAD- CAM örneklerinin yüzeyi ilk ölçümlerden sonra 181µm partikül büyüklüğünde bir fissür frezle

pürüzlendirilip ilave ölçümler yapılarak pürüzlülüğün etkisi de araştırılmıştır. Sonuçlar Kruskal Wallis testi ve Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırma testleri ile analiz edilmiştir. CAD- CAM örneklerde pürüzlendirmenin etkisi Wilcoxon testi ile, 4 mm kalınlıktaki bulk fill kompozitlerin karşılaştırılması ise Mann Whitney U testi ile yapılmıştır.

Bulgular: Sülfür monitörü ile yapılan ön çalışma sonucunda gruplar arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiş ($p>0.05$), Equia Coat cam iyonomer vernik kullanımının sonuçları etkilediği saptanmıştır. H₂S monitörü ile yapılan ölçümlerde de H₂S salınımının materyale bağlı olduğu tespit edilmiştir. En düşük ortalama pik değerler CAD- CAM bloklarından elde edilen örneklerde (0 mmol), en yüksek ortalama değerler ise 4 mm Tetric EvoCeram Bulk Fill örneklerinde tespit edilmiştir (1,3 mmol). CAD- CAM materyallerinin pürüzlendirilmesi salınan H₂S miktarını artırmamıştır.

Sonuç: Restoratif materyallerin doğrudan *Allium cepa* içinde bekletilmesinin ardından örneklerden salınan H₂S miktarları ve salınım süreleri materyallere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Equia Coat cam iyonomer verniğinin içerdiği solventler, bir sülfür monitörü olan Halimeter cihazının ölçüm sonuçların etkileyebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Restoratif materyal, Uçucu sülfür bileşikler, Halitometre, H₂S dedektörü, Halitozis

ABSTRACT

IN-VITRO INVESTIGATION OF THE HOLDING CAPACITIES OF VOLATILE SULFUR COMPOUNDS OF DIFFERENT RESTORATIVE MATERIALS

Objective: The aim of this study is to investigate the amount of volatile sulfur compounds, especially hydrogen sulfide, released from different restorative materials kept in *Allium cepa*.

Method: Our study was carried out in two stages. In both stages, the samples were placed directly in *Allium cepa* (Onion) and left for 1 min. Measurements were made immediately after the surface was cleaned. In the first stage of our thesis, which is a preliminary study, the holding capacity of volatile sulfur compounds of some representative selected restorative materials were investigated by using a sulfur monitor (Halimeter). In the second stage of our thesis, the amounts of H₂S gas released from thirteen different restorative materials were compared using a hydrogen sulfide (H₂S) detector. Amalgam (Nova 70-Caps), glass ionomer (Equa Forte HT), universal composite (Tetric EvoCeram), bulk fill composite (Tetric EvoCeram Bulk Fill), flowable composite (G-aenial Universal Injectable), ormocer (Admira Fusion x-tra) and zirconia (Vita YZ HT) based filling materials formed representative groups (n=10 total 70) in sulfur monitor tests. In the detection of H₂S gas, the holding capacity of H₂S gas was examined with a detector (Wintact WT8802). The sample groups (n=10) made from one high copper amalgam (Nova 70-Caps), two different glass-ionomer based filling materials (Fuji IX GP, Equa Forte HT), four different composites, two of which are bulk fill, (Tetric EvoCeram Bulk Fill, IPS Empress Direct, Admira Fusion x-tra, Tetric EvoCeram) three different flowable composites, one of which contains fiber (everX Flow, G-aenial Universal Injectable, Tetric EvoFlow) and three different CAD-CAM blocks (Vita Enamic, GC Cerasmart 270, Vita YZ HT). All restorative material samples were prepared with a diameter of 5 mm and a thickness of 2 mm. In order to investigate the effect of sample thickness in bulk fill composites, 10 more samples with an additional 5 mm diameter and 4 mm thickness were prepared. Before the measurements, the samples were polished and kept in distilled water for 1 week. In addition, to investigate the effect of roughness, the surface of CAD-CAM samples

was roughened with a fissure bur with a particle size of 181 μ m after the first measurements, and the effect of roughness was investigated by making additional measurements. Results were analyzed with Kruskal Wallis test and Bonferroni corrected pairwise comparison tests. The effect of roughening on CAD-CAM samples was made with the Wilcoxon test, and the comparison of 4 mm thick bulk fill composites was made with the Mann Whitney U test.

Results: As a result of the preliminary study with the sulfur monitor, it was found that there were differences between the groups ($p>0.05$) and observed that the use of Equia Coat glass ionomer varnish affected the results. In the measurements made with the H₂S monitor, it was detected that the H₂S release was dependent on the material type. The lowest median peak values were detected in the samples obtained from CAD-CAM blocks (0 mmol), while the highest median values were detected in the 4 mm Tetric EvoCeram Bulk Fill samples (1.3 mmol). The roughening of CAD-CAM materials did not increase the amount of H₂S released.

Conclusions: After the restorative materials are stored directly in Alluim cepa, the amounts of H₂S released from the samples and the release periods vary depending on the materials. Solvents contained in Equia Coat glass ionomer varnish can affect the measurement results of the Halimeter instrument which is a sulfur monitor.

Keywords: Restorative material, Volatile sulfur compounds, Halitometer, H₂S detector, Halitosis

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	i
ETİK BEYAN	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	x
TABLolar DİZİNİ	xiii
ŞEKİLLER	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Ağız Kokusu (Halitozis) Nedir?	3
2.1.1. Ağız Kokusunun Tarihçesi	4
2.1.2. Ağız Kokusunun Epidemiyolojisi, Psikolojik- Sosyal Etkileri, Hastaların Farkındalığı	5
2.1.3. Sınıflama	7
2.1.4. PatogeneZ	10
2.1.5. Etiyolojik Faktörler	12
2.1.6. Halitozis Tespit Yöntemleri	20
2.1.7. Restoratif Materyallerin Ağız Kokusu Üzerindeki Etkileri	27
2.2. Kompozit Rezinler	27
2.2.1. Kompozit Rezinlerin Yapısı	27
2.2.2. Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması	29
2.3. Cam İyonomer Simanlar	33
2.3.1. Cam İyonomer Simanların Klinikte Kullanım Şekillerine Göre Sınıflandırılması	33

2.3.2. Cam İyonomer Simanların İçeriklerine Göre Sınıflandırılması.....	34
2.4. Seramikler.....	36
2.4.1. Cam Seramikler.....	36
2.4.2. Polikristalin Seramikler.....	38
2.4.3. Rezin-Matriks Seramikler	40
3.GEREÇ VE YÖNTEM	43
3.1. Test edilen materyaller ve örneklerin hazırlanması.....	43
3.2 Sülfür monitörü ile yapılan ölçümler.....	51
3.3 H ₂ S Dedektörü ile yapılan ölçümler	52
3.4 CAD- CAM materyali örneklerinde yüzey pürüzlüğünün etkisinin incelenmesi	53
3.5 İstatistiksel Analiz	54
4. BULGULAR.....	55
4.1.Sülfür Monitörü ile elde edilen ön çalışma sonuçları:.....	55
4.2. H ₂ S Detektörü ile elde edilen sonuçlar:.....	56
4.2.1. H ₂ S Detektörü ile ölçülen pik değerler:.....	56
4.2.2. H ₂ S Detektörü ile ölçülen süreler	57
4.3. 4mm kalınlıktaki bulk fill kompozit örneklerinin karşılaştırılması.....	57
4.4. CAD- CAM materyali örneklerinde yüzey pürüzlüğünün etkisinin incelenmesi	58
5.TARTIŞMA	60
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	68
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	83

SİMGELER ve KISALTMALAR

H ₂ S	Hidrojen Sülfür
VSC	Uçucu Sülfür Bileşikleri
CH ₃ SH	Metil merkaptan (Metantiyol)
CH ₃ SCH ₃	Dimetilsülfür
DMFT	Çürük, Kayıp ve Dolgulu Dişlerin Toplamı
IOH	İntra Oral Halitozis
EOH	Ekstra Oral Halitozis
KBB	Kulak Burun Boğaz
VAS	Kendi Kendine Değerlendirme ve Görsel Analog Skala
PbS	Kurşun Sülfür
DOS	Diş eti Oluğu Sıvısı
UV	Ultraviyole
BIS-GMA	Bis Glisidil Metakrilat
TEGDMA	Trietilen Glikol Dimetakrilat
UDMA	Üretan Dimetakrilat
EGDMA	Etilen Glikol Dimetakrilat
DEJ	Dentin Mine Birleşimi
FAS	Floroaluminosilikat
CİS	Cam İyonomer Siman

ART	Atravmatik Restoratif Tedavi
CAD / CAM	Bilgisayar Destekli Tasarım / Bilgisayar Destekli Üretim
$K_2Al_2Si_6O_{16}$	Potasyum Feldspar
SiO_2	Silikondioksit
K_2O	Potasyum Oksit
NaO_2	Sodyum Oksit
Al_2O_3	Alüminyum Oksit
$MgAl_2O_4$	Spinell
E	Elastik Modül
c	Kübik
t	Tetragonal
m	Monoklinik
Mg-PSZ	Magnezyum kısmi stabilize zirkonyum
ZTA	Zirkonyumla güçlendirilmiş alümina
Y-TZP	Ytriumla kısmen stabilize edilmiş tetragonal polikristalin zirkonyum
mmol	10^{-3} mol
%	Yüzde
Ppb	Parts Per Billion- μg Çözünen / Kg
μM	Mikrometre
ng	Nanogram
nm	Nanometre

mL	Mililitre
mm	Milimetre
sn	Saniye
cm	Santimetre
°C	Santigrat derece
dk	Dakika
L	Litre
MPa	Megapaskal
Gpa	Elastik Modül

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1: Çalışmada kullanılan materyallerin üretici firmaları, içerikleri ve üretim kod numaraları sunulmuştur.....	45
Tablo 2: Çalışmamızda test edilen materyallerin hazırlanma prosedürleri.....	47



ŞEKİLLER

Şekil 1: Çalışmamızda kullanılan ışık cihazı	43
Şekil 2: Çalışmamızda kullanılan milling cihazı Imes -icore 450i (Imes-icore, Eiterfeld, Almanya).....	44
Şekil 3 Çalışmamızda kullanılan materyaller	48
Şekil 4: Halimeter cihazı	49
Şekil 5: Sülfür monitörü ile yapılan örnek ölçüm	50
Şekil 6: H ₂ S dedektörü	50
Şekil 7: H ₂ S dedektörü ile yapılan örnek ölçüm	51
Şekil 8: Sülfür monitörü testi ile elde edilen veriler.	53
Şekil 9: H ₂ S detektörü ile tespit edilen pik değerler (mmol).	54
Şekil 10: H ₂ S gazının örneklerden uzaklaşma süreleri	55
Şekil 11: 4 mm kalınlığındaki bulk fill kompozit örneklerinde H ₂ S detektörü ile tespit edilen pik değerleri (mmol).	56
Şekil 12: 4 mm kalınlığındaki bulk fill kompozit örneklerinde H ₂ S gazının örneklerden uzaklaşma süreleri.	56

1. GİRİŞ

“Halitozis” terimi, Latincedeki halitus (solukla verilen hava) ve osis (patolojik bir anormallik) kelimelerinden türemiştir, hoş olmayan nefese işaret eden bir terimdir.⁽¹⁾ Halitozis yani ağız kokusu yetişkin nüfusun %25’ ini etkileyen yaygın ve sosyal olarak rahatsızlık verici multifaktöriyel bir sorundur.⁽²⁾ Kişinin fiziksel ve ruhsal durumunu bozup, sosyal çevreden uzaklaşma gibi sorunlara yol açabilen bir durumdur.

Halitozis %80- 90 oranında oral kaviteden kaynaklanır. Etkenleri arasında; kötü oral hijyen, defektli veya uyumunu yitirmiş protezler, çürükler ve açıkta kalmış nekrotik diş pulpalari gibi pek çok sebep sayılabilir. Ekstra oral ağız kokusu ise; üst ve alt solunum yolu hastalıkları, karaciğer ve böbrek hastalıkları ve diyabet gibi pek çok sistemik sebepten kaynaklanabilir.

Primer olarak oral biofilmin alt tabakalarında bulunan gram negatif anaerobik bakterilerin (porphyromonas, fusobacterium, prevotella) proteolitik aktiviteleri sonucu oluşur.⁽³⁾ Bu bakteriler proteinleri yapıtaşları olan aminoasitlere kadar parçalar ve bu aminoasitlerin metabolize olmasıyla hidrojen sülfür (H₂S) ve metil merkaptanın da dâhil olduğu uçucu sülfür bileşikleri (VSC) oluşur.^(4, 5)

Halitozis psikojenik sebepler de dahil olmak üzere pek çok sebepten köken alabilir. Günümüzde kişisel bakımın da öneminin giderek artmasıyla bu tarz problemler daha da az tolere edilebilir bir hale gelmiştir. Halitozis; rahatsızlık verici olmasının yanı sıra hastaların sosyal hayatlarını da önemli ölçüde etkileyen bir problemdir. Bu sebeple tanı ve tedavisinin doğru bir şekilde saptanması gerekir.

Kliniklerimizde kullandığımız materyal çeşitliliği günden güne artmaktadır. Rutinde kullandığımız materyallerin taşıdıkları özellikleri ve ağız içi yansımalarını bilmemiz klinik açıdan önemlidir.

Hidrojen sülfür halitozisten sorumlu olan üç ana uçucu sülfür bileşiğinden birisidir.⁽⁶⁾ 7). Çalışmamızda H₂S kaynağı olarak *Allium Cepa* (kuru soğan) kullanılmıştır. Literatürde allium cinsinin günlük hayatta sıkça tüketilen bir organosülfid kaynağı olduğu belirtilmektedir. ⁽⁸⁾

Halitozis, hastaların sıkça şikayetçi olduğu yaygın görülen bir problem olmasına rağmen literatürde halitozis ile ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Dental materyaller ile uçucu sülfür bileşiklerinin etkileşimi ise henüz hiç araştırılmamış bir konudur.

Bu tez çalışmasının amacı; klinik rutinde kullandığımız restoratif materyallerin halitozise yol açan uçucu sülfür bileşiklerini salınım miktarlarını tespit etmektir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ağız Kokusu (Halitozis) Nedir?

Ağız kokusu, intra oral veya ekstra oral nedenlerle oluşan, nefesteki hoş olmayan rahatsız edici kokuyu tanımlamak için kullanılan genel bir ifadedir ⁽⁹⁾. Kişinin fiziksel ve ruhsal durumunu bozup, sosyal çevreden uzaklaşma gibi sorunlara yol açabilen bir problemdir. Ağız kokusu halitus (solunan hava) ve osis‘ ten (patolojik değişiklik) türetilen Latince kökenli bir kelimedir.⁽¹⁰⁾‘Breath malodour, foetor ex-ore, foetor oris, bad breath, bromopnea, ozostomia, stomatodysodia’ ise ağız kokusunu tanımlamak için kullanılan terimlerden bazılarıdır.⁽¹¹⁻¹³⁾

Günün herhangi bir zaman aralığında, yakın temas olmaksızın kişinin ağzından kötü koku fark ediliyorsa ve bu durum birkaç ay boyunca aralıklı veya aralıksız olarak devam ediyorsa, bireyin kendisi bu hoş olmayan kokuyu fark etmiyor olsa bile bu klinik tablo ağız kokusu olarak tanımlanabilir.⁽¹⁴⁾

Kötü kokuya esas olarak, mikroorganizmaların endojen veya eksojen proteinler ve peptidler üzerindeki çürütücü etkileri neden olur.⁽¹⁵⁾ Bundan dolayı ağız kokusu endojen yani vücudun kendisinden kaynaklıdır. Ağız boşluğundan kaynaklananlar da dahil olmak üzere ağız kokusuna neden olan çeşitli faktörler; dil kaplaması, periodontal hastalık, peri-implantitis, derin çürük lezyonlar, açıkta kalan nekrotik diş pulparları, perikoronit, kusurlu diş restorasyonları ve gıda impaksiyonu⁽¹⁶⁾ şeklinde sıralanabilir. Ayrıca ağız kokusu olasılığını arttıran faktörler arasında; ağız kuruluğu, sigara, alkol tüketimi, beslenme alışkanlıkları, diyabet ve obezite sayılabilir.⁽¹⁷⁾ Oral olmayan ağız kokusu ise; üst veya alt solunum yolu hastalıkları, gastrointestinal sistem bozuklukları, metabolik bozukluklar, bazı sistemik hastalıklar ve karsinomlardan kaynaklanabilir.⁽¹⁸⁾ Ağız kokusu aynı zamanda vücudun genel hijyeninden, dehidrasyondan, açlıktan, yüksek fiziksel efordan, yaşlanmadan, diş etlerinin kanamasından, azalan fırçalama sıklığından ve ayrıca stresten de etkilenebilir.⁽¹⁷⁾ Stres sırasında üretilen katekolaminler ve kortizol, subgingival anaerobik bakteriler tarafından hidrojen sülfür üretimini artırır.⁽¹⁹⁾

Koku bireyin kendisi veya çevresi tarafından algılanıyorsa bir hastalık halinden bahsedilebilir, aksi takdirde kötü kokulu gaz ölçülse bile algılanan bir çirkin koku yoksa hastalık olmaktan çıkar. Bundan dolayı ağız kokusuna patolojik olması için

gerekli sınır, insan burnunun koku alma sınırı ile ilişkilidir. Kantitatif sınır, 50 ppb aromatik gaz konsantrasyonudur.⁽¹⁴⁾

Soğan, sarımsak, sigara gibi dış kaynaklı maddelerden kaynaklı geçici ağız kokuları ise eksojen ağız kokusu olarak adlandırılır.⁽¹⁴⁾

2.1.1. Ağız Kokusunun Tarihçesi

Antik çağlardan bu yana toplumlar ağız kokusu ile mücadele için çeşitli çözüm yolları aramıştır. Ağız kokusuna ait ilk belgeler milattan önce 1550 yıllarına dayanmaktadır. Talmud' dan eski bir belge ağız kokusunun boşanma sebebi olabileceğini gösterirken, Ketuba' da ise bir kişinin ağız koktuğunda evlilik birliği kendiliğinden bozulmaktadır.⁽²⁰⁾

Romalılar; bitki sapı veya çeşitli yaprakları çiğneyerek ağız kokusunu güzel kokular ile maskeleymeye çalışmışlardır. Çin'de; ' diş tozu' , ' diş iksirleri' , ' diş afyonu' gibi malzemeler ⁽²¹⁾, Akdeniz ülkelerinde, İncil' de de adı geçen *Pistacia Lentiscus* adı verilen sakız ağacından elde edilen *Ladanum* (Laden zımkı) kullanılmış; Irak' ta karanfil, İtalya' da maydonoz, Uzak Doğu' da anason, Brezilya' da tarçın ve Tayland' da guava yaprakları gibi çeşitli doğal maddelerin çiğnenmeleri tavsiye edilmiştir. Ek olarak mentol, ökaliptol ve metil salisilat içeren solüsyonların kullanıldığı da bilinmektedir.⁽²²⁾

Halitozis hakkında ilk modern literatürün Howe tarafından 1874' te yayımlandığı bildirilmiştir.⁽²³⁾ 1950' lerde Fosdick ve ark.; kokunun kaynağını ölçen ozmoskopi adlı bir cihaz geliştirmişlerdir.⁽²¹⁾

Joe Tonzetich, 60' larda ağız kokusu nedenlerini araştıran ilk çalışmaları yapmıştır.⁽²⁴⁾ Adı geçen yazar ayrıca ağız kokusu ile ilgili bazı klinik ip uçlarını orta koymuş ve 70' lerin sonlarında Uçucu Kükürt Bileşikleri (VSC' ler) hakkında çalışmalar başlatarak ve gaz kromatografi yöntemini tanıtmıştır.⁽²⁵⁾ 1970' lerde, gaz kromatografisi klinik araştırmada kullanılan en hassas cihazdı. Gaz kromatografisi, halitozisten sorumlu VSC bileşenlerini (H_2S - hidrojen sülfür, CH_3SH -metantiyol ve CH_3SCH_3 - dimetilsülfür) doğrudan tanımlamayı ve ölçmeyi mümkün hale getirmiştir.⁽²⁶⁾

Ağız içi halitozisi ölçebilen bir sülfid monitörü olan Halimetre (Halimeter, Interscan, Chatsworth, Amerika Birleşik Devletleri) 1990' lı yıllarda geliştirilmiştir. 1991' de

Rosenberg ve ark. taşınabilir bir sülfid monitörü ile kaydedilen VSC seviyesinin organoleptik ölçümlerle korelasyonunu göstermişlerdir.⁽²⁷⁾

2008' de VSC' leri ölçmek için hassas bir cihaz olan Oral Chroma (OralChroma, Abilit Corporation, Kanagawa, Japonya) üretilmiştir. Bu cihaz tıpkı standart gaz kromatografisi gibi, ağız içi ve ağız dışı, kan kaynaklı ağız kokusunu ayırt edilebilmiştir.⁽⁴⁾

2.1.2. Ağız Kokusunun Epidemiyolojisi, Psikolojik- Sosyal Etkileri, Hastaların Farkındalığı

Kötü ağız kokusu, insan nüfusunun büyük bir yüzdesini etkileyen utanç verici bir durumdur. Bu durum genellikle sinirlilik, aşağılanma ve insanlara yaklaşp onlarla konuşamama gibi sosyal zorluklarla sonuçlanır.⁽²⁸⁾

Ağız kokusunun yaygınlığı, dünyanın farklı yerlerinde bulunan bireylerde incelenmiş, nispeten farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Bu nedenle, ağız kokusu prevalansına ilişkin kesin tahminler yapmak mümkün değildir.⁽²⁹⁾ Rapor edilen veriler % 22' den % 50' nin üzerine kadar çıkabilmektedir.⁽³⁰⁾

Ayrıca yetişkinlerin ve yaşlı bireylerin yaklaşık % 50' si sabahları kalktıklarında fizyolojik nedenlere bağlı olarak sosyal olarak kabul edilemez nefesler yaymaktadır.⁽³¹⁾

ABD nüfusunun %50' sine yakını, kendi " ağız kokusunun " yaşamlarının bir noktasında kendilerini endişelendirdiğini bildirmiştir. Bu grubun yarısının gerçekten de devam eden bir sporadik veya kronik kötü nefes kokusu problemi olması muhtemeldir ⁽³²⁾. Ağız kokusunu gidermeye yönelik ürünlere her yıl yaklaşık 1 milyar dolar harcanmaktadır. Bilimsel veriler doğrultusunda, bu paranın kısa etkili maskeleyici ürünler yerine doğru bir teşhisin ardından doğru bir tedavi yaklaşımına yönelik harcanması önerilmektedir.⁽³³⁾

Miyazaki ve ark. ⁽³⁴⁾ (1995) tarafından yürütülen ve 18-64 yaşları arasındaki 2.672 bireyde kötü ağız kokusunu inceleyen bir çalışma, herhangi bir yaş grubunda erkekler ve kadınlar arasında VSC' de önemli bir fark olmadığını saptadı. Her yaş grubunda, ölçülen oral kötü koku değerleri en yüksek geç sabah grubunda, (ortalama 58.6 ppb), ardından geç öğleden sonra grubunda (52.1 ppb) ve en düşük değerler ise erken

öğleden sonra grubunda ölçüldü (39.4 ppb). Yalnızca VSC değerleri ile periodontal koşullar ve dil yüzeyinin durumu arasında önemli korelasyon gözlemlendi. Sonuçlar ayrıca oral kötü kokunun temel olarak genç nesilde dil kaplamasından ve genel popülasyondaki daha yaşlı nesilde dil kaplamasıyla birlikte periodontal hastalıklardan kaynaklanabileceğini göstermektedir. Yaş, VSC' yi arttırmak için bir risk faktörü değildi.

Liu ve ark. ⁽³⁵⁾, Çin popülasyonunda ağız kokusunun yaygınlığını incelemiş ve ağız kokusu ile ağız sağlığı, sosyal ve davranışsal faktörler arasındaki ilişkileri değerlendirmiştir. Bu yazarlar, organoleptik puana göre ağız kokusu prevalansının % 27,5 olduğunu gözlemlemişlerdir. Ağız havasındaki uçucu kükürt bileşiklerinin (VSC) seviyesi, erkeklerde ve bazı yaş gruplarında öğle yemeğinden sonra önemli ölçüde daha düşük çıkmış ve ağız havasındaki VSC konsantrasyonunun artmasında en önemli rolü dil kaplama miktarı oynamış, bunu periodontal durum ve plak indeksi değerleri izlemiştir. DMFT, sosyal ve davranışsal faktörler ağız kokusuna katkıda bulunmamıştır. Bu çalışmada dil kaplama skorunun, modifiye sulkus kanama indeksinin ve diş taşı indeksinin ağızdaki kötü koku ile önemli ölçüde ilişkili faktörler olduğu sonucuna varmışlardır.

İlginç bir şekilde, Al-Ansari ve ark.⁽³⁶⁾, 1.551 Kuveytli hastada, hasta tarafından bildirilen ağız kokusu ile ilişkili prevalansı ve faktörleri değerlendirdi. Kendi kendine bildirilen ağız kokusunun prevalansı % 23,3 idi. Diş fırçasının günde bir defadan daha az kullanılması, kendi kendine algılanan ağız kokusu ile en güçlü ilişkili faktördü. Kendi kendine algılanan ağız kokusuyla önemli ölçüde ilişkili diğer faktörler arasında; şu anda veya geçmişte sigara içilmesi, kadın cinsiyeti, 30 yaşında veya daha büyük olunması, lise veya daha az eğitim almış olması, kronik sinüzit veya gastrointestinal bozukluk öyküsü, misvak (*Salvadora persica* ağacının dallarından yapılmış doğal bir diş fırçası) ve diş ipi kullanılmaması vardı. Yazarlar yetersiz ağız hijyeni uygulamalarının, Kuveytli hastalardan oluşan bu örnekleme kendi bildirdiği ağız kokusu ile en güçlü ilişkili faktörler olduğu sonucuna varmışlardır. Önemli ilişkileri olan diğer faktörler arasında gastrointestinal sistem bozuklukları öyküsü, kronik sinüzit, ileri yaş, kadın cinsiyeti ve düşük eğitim seviyeleri yer almaktadır.

Belçika, Leuven' de multidisipliner bir ağız kokusu kliniğini ziyaret eden 2000 hastanın etiyolojisini ve özelliklerini analiz eden Quirynen ve ark.ları ⁽³⁷⁾ tarafından

yapılan bir başka çalışmada da yazarların bilgisine göre, ağız kokusunun etiyojisi ve özellikleri ilk kez aynı klinisyen tarafından (yani standart bir şekilde) bu kadar büyük bir hasta grubu için (esas olarak Kafkasyalılarından oluşan bir grup) için çalışıldı. Hastalar arasında erkeklerden biraz daha fazla kadın vardı. Kadınların erkeklerden daha sık tedavi aradıkları zaten gözlemlenmişti ⁽³⁴⁾ Diğer araştırmalarla tutarlı olarak, kadınlar ve erkekler arasında yaş dağılımında bir fark bulunmadı ve yaş ile kötü nefes kokusu arasında bir ilişki görülmedi ⁽³⁴⁾ Hastaların çoğu kendiliğinden gelmiş, birkaç yıldır şikayetleri olan ve farklı yerlerden yardım aramış bireylerdi. Bu, yalnızca genel nüfus arasında değil, aynı zamanda doktorlar ve diş hekimleri arasında da bilgi eksikliği olduğunu göstermektedir. Bu gerçek, önemli bir hasta grubunun nefesteki kötü kokular için tedavi ararken tamamen gereksiz bir gastroskopi veya başka bir tıbbi müdahale geçirmiş olması gerçeğiyle pekiştirilmiştir. ⁽³⁷⁾

Nalçacı ve ark. 'nın ⁽³⁸⁾ Türkiye' de yaptığı, yaş ve ağız kokusu arasında anlamlı bir korelasyon olduğunu gösteren çalışmada ise 7-11 yaş arası 628 çocuk üzerinde ağız kokusu görülme sıklığı %14,5 olarak bulunmuştur. Diş fırçalama sıklığı ve cinsiyetin bu problemi etkilemediği rapor edilmiştir.

Delanghe ve ark.ları ⁽³⁹⁾ hastaların % 58' inin kokudan başkaları tarafından bilgilendirildiğini, % 24' ünün kendilerinin de fark ettiğini ve % 18' inin ise sadece kendilerinin fark ettiğini bildirmişlerdir. Diş eti iltihabı veya dil kaplaması belirgin olmasına rağmen birçok hastaya endoskopik sinüs cerrahisi, tonsillektomi, gastroskopi ve bronkoskopi gibi birden fazla tanısal veya tedavi amaçlı girişim uygulanmıştır. Tipik bir bulgu da "ağız kokusu paradoksu" olarak belirlenmiştir; yani nefes kokusundan muzdarip insanlar sorunlarının tamamen farkında değilken, diğerleri hiçbir şey bulunamadığında bir problemleri olduğuna ikna olmuşlardır.

2.1.3. Sınıflama

Ağız kokusunun etkin bir şekilde tedavi edilip hastaya yeterli tedavi sağlanabilmesi için öncelikle kaynağın ve etiyojinin belirlenmesi gerekir. Hekimin iyi bir tedavi protokolü izleyebilmesi için de sınıflandırmaya ihtiyaç duyulmuştur.

Literatürde, Miyazaki ve diğerleri, 1999' da ⁽⁴⁰⁾, 2010' da Tangerman ve Winkel ⁽⁴¹⁾ ve 2014' te Aydın ve Harvey-Woodworth ⁽⁴²⁾ tarafından tanımlanan başlıca üç ağız kokusu sınıflandırması kullanılmıştır.

Miyazaki ve arkadaşları ağız kokusunu intra oral halitozis (IOH) ve ekstra oral halitozis (EOH) ⁽⁴⁰⁾ olarak ikiye ayırmıştır. Ekstra oral ağız kokusu kanla veya kanla taşınmayan olabilir ve tüm halitozisin yaklaşık % 5-10' unu kapsar. ⁽⁴¹⁾ İlişkili nedenler arasında; diyabet, metabolik bozukluklar, böbrek ve karaciğer hastalıkları, bazı ilaçlar ve yiyecekler yer alır. Kanla ilgili olmayan nedenler solunum ve gastrointestinal hastalıkları içerir. ⁽¹⁵⁾ Bu arada, ağız boşluğundaki patolojik durumlar IOH' nin % 80-90' ından sorumludur. ⁽⁴³⁾ Hem aerobik hem de anaerobik bakteriler IOH' den sorumlu olabilir. Bu mikroorganizmalar, uçucu sülfür bileşikleri (VSC' ler) olarak adlandırılan kötü kokulu, sülfür içeren gazlar üretme eğilimindedirler. ⁽⁴⁴⁾

Tangerman ve Winkel' in ⁽⁴¹⁾ sınıflandırmasında ağız kokusu; gerçek, pseudo (delüzyonal, kuruntusal) ve halitofobi olarak sınıflandırılır. Pseudo halitozis (monosemptomatik hipokondriyazis; hayali ağız kokusu), hastaların nefeslerinin kötü kokulu ve rahatsız edici olduğuna inandıkları bir durumdur.

Taze kokulu nefese sahip olmanın sosyal baskısı, bu durumla meşgul olan insan sayısını artırır. Bununla birlikte, oral kötü koku algısı her zaman gerçek klinik oral kötü kokuyu yansıtmaz. ⁽⁴⁵⁾ Erkeklerde, özellikle sigara içenler arasında, kadınlara göre kendi kendine algılanan ağız kokusunun daha yaygın olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, farklı yaş grupları ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklılıklar yoktur. ⁽⁴⁶⁾

Gerçek halitozis veya pseudohalitozis tedavisinden sonra kişi halitozisinin geçmediğini düşünmeye devam ediyor ise o zaman hastada halitofobi olabileceği düşünülmelidir, bu psikolojik sebepli bir durumdur. ⁽⁴⁷⁾

Hakiki ağız kokusu ayrıca fizyolojik ve patolojik ağız kokusu olarak alt gruplara ayrılmıştır. Fizyolojik ağız kokusu (kötü sabah nefesi, sabah ağız kokusu), tükürük tutulumunun yanı sıra sıkışmış gıda parçacıklarının çürümesinden kaynaklanır. ⁽¹⁵⁾ Fizyolojik halitoziste; spesifik bir hastalık ya da patolojik bir durum söz konusu değildir. Oral kavitede meydana gelen pütrifikasyon sonucunda ortaya çıkan, kokunun kaynağının temelde dilin dorsoposterior bölgesinden kaynaklandığı kötü koku söz konusudur. Uyku esnasında tükürük akışı azalmasına bağlı olarak, kötü kokunun oluşmasından sorumlu ağızdaki bakterilerin proliferasyonu artar. Meydana gelen pütrifikasyon sonucunda da sabah nefesi denilen, yemek yenilmesinin ardından

kaybolan, geçici durum oluşur. Her bireyde az veya çok miktarda bulunur. Halitozisi meydana getirebilecek belirli bir hastalık veya patolojik bir bulgu bulunmaz.⁽¹⁶⁾

Bununla birlikte, intra ve ekstra oral nedenler patolojik ağız kokusundan sorumludur.⁽⁴³⁾ Oral patolojik halitoziste; kötü ağız kokusu bir hastalık, patolojik durum ya da oral dokularda malfonksiyon sonucunda, dil üzerindeki plak kökenli veya periodontal hastalık, çürük, oral hijyen eksikliği veya protez hijyeni eksikliği, uyumunu yitirmiş restorasyonlar, ortodontik apareyler, ağız kuruluğu gibi modifiye patolojik bir durum veya karsinoma söz konusu olduğunda ortaya çıkabilir.⁽¹⁸⁾

Ekstra oral patolojik halitoziste kötü koku; nasal, paranasal veya laringeal bölgelerden, pulmoner sistemden veya üst solunum yollarından (tonsillit, sinüzit), diabetes mellitus, üremi/ böbrek yetersizliği, siroz gibi sistemik hastalıklara bağlı olarak, ksero stomiye, medikasyonlara bağlı olarak ortaya çıkar ⁽¹⁸⁾. Ekstra oral ağız kokusuna neden olabilen ilaçlar 10 gruba ayrılır: Asit düşürücüler, aminotiyoller, antikolinergikler, antidepresanlar, antifungaller, antihistaminikler ve steroidler, antispazmodikler, kemoterapötik ajanlar, diyet takviyeleri ve organosülfür maddeleri ⁽⁴⁸⁾.

Aydin ve Harvey-Woodworth patolojik ağız kokusunu beş tipe ayırmıştır:

Tip 1 (oral), Tip 2 (hava yolu), Tip 3 (gastroözofageal), Tip 4 (kan yoluyla) ve Tip 5 (subjektif) ve Tip 0 (fizyolojik) ağız kokusudur. Bu türlerin herhangi bir kombinasyonu her sağlıklı insanda bulunabilir. ⁽⁴²⁾

Hastada diğer koku tiplerinin varlığından bağımsız olarak, sabahları ilk birkaç saat içerisinde meydana gelen ve sonra kendiliğinden kaybolan bir ağız kokusu varsa bu Tip 0' dır. Tip 1; dil kokusu olarak da ifade edilir. Dil sırtında koku kaynağı bulunuyorsa ve bu bölgeye yönelik tedaviye cevap veriyorsa bu gruptadır. Tip 2; boğaz- sinüs sebepli ağız kokusudur. Farenks, tonsiller, paranasal sinüsler, burun mukozası ve çevreleyen dokularda herhangi bir bakteri kaynağı bulunuyorsa bu gruba girer. Tip 3; sindirim kanalı sebepli ağız kokusudur. Özofagus anüse kadar sindirim kanalında herhangi bir aromatik gaz kaynağı bulunup ağza ulaşıyorsa bu gruba girer. Tip 4; nefes kokusudur. Kan biyokimyasının değişmesinin sonucunda ya da alt solunum yolu rahatsızlıklarına bağlı olarak, ekspirasyon havasında koku meydana gelmesidir. Tip 5; psikojenik sebepli ağız kokusudur. Hastada 'ağız kokusu takıntısı'

bulunmaktadır. Bu sınıflamaya göre hasta ağız kokusu açısından muayene edilirken sırasıyla önce Tip 1 sonra Tip 2, daha sonra Tip 3 ardından Tip 4 ve son olarak Tip 5 ağız kokusu aranır ⁽¹⁴⁾.

2.1.4. Patogenez

Ağız kokusu, esas olarak ağız boşluğundaki bakteriler tarafından üretilen uçucu bileşiklerden oluşur. Ağız boşluğunda, yaklaşık 700 farklı bileşik tespit edilmiştir.⁽⁴⁹⁾ Bu uçucu maddelere; kükürt bileşikler, aromatik bileşikler, aminler, kısa zincirli yağlı veya organik asitler, alkoller, alifatik bileşikler, aldehitler ve ketonlar dahildir.^(50, 51) Hidrojen sülfid, metil merkaptan ve dimetil sülfidin intra oral halitozisteki ana uçucu bileşikler olduğu düşünülmektedir.^(6, 7) Birçok çalışmada, kötü kokulu maddelerin ölçümü yalnızca uçucu sülfür bileşikler (VSC'ler) ile ilgilidir. En yaygın kullanılanlar Halimetre (Halimeter, Interscan, Chatsworth, ABD) gibi VSC monitörleridir ^(7, 52). Bu yöntemin önemli bir dezavantajı vardır; çünkü dimetil sülfid ölçümleri kesin değildir.⁽¹³⁾ Alkollerin, fenil bileşiklerinin ve poliaminlerin varlığı ölçümleri etkileyebilir. ^(9, 17) Bu nedenle, intra oral halitozis değerlendirmesinde diğer maddeler genellikle dikkate alınmaz. Ancak, eşit derecede önemli bir role sahip olabilirler.⁽¹⁵⁾ Bu durum gaz kromatografisi- kütle spektrometresi kullanan çalışmalarla doğrulanmıştır.^(51, 53) Monedeiro ve ark.'nın makalesinde, intra oral halitozisli kişilerde 85 uçucu tespit edilmiş ve en baskın kötü koku bileşik sınıfları alkoller ve ketonlar olarak tespit edilmiştir.⁽⁵³⁾ Bu grupta sağlıklı kişilere kıyasla artan sayıda uçucu kükürt bileşikler ve esterler gözlenmiştir. Aynı zamanda yazarlar on adet VSC maddesi bulmuşlardır: metil tiyoasetat, dimetil disülfür, dimetil trisülfür, dimetil tetrasülfür, dimetil pentasülfür, dimetil sülfon, alil tiyosiyonat, alil izotiyosiyonat, S-metil pentantiyoat ve tiyolan-2-on.⁽⁵³⁾

Diğer çalışmalarda, halitozis hastalarında, ağız boşluğunda en sık bulunan 30 uçucu bileşik, alkanlara veya alkan türevlerine aittir. Bunlar; metil benzen, tetrametil bütan ve etanoldür ⁽⁵⁴⁾. Dadamio vd. ⁽⁵⁵⁾ VSC ve aminleri (putrescine, kadaverin ve trimetilamin gibi) intra oral halitozis hastalarında en bol bulunan organik bileşikler olarak bildirmiştir. İntra oral halitoziste de en sık tanımlanan bileşikler olan VSC'ler arasında, en düşük koku eşiği değerleri metil merkaptan, ardından hidrojen sülfür ve dimetil sülfüre aittir. Bu, ağızdaki hoş olmayan kokudan esas olarak bu maddelerin

sorumlu olduğu anlamına gelir. Ayrıca metil merkaptan diğerk bileşiklere göre çok daha düşük konsantrasyonlarda hissedilebilir.⁽¹⁵⁾

Ağız boşluğunda, intra oral halitozis ile ilgili en önemli anatomik kısım dildir. Dille ilişkili mikrobiyota, kötü kokulu bileşikler ve yağ asitleri üretir.

VSC' ler kötü kokudan sorumlu en temel maddelerdir. Metiyonin, sistein ve homosistein gibi sülfür amino asitleri gram negatif anaerobik bakterilerin metabolizmasının ürünleridir ^(5, 56). Hidrojen sülfür ve merkaptanlar başlıca son ürünlerdir ⁽⁵²⁾. Sopapornamorn ve ark.larının ⁽⁵⁷⁾, yaptığı bir çalışmada sağlıklı gönüllülerde tükürükteki H₂S konsantrasyonu 1.641–7.124 µM aralığındaydı. Diğerk çalışmalarda, sağlıklı kişilerin tükürüğündeki ortalama H₂S miktarı 0.5 ng / 10 mL iken, intra oral halitozisli hastalarda 6.7 ng / 10 mL idi.

Gram pozitif bakteriler, VSC üretiminde gram negatif anaerobik bakterileri destekleyebilir. Şeker zincirlerini glikoproteinlerden keserler ve proteolitik işlemler için gerekli olan proteinleri sağlarlar ⁽⁵⁾.

Streptococcus salivarius, ve ardından Porphyromonas gingivalis; VSC' ye indirgenebilen başta müsin olmak üzere tükürük glikoproteinlerinin deglikosilasyonunda bir etkiye sahiptir. ⁽⁵⁸⁾ Buna karşılık, Solobacterium moorei, VSC' nin β-galaktosidaz aktivitesi ve glikoproteinlerin yıkımı yoluyla üretimi ile ilişkilidir ^(5, 59).

Temel VSC' ler hidrojen sülfür, dimetil sülfür, dimetil disülfür ve metil merkaptandır. ^(56, 60) Bunlar çoğunlukla anaerobik bakteriler tarafından üretilir.

Kötü kokulu gazların artmış üretimi esas olarak dil yüzeyinde ve diş eti iltihabı ve periodontitis gibi hastalıklarda ve daha az ölçüde perikoronit, oral ülserler, periodontal apseler ve herpetik gingivitiste ortaya çıkar. ⁽³⁷⁾

İndol, skatol, aminler ve amonyak gibi diğerk uçucu organoleptik (duyu organlarını uyaran) bileşikler, sülfür içermeyen amino asitlerin (yani, triptofan, lisin ve ornitin) petrifikasyonu (katılaşması, taşlaşması) ile üretilir.

Çalışmalar, uçucu kükürt bileşiklerinin ağız kokusunun başlıca sebebi olduklarını göstermiştir. Hidrojen sülfür, metil merkaptan ve daha az ölçüde dimetil sülfid, halitozisteki uçucu sülfür bileşiklerinin % 90' ını temsil eder.^(28, 45)

İntra oral halitozise neden olan diğer önemli maddeler, putresin ve kadaverin gibi diamindirler. Her iki bileşik de amino asitlerden, argininden putresin ve L-lizinden kadaverinden üretilir.⁽⁶¹⁾ Her iki diamin de diş plağında oluşan bakteriler, ciddi periodontitis ve gıdanın pütrefaksiyonu (organik bozulma) ile ilişkilidir.⁽⁶²⁾

Ağız boşluğunu ve dişleri kolonize edebilen çoğunlukla Enterobacteriaceae olmak üzere gram-negatif bakteriler, üreyi karbon dioksit ve amonyağa hidrolize eden üreaz üretir ⁽⁵⁰⁾. Escherichia coli, sistein desülhidraz kullanarak sisteinden amonyak oluşturabilir ⁽⁶³⁾ veya nitratları amonyağa indirgeyebilir.⁽⁶⁴⁾ Trimetilamin üretimine başlıca katkıda bulunanlar; Anaerococcus, Clostridium, Collinsella, Desulfovibrio, Lactobacillus, E. coli, Citrobacter, Edwardsiella, Providencia ve Proteus gibi ağız boşluğunun florasında yaşayabilen bağırsak bakterileridir.⁽⁶⁵⁾

İndol ve skatol, ağız içi; gram pozitif Streptococcus milleri ve Porphyromonas intermedia, Fusobacterium nukleatum ve Porphyromonas gingivalis gibi anaerobik gram negatif bakteriler tarafından yüksek miktarlarda üretilir. Her iki aromatik bileşiğin de küçük miktarlarını Aggregatibacter aphrophilus, Staphylococcus epidermidis ve Streptococcus sanguis üretir.⁽⁶⁶⁾

IOH; aralarında hidrojen sülfür, dimetil disülfür ve metil merkaptan gibi uçucu sülfür bileşiklerinin (VSC' ler) baskın olduğu uçucu bileşikler tarafından oluşturulur.

VSC' ler esas olarak Actinomyces, Bacteroides, Dialister, Eubacterium, Fusobacterium, Leptotrichia, Peptostreptococcus, Porphyromonas, Prevotella, Selenomonas, Solobacterium, Tannerella ve Veillonella cinslerine ait anaerobik bakteriler tarafından üretilirler.⁽¹⁵⁾

2.1.5. Etiyolojik Faktörler

Bollen ve ark.' larına ⁽⁶⁷⁾ göre ağız kokusunun yaygınlığı toplumda % 50- 65 oranındadır. %90' dan fazlasının sebebi intra oral ve %8' i ise kulak- burun- boğaz veya sindirim kanalı hastalıklarına bağlıdır. İntra oral halitozisin tedavisini diş hekimi

üstlenirken, sistemik sebeplere bağlı halitozislerde hasta tıp doktoruna yönlendirilmelidir.

Fizyolojik Ağız Kokusu

Tüm sağlıklı bireylerde sabahları uyandıklarında sindirim kanalında biriken gazlar veya dil sırtında üreyen bakterilerin oluşturduğu VSC gazları nedeniyle halitozis ortaya çıkar. Bu fizyolojik ağız kokusu⁽¹⁴⁾ ‘*morning breath*’ olarak da adlandırılır⁽⁶⁸⁾. Gece uykusu boyunca tükürük akışı yavaşlar, dil sırtı ve ağız kurur. Tükürüğün yıkayıcı etkisinden yaralanamadığı için dil sırtı kurur ve patojen bakterilerin sayısı artar ve daha fazla VSC üretilir. Fizyolojik ağız kokusunun başka bir sebebi de bağırsak bakterilerinin aktiviteleri sebebiyle oluşan VSC gazlarının ağızda birikmesidir.⁽¹⁴⁾ Dişler fırçalandığında, kahvaltı yapıldığında⁽⁶⁹⁾ veya çay, kahve tüketiminin ardından sonlanır.

Soğan, sarımsak gibi H₂S salınımı yüksek sebzelerin⁽⁷⁰⁾ tüketiminin ardından veya uzun süreli açlık, yanlış beslenme gibi sebeplerden dolayı da fizyolojik ağız kokusu oluşmaktadır.⁽⁷¹⁾ Aynı zamanda ağız solunumu ve parmak emme gibi alışkanlıklar da etkenler arasındadır. Kadınlarda ovulasyon, menstrüasyon, hamilelik ve menopoz dönemlerinde meydana gelen hormonal değişiklikler sebebiyle ağızdaki VSC miktarının artmasıyla birlikte oluşan ağız kokusu da bir diğer örnektir.⁽⁷²⁾

Fizyolojik ağız kokusu için tedavi gerekli değildir; çünkü tedavi edilse bile tekrar ortaya çıkacaktır.⁽¹⁴⁾

Patolojik Ağız Kokusu

Patolojik ağız kokusu doğru tespit ve tedavi gerektiren bir durumdur. Kişi açısından hem bireysel hem sosyal anlamda sıkıntı vericidir. Kendi içerisinde *intra-oral* ve *ekstra oral* olarak iki sınıfa ayrılabilir.

Intra Oral Sebepli Ağız Kokusu

Quirynen ve ark.,larının⁽³⁷⁾ Belçika’ da bir halitozis kliniğinde 2000 hasta üzerinde yaptığı bir çalışmanın sonuçlarına göre; olguların çoğunda (% 75,8) ağız kokusunun nedeni oral ve en sık da % 43,4 oranında dil kaplamasıdır. Hastaların sadece küçük bir kısmında gingivitis veya periodontitis tek neden olarak belirlenmiş (sırasıyla % 3,8 ve % 7,4) ve vakaların % 18,2’ sinde hem dil kaplaması hem de gingivitis / periodontitis kombinasyonu tespit edilmiştir. Dil kaplamasının ağız kokusu için önemi, dil kaplaması ile koku oluşumu arasında yüksek korelasyonların bulunduğu önceki

Çalışmalarda da gözlemlenmiştir.⁽²³⁾ Diğer oral nedenler arasında da en çok bulunan % 2,5 oranında kserostomidir.⁽³⁷⁾

Diğer sık etkenler arasında ⁽¹⁴⁾;

- Hijyenik olmayan köprü gövdeleri
- Gingivitis
- Yirmi yaş dişi perikoroniti
- İnterdental yüzeylerde besin retansiyonuna sebep olan dolgu ve kuronlar
- Ağızdaki bütün polisajsız yüzeyler
- Fistülü olan veya olmayan bütün kronik apikal lezyonlar
- Ağız içerisindeki tüm enfeksiyonlar ve lezyonlar
- Ortodontik apareyler sayılabilir.

Rosenberg ve ark.larına göre ⁽²³⁾ kokunun oral kaynaklı olduğunu belirleyebilmek için dikkat edilmesi gereken bazı faktörler vardır;

- Hasta konuşmaya başladığında kokunun şiddetlenmesi,
- Kokunun burundan değil ağızdan gelmesi,
- Ağız kuruluğu olan durumlarda kokunun artması,
- Oral hijyenin düzeltilmesi, dilin fırçalanması veya gargara ile kokunun azalması.

Halitozis ve Dil Eklentileri

Ağız kokularının %90' dan fazlasının sebebi dil sırtındadır. Dilin 2/3 arka kısmında bulunan tat tomurcukları ve dil papilleri arasında biriken bakteriler tükürüğün yıkayıcı etkisinden çok faydalanamazlar.⁽¹⁴⁾ Buradaki bir epitel hücresine 100 bakteri adezyon gösterebilirken ağızdaki başka herhangi bir epitel hücresi için bu sayı yaklaşık 25' tir. Bu nedenle dil dorsumu epitel ve kan hücrelerinden oluşan bakteri içerikli eklenti retansiyonuna oldukça müsaittir.⁽⁷³⁾

Bu bakterilerin çoğu anaerop proteolitik bakterilerdir. Proteinleri, peptitlere ve daha sonra aminoasitlere kadar parçalayabilirler. Aminoasitlerden özellikle kükürtlü olan uçucu kükürtlü gazlara dönüşürler ve bu kötü kokulu gazlardan halitozis oluşur. Bu bakteriler, ağız kokusu yapan “odorijenik bakteriler” olarak adlandırılır. Sağlıklı bir ağızda dil sırtındaki proteinlerin 3 kaynağı vardır bunlar; besinler, tükürük & dişi eti

oluğu sıvısı ve ölü konak, bakteri hücreleridir.⁽¹⁴⁾ Dil dorsumundan Bacteroides, Fusobacteria spp., Peptococcus, Peptostreptococcus vb. birçok anaerobik tür izole edilmiştir.⁽⁷⁴⁾

Dil sırtından kaynağını alan ağız kokusuna dil kokusu da denir ⁽¹⁴⁾. Ağız kokusu olan bireylerde dil temizliğı, diş fırçalama ve su ile gargara yapmanın VSC üzerine etkisi incelendiğinde, dil temizliğinin VSC miktarını daha uzun süreli olarak düşürdüğü görülmüştür.⁽⁷⁵⁾

5 ml' lik sülfür içeren gargaraların (L-sistein, L-metiyonin, oksitlenmiş ve indirgenmiş glutatyon ve sistin) 30 sn boyunca kullandırıldığı bir çalışmada, VSC oluşumuna en fazla sistein gargara sebep olmuştur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; en yüksek aktivite, çok sayıda anaerobik bakterinin mevcut olduğu bilinen dil sırtında yer almaktadır. Sublingual alanda ve bukkal sulkusta gözlenen aktivitenin dışın interproksimal alanlarında anaerobik bakterilerin varlığından kaynaklanabileceğı tahmin edilmiş ve VSC üretiminin diğer bölgelerde önemli olmakla birlikte daha çok dil dorsumunda meydana geldiğı belirtilmiştir.⁽⁷⁶⁾

Yine aynı çalışmada; halitozis problemi olmayan 4 sağlıklı gönüllünün sublingual bölgesinden, bukkal sulkusundan ve dil dorsumundan örnek alınarak 2 ml' lik sistein solüsyonuna yerleştirilmiştir. Sağlıklı bireylerden elde edilen sonuçlarda da yine en fazla VSC üretimi dil dorsumunda görülmüştür.⁽⁷⁶⁾

Bir başka çalışmada da dil fırçalamak ağız kokusunu % 76 oranında azaltırken, detertraj yapmak aynı kokulu gazı sadece % 26 oranında azaltmıştır ⁽⁷⁷⁾. Bu çalışma da yine dil dorsumunun bu konudaki en önemli etken olduğunu göstermektedir.

Diş Çürükleri

Intra oral halitozisin ana sebeplerinden biri de diş çürükleridir. Nalçacı ve ark.larının ⁽³⁸⁾ 7- 15 yaş aralığındaki 30 çocuk üzerinde yaptığı bir araştırmada; dil kaplaması, plak indeksi ve dental indeks VSC değerleriyle yüksek korelasyon göstermiştir. Ayrıca, kötü koku parametreleri, ağız hijyeninin önemi konusundaki farkındalığın artmasıyla iyileştirilmiştir.

Ağız Kuruluğu (Kserostomia)

Halitozis hastalarında en sık rastlanan şikâyet ağız kuruluğu hissidir. Tükürük akış hızının azalması tükürüğün viskozitesinin artmasına, daha kalın ve yapışkan hale

gelmesine, ağzın doğal temizleme mekanizmasının bozulmasına neden olur. Bu da baskın mikroorganizmaların gram (-)' e kaymasına yani halitozisten esas sorumlu bakterilerin artmasına sebep olur.⁽⁷⁸⁾

Tükürük viskozitesinin, pH değişiklikleriyle, sirkadyen ritm, sigara ve kahve tüketimi, stres gibi emosyonel faktörler ve menstrual siklusla ilişkili olarak artarak, müsinöz özellik kazanmasıyla gelişen ağız kuruluğu dilin dorsoposterior bölgesinde bakterilerin yerleşebileceği, yiyecek artıklarından oluşan bir tabaka oluşmasına ve VSC' nin açığa çıkmasına neden olur. Aynı zamanda VSC' nin bir kısmı suda çözünabilir ve bu da tükürüğün içerisinde bir miktar VSC' nin çözünerek tutulmasını sağlar. Bu şekilde VSC daha az oranda ve daha yavaş bir hızla ağız havasına katılır. Aksine kuruyan bir oral mukozada tampon görevi görecektir yeterli tükürük bulunmaz ve bu gazlar direk olarak ağız havasına katılır. Bu nedenle ağız kuruluğunda koku şiddetli olabilir.⁽¹⁴⁾

Ağız kuruluğuna sebep olabilecek durumlar arasında; romatoid artrit, sjögren sendromu, sistemik lupus eritematozus, skleroderma gibi otoimmün hastalıklar, diyabet, kronik hepatit, radyoterapi ve kemoterapi; dehidrasyon; vitamin eksiklikleri; antihistaminikler, antidepresanlar, antipsikotikler, antihipertansifler, antikolinergikler, diüretikler ve narkotikler gibi ilaçların kullanımı sayılabilir. Ağız solunumu da yine bir başka etkidir.⁽⁷⁹⁾ Yüz on dokuz çocuğun katıldığı bir çalışmada da ağız solunumu, ağız kokusu için belirleyici bir faktör olarak bulunmuştur.⁽⁷⁸⁾

Periodontal Hastalıklar

Günümüzde bazı çalışmalarda periodontal hastalık ile halitozis arasındaki ilişki gösterilmiştir. Tükürük veya subgingival plak putrifiye olmaya bırakıldığında gram (-) bakterilerin baskın hale geldiği görülmektedir.⁽⁸⁰⁾ Veloso ve ark.ları hastaların % 85' inde IOH' nin gram negatif bakterilerden kaynaklandığından bahsetmiştir.⁽⁸¹⁾

Gingivitis ve periodontitis ile ilişkili bakteriler de büyük oranda gram (-) bakterilerdir. Bu durum ağızdaki VSC düzeyinin periodontal cep derinliği ile paralel bir ilişki göstermesini ve nefesteki VSC miktarının; periodontal ceplerin sayısı, derinliği ve kanama eğilimi arttıkça artmasını açıklayabilmektedir.⁽⁸²⁾ Subgingival plakta bulunan mikroorganizmalar in vitro olarak uçucu sülfür bileşiklerini üretebilmektedir. F. nucleatum, T. denticola, P. intermedia, P. gingivalis, B. forsythus, Eubacterium ve diğer subgingival mikroorganizma türleri methionin, sistin veya serum proteinlerinden

yüksek miktarlarda metil merkaptan (CH_3SH) ve hidrojen sülfür (H_2S) üretebilmektedir.⁽⁸³⁾ Bu mikroflora da ihtiyaçları olan enzimlere, sülfür içeren peptid ve amino asitlere kanamalar ve diş eti oluşu sıvısı ile kolaylıkla ulaşabilmektedir.⁽⁷²⁾ Periodontitis dil sırtındaki bakterileri sayıca desteklemektedir ve ayrıca diş eti oluşu sıvısında daha fazla globülin bulunmaktadır. Bu da VSC kaynaklarından biridir.⁽¹⁴⁾

Periodontal cep sayısı artmış ve cep derinliği 3 mm' den derin hastalarda VSC üretimi de artmaktadır.⁽⁸⁴⁾ Yaegaki ve ark.larının ⁽⁸²⁾, yaptığı bir çalışmada; periodontal tutulumu olan hastaların ağız havasındaki (VSC) ve metil merkaptan / hidrojen sülfür oranı, kontrol grubundaki gönüllülere göre 8 kat daha fazla bulunmuştur. Çalışmada periodontal hastalığı olan hastalarda:

- VSC' ye dönüştürülen disülfid konsantrasyonunun toplam cep derinliği ile orantılı olarak arttığı;

- VSC' nin % 60' ının dil yüzeyinden üretildiği;

- Dil kaplama miktarının, kontrol gönüllülerinden 4 kat daha fazla olduğu;

ve VSC üretimi ve dil kaplamasının metil merkaptan / hidrojen sülfür oranını arttığı görülmüştür. Metiyoninin metil merkaptana metabolizmasının bir yan ürünü olan 2-ketobutirat, periodontal hastalığı olan hastaların tükürüğünde daha yüksek bulunmuştur. Periodontal cepleri olan hastaların ağız boşluğunda metiyoninin metil merkaptana dönüşümü artmıştır. Ayrıca, periodontal hastalığı olan bireylerin metil merkaptan / hidrojen sülfür oranlarının anlamlı derecede yüksek olduğu ve metil merkaptanın periodontal hastalığın bir hızlandırıcısı olarak rol oynadığı da belirtilmektedir.

Ekstra Oral Sebepli Halitozis

Boğaz- Sinüs Sebepli Ağız Kokusu:

İntra oral kokudan farkı; bakteri rezervuarının ağızda değil, paranazal sinüsler, farenks veya orta kulak gibi dokularda olmasıdır. Özellikle çocuklarda alerjik başlayan sinüs, tonsil ve orta kulak iltihabı bu tipte koku sebebi olabilir.⁽¹⁴⁾ Orta kulak iltihabı tedavi edildikten sonra nazofarenks florasındaki bakteri sayı ve çeşitliliğinin azaldığı gösterilmiştir.⁽⁸⁵⁾

Bu tipte ağız kokusunun sık rastlanan sebepleri genellikle sinüzit, tonsillit, farenjit, rinit, otit ve postnazal akıntıya sebep olan diğer KBB hastalıklarıdır. Enfeksiyonların devam ettiği durumlarda; enfeksiyon odağı küçükse, kokunun merkezi dil yüzeyi olmaya başlar. ⁽¹⁴⁾

Kokunun kökenini tespit edebilmek için hastadan ağzını kapatması ve burundan nefes vermesi istenir. Burundan güçlü bir koku geliyorsa kokunun kaynağının burun, sinüs veya nazofarinks olduğu düşünülebilir. ⁽⁸⁶⁾ Hasta KBB uzmanına yönlendirilmelidir. ⁽¹⁴⁾

Akut tonsilitle birlikte tonsiller üzerinde oluşan kriptalarda yiyecek artıkları veya tükürük gibi ürünlerin birikebilmesi ve tonsil taşları VSB oluşum riskini 10 kata kadar arttırabilmektedir. ⁽⁸⁷⁾ Eubacterium, Fusobacterium, Porphyromonas, Prevotella, Selenomonas ve Tanerella gibi tonsil taşlarında bulunan anaerobik bakterilerin yüksek miktarda VSB üretiminden sorumlu olabilecekleri belirtilmiştir. ⁽⁸⁸⁾

Akciğer Patolojileri:

Bronşektazi, akciğer abseleri, tüberküloz ve nekrotizan pulmonik neoplazi gibi endobronşiyal kronik hastalıklar kötü koku oluşumuna neden olabilmektedir. ⁽⁸⁹⁾

İnhale kortikosteroidlerin uzun süreli kullanımında astım hastalarının solunum yollarındaki flora değişimine bağlı olarak orofarengeal candidazis gelişebilir. ⁽¹¹⁾

Gastrointestinal Patolojiler

İnflamatuvar bağırsak hastalığı, helicobacter pylori enfeksiyonu, gastrit ve özofaringeal reflü gibi gastrointestinal sistem hastalıkları sonucu da kötü oral koku oluşabilmektedir. ⁽¹³⁾ Posterior farinks ve özefagus birleşiminde yer alan Zenker's divertikulumundaki birikintiler sebebiyle halitozis gelişebilmektedir. ⁽¹¹⁾

Karaciğer Hastalıkları

Metioninin tamamlanmamış metabolizması sonucunda sülfür bileşikleri üretilir. Dimetil sülfür, karaciğer hastalarının nefeslerindeki karakteristik kokuyu meydana getirir. Karaciğer hastalığı olan bireylerin nefeslerindeki; isoalerik asit, isobutrik asit ve butrik asitler gibi organik asitlerin metabolitleri sağlıklı bireylerin nefeslerinde bulunmaz. ⁽⁵¹⁾

Metabolik Hastalıklar

Halitozise sebep olabilen metabolitler vücudun herhangi bir yerinde oluşabilir ve ardından kan yoluyla akciğerlere taşınıp nefesle kötü kokuya maruz bırakabilir. Asetil-CoA' nın dekarboksilasyonundan meydana gelen aseton alveolar havada en çok bulunan metabolittir. Aseton seviyeleri, diabetes mellitusta artar, bu sebeple hastaların nefeslerinde tatlı bir koku meydana gelir. Kokuları asetona benzeyen diğer ketonlar; 2-pentanon ve 2-butanon da alveolar havada bulunur. 1-propanol ve 2-butanonun yüksek konsantrasyonları akciğer kanseri ile ilişkilidir ve güçlü kokuları vardır.⁽⁵¹⁾

Bir genetik hastalık olan trimetilaminüride; idrar, ter ve nefeste çürümüş balık kokusuna benzer keskin bir amonyak kokusu vardır. Trimetilaminin aşırı üretilmesinden kaynaklanır. Balık kokusu sendromu olarak da adlandırılır. Bir diğer metabolik hastalık olan hipermetioninemide ise kanda metionin konsantrasyonu yüksektir. Yine belirgin ağız kokusu ve kendine özgü ter ve idrar kokusu vardır.⁽⁶⁸⁾

Kronik böbrek yetmezliğinde ise kandaki üre miktarının artmasına ve tükürük akış hızının azalmasına bağlı olarak halitozis görülebilir.⁽⁹⁰⁾

Diabetik ketoasidozda ise glikoneogenezis sonucunda oluşan VSC içerikli son ürünler, kan yolu ile akciğerlere taşınır ve nefeste tipik tatlı aseton kokusu meydana getirir.⁽⁶⁷⁾

Psikojenik Etkenler

Psikolojik nedenlere bağlı olarak oluşan halitozis; pseudo halitosis veya halitofobi olarak tanımlanabilir. Pseudo halitosis; kötü kokunun gerçekte bulunmadığı ancak kişinin var olduğuna inandığı bir durumdur. Halitofobi ise; halitozis varlığını destekleyecek fiziksel ve sosyal hiçbir dayanağın bulunmadığı, halitozis ve pseudo halitozis tedavileri sonrasında hastanın hala halitozisten mustarip olduğuna şiddetle inandığı durumdur. "Bad Breath Paradox" ise; halitozisi olan bireyin bu durumdan haberdar olmaması durumudur.⁽⁹¹⁾

Pseudo halitozis veya halitofobisi olan hastaların oranının yıllar içinde arttığı fark edilmektedir. 2000 hasta üzerinde yapılan bir araştırma, pseudo halitozisin 2000' den sonraki yıllar için % 15.7'ye ulaştığını göstermiştir. Bu hastaların yüzdesindeki artışın olası bir nedeni; medyada, özellikle de internette mevcut olan taze nefesle ilgili yüksek miktardaki reklamlardır. Hastaların ağızlarında kötü bir tat fark etmeleri ve yanlış bir şekilde nefesten kötü koku aldıklarını varsaymaları da nadir değildir.⁽³⁷⁾

Yapılan araştırmalara göre halitofobiklerin 2/3'  kadındır. ⁽⁹²⁾ Quirynen ve ark.larının ⁽³⁷⁾ yaptığı çalışmada da; kadınların % 45' i ve erkek pseudo halitozis hastalarının % 32' si, bir takip ziyaretinde sorunla ilgili hissettiklerinde herhangi bir değişiklik fark edememiştir. Bu durumlarda psikiyatrik tavsiyede bulunulması gereklidir. Halitofobi artık bilinen bir psikiyatrik durumdur. ⁽⁹³⁾

2.1.6. Halitozis Tespit Yöntemleri

Teřhiste kullanılan başlıca yöntemler řu şekilde sıralanabilir:

1. Duyularla Yapılan lmler

a) Organoleptik lmler

b) Kendi Kendine Değerlendirme ve Görsel Analog Skala (VAS)

2. Mikrobiyal ve Kimyasal Testler

a) Ninhidrin Testi

b) BANA Testi:

c) İndol Testi:

d) Kükürt Testi:

3. Gaz Kromatografi (Spesifik formu Oral Chroma)

4. Sülfür Monitörleri

a) Halimeter

b) Breathron

5. Dil Sülfit Problemleri

6. Elektronik Burun

7. β Galaktosidaz Aktivitesinin llmesi

8. Tükürük İnkübasyon Testleri

9. Amonyak Monitörleri

Duyularla Yapılan Ölçümler

Organoleptik Yöntem:

Ağız kokusu, dil kokusu, nazal koku belirlenmesinde kullanılan organoleptik skorlama, bir kişinin burnunu kullanarak koklaması ile ağızdan salınan kokuların yoğunluğunun sınıflandırılmasıdır. Gözlemci tarafından tanımlanan nahoş kokunun varlığını gerçek zamanlı olarak yansıtabilir. Bu yöntemle hem ağızdan hem de burundan verilen nefes değerlendirilebildiği için ağız içi ve ağız dışı kaynaklı halitozis ayrımı yapılabilir.⁽¹⁶⁾ Kokunun yalnızca oral bölgede olması ağız içi veya faringeal bölgeden kaynaklandığını; yalnızca burunda olması burun veya sinüslerden kaynaklandığını gösterir. Halitozisin hem ağız hem de burundan aynı yoğunlukta hissedilmesi sistemik sebepleri düşündürebilir.⁽⁶⁸⁾ Bu skorlama sistemleri 0-10 ve 0-5 arasında çeşitlilik gösterse de en yaygın olarak kullanılanı 0-5 arasında skor verilen sistemdir. Rosenberg' in skorlama sistemine göre: ⁽²⁷⁾

- 0: Koku yok (Halitozis yok veya fark edilemiyor)
- 1: Belli belirsiz koku (Şüpheli halitozis)
- 2: Hafif, fakat açıkça fark edilebilir koku (Tanımlanabilen koku)
- 3: Orta derecede koku (Koku kesinlikle fark edilir)
- 4: Güçlü koku (Hekim tarafından tolere edilebilen koku varlığı)
- 5: Oldukça kötü koku (Hekim tarafından tolere edilemeyen koku varlığı)

Değerlendirmeyi yapacak klinisyenlerin, koku duyusunun standardize edilmesi önemlidir. Koku duyuları bir koku kiti kullanılarak kalibre edilebilir. T&T Olfactometer test kitleri (Takasago Industry, Tokyo, Japonya) bunlardan biridir.⁽⁴⁷⁾

Organoleptik skorları belirlemeden önce değerlendiricilerin çay, kahve, meyve suyu ve sigara içmemeleri, kokulu kozmetikler kullanmamaları gerekir. Koku alma duyularını etkileyecek herhangi bir rahatsızlıkları olmamalıdır. Bu yöntem daha subjektif bir yöntem olmasına rağmen; özel ekipman gerektirmemesi ve en pratik yöntem olması sebebiyle kullanımı avantajlıdır ⁽⁹¹⁾. Hasta ise son 3 hafta içinde antibiyotik kullanmamış, olmalı ve ayrıca son 2 gün soğan, sarımsak gibi kokuya neden

olan yiyecekleri tüketmemelidir ⁽⁴⁷⁾, son 4 saat yeme içme, oral hijyen işlemleri, sakız çiğneme, gargara yapma ve parfüm gibi kozmetik ürünlerin kullanımından kaçınması gerektiği konusunda bilgilendirilmelidir. ⁽⁹⁴⁾

Organoleptik skarlama sistemindeki gerçek sorun aslında hem skarlama yapan kişi hem de skarlama yapılacak birey için rahatsız bir durum oluşturmastır. Bu nedenle geliştirilen bir yöntem ise skarlama yapılırken hastanın skarlama yapan kişiyi görmesini engelleyen bir bariyer oluşturulmasıdır. Ölçüm yapan kişilerin değerlendirme sonuçlarının farklılık gösterebilmesi de bir başka dezavantajdır. Aynı zamanda; açlık, menstrual siklus gibi fizyolojik ve psikolojik faktörlerin ölçümü etkileyebilmesi de problemlerden yine bazılarıdır. ⁽⁹⁵⁾

Kendi Kendine Değerlendirme ve Görsel Analog Skala (Vas)

Hastanın kendi kendine 10 cm' lik görsel analog bir skala kullanarak, ağız kokusunu skarladığı yöntemdir. Bu değerlendirme yönteminde 0- 10 arası rakamlar verilmektedir. 0; hiç koku olmamasını tanımlarken, 10; aşırı kötü kokuyu tanımlamaktadır. ⁽²²⁾ Bu değerlendirme yönteminde Rosenberg ve ark.' larının ⁽²²⁾ kullandığı 0-10 arasında değerlere sahip vizüel analog skala kullanılır.

5 tane değerlendirme ölçümü bulunmaktadır:

- 1- Ölçüm öncesi skor: Hastadan ağız kokusu ölçümleri yapılmadan önce, o sırada hissettiği ağız kokusunu skarlaması istenir.
- 2- Tüm ağız kokusu skoru: Hasta burnunu ve ağzını elleriyle kapatır. Daha sonra verdiği nefesi koklar ve ardından skorlar.
- 3- Dil kokusu skoru: Hasta el bileğini yalar ve 5 sn sonra 3 cm uzaklıktan koklayarak skorlar.
- 4- Tükürük kokusu skoru: Yaklaşık 1 ml tükürük 37°C de bir petri kabında ağız kapalı olarak 5 dk bekletilir. Daha sonra hasta 4 cm mesafeden koklayarak skarlama yapar.
- 5- Ölçüm yapıldıktan sonraki skor: Bu ölçümler yapıldıktan sonra hastadan tekrar ağız kokusunu skarlaması istenir.

Mikrobiyal ve Kimyasal Testler

Ninhidrin Testi:

VSC üretilen ağızlarda amin seviyesi de yükselir. Bu test ile ağızdaki serbest aminler kantitatif olarak ölçülür. ⁽¹⁴⁾

Hastalardan alınan tükürük, isopropanol ile karıştırılır. Santrifüj edildikten sonra; tampon solüsyon ve ninhidrin ayırıcı ile isopropanol dilüe edilir. Karışım su banyosunda 30 dakikada 21°C ye soğutulur ve toplam hacim 10 ml olana kadar isopropanol ile dilüe edilir. Spektrometre ile renk değişiminin tespiti yapılarak testin sonucu bulunur. Bu skorlama yöntemi pratiktir ve maliyeti düşüktür. Aynı zamanda ölçümler; organoleptik skorlar ve sülfür monitörizasyonu yöntemleri ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki göstermektedir. ⁽⁹⁶⁾

BANA Testi:

BANA testi; N- benzoyl- DL- arginine- naphthylamide isimli maddeyi tespit etmek için kullanılır. Bu madde VSC üreten oral anaerop bakteriler tarafından hidrolizlenir. ⁽¹²⁾

Piyasada bu test için mevcut hazır stripler pek çok ülkede bulunmaktadır. Bu striplere tükürük uygulandığında; tükürükte BANA pozitif bakteri var ise, strip üzerindeki BANA molekülü β - naftilamide dönüşür ve mavi renk ile görünür. Böyle bir ağızda; Treponema denticola, Porphyromonas gingivalis ve Bacteroides forsythus isimli bakteri kolonilerinden en az bir tanesi var demektir ⁽¹⁴⁾.

Bu testin sonuçları yapılan çalışmalara göre organoleptik skorlar ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye sahip bulunurken, sülfür monitorizasyonu sonuçları ile düşük korelasyona sahip olarak bulunmuştur. ⁽¹³⁾

İndol Testi:

Triptofandan indol oluşumu ağız kokusu yapan bakterilerde sıklıkla görülen bir özelliktir. İndol, p- dimetilamino-benzaldehitin (Kovac' s ve Ehrlich' s ayırıcı) aldehit kökü ile reaksiyona girer. Bakteri üzerine bu ayıraçlardan biri damlatıldığında kırmızı renk alıyor ise bu bakteri indol oluşturabiliyor demektir. Bu da ağız kokusu oluşturabildiği anlamına gelmektedir. ⁽¹⁴⁾

Kükürt (H₂S) Testi:

Ağız kokusu yapan bakterilerin bir başka özelliği de başta H₂S olmak üzere kükürtlü bileşikler üretmeleridir. Bu test, bakterilerin ürettiği ortamda serbest kükürtlü bileşiklerin aranması prensibine dayanmaktadır. Bu sebeple indikatör olarak kurşun asetat kullanılır. Tükürük örneğine inkübasyondan sonra kurşun asetat uygulanır; eğer örnek içerisinde yeterli konsantrasyonda kükürt varsa, kükürt kurşun ile birleşerek

siyah renkli PbS (kurşun sülfür) oluşturur. Siyah rengin yoğunluğu tükürük örneğindeki VSC konsantrasyonu ile orantılıdır.⁽¹⁴⁾

Gaz Kromatografi (Spesifik Formu Oral Chroma):

Fizyolojik pütrifikasyona neden olarak kötü ağız kokusunun oluşmasından primer olarak sorumlu olan hidrojen sülfür, metil merkaptan ve dimetil sülfür gibi uçucu sülfür bileşiklerinin konsantrasyonlarını ayrı ayrı belirleyen gaz kromatografi yöntemi ile tükürük, dil kaplaması, DOS ve nefesteki VSC miktarı ölçülebilmektedir.⁽⁹⁷⁾ Bu şekilde intra oral halitozis ile ekstra oral halitozis ayrımının yapılmasına imkan tanıyan bir yöntemdir. Hasta 30 s ağzını kapalı tutar ve burundan nefes alıp verir. Daha sonra ağız içerisindeki hava hastanın dudakları arasına yerleştirilen negatif basınçlı bir enjektör ile çekilir. Enjektör cihaza yerleştirilince otomatik ölçüm başlar.⁽⁹⁴⁾

Objektif ve güvenilir bir test olmasının yanı sıra, kullanımı için deneyimli ve eğitilmiş personel gerektirmesi, maliyetinin yüksek olması gibi dezavantajları nedeniyle uygulanması zor bir tekniktir. Bu dezavantajları aşabilmek için geliştirilen ve Oral Chroma adı ile piyasaya sunulan portatif gaz kromatografi cihazları, kullanımları için eğitilmiş personel gerektirmemeleri, pratik uygulanabilirliği, standart bir gaz kromatografiye oranla çok daha az maliyetli olması ve VSC konsantrasyonlarını ayrı ayrı belirleyebilmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.⁽⁹⁸⁾

Sülfür Monitörleri

Halimeter:

Uçucu sülfür bileşiklerini tespit ederek ağız kokusunun teşhis ve tedavisinde önemli rol oynayan bir başka cihaz da Halimeter' dir. Halimeter ile hidrojen sülfür ve metil merkaptan gibi VSC' lerin objektif ölçümü yapılabilmektedir. Ancak bu bileşiklerden metil merkaptanın ölçümü hidrojen sülfürde olduğu kadar hassas yapılamaz.⁽⁹⁹⁾

Ağız kokusuna yol açan gazları milyarda bir hassasiyetle "ppb" (parts per billion) cinsinden ölçer. 150 ppb' nin altındaki değerler normaldir⁽¹⁰⁰⁾. Ölçümler hastanın ağız veya burnundan verdiği hava ile yapılır. Ölçümler basit ve hızlıdır. Bu monitörler, periodontal problemleri ve aparatları sayesinde direkt olarak dişeti cebine ve dil yüzeyine yerleştirilerek ölçümler alınabilmesine imkân tanır. İnce film şeklinde çinko oksit semikondüktör sensörü kullanan VSC monitörü ile alınan ölçümler, gaz kromatografi sonuçları ve organoleptik skorlarla anlamlı ilişki içindedir.⁽²³⁾

Bunların yanında; sülfür monitörleri, sistemik dolaşımdan kaynaklanan, ekstra oral halitozise neden olan dimetil sülfürün ölçümü için yetersizdir. Bu nedenle ekstra oral halitozis tespit edilemez.⁽¹⁰¹⁾ Bir diğer dezavantajı ise; etanol ve yağ esanslarını ayırt edememesi ve düzenli olarak kalibrasyon gerektirmesidir.⁽⁹⁹⁾

Breathron:

Breathron; yarı iletken tipte, kullanımı kolay, taşınabilir ve etkin ölçüm yapabilen bir cihazdır. Çinko oksit membrana sahip yarı iletken bir sensörü bulunur ve uçucu sülfür gazlarına karşı yüksek oranda hassasiyet gösterir. Kullanılmadan önce yaklaşık 1 dakika kadar ısıtılmalıdır. Tek kullanımlık ağız içerisine giren bir parçası mevcuttur ve filtre yardımı ile ağız bakım ürünlerindeki keton, alkol gibi uçucu sülfür bileşiklerini elimine edebilir. Hastanın ağzını sıkıca kapatarak, burnundan nefes alıp vermesi esnasında ölçüm yapılır. Cihaz ölçüm sonuçlarını milyarda bir tanecik (ppb) cinsinden verir.⁽¹⁰²⁾

Dil Sülfid Problemleri

Morita ve arkadaşları; dilin ön, orta ve arka bölgelerinde bir dil probunu 30 sn tutarak dil yüzeyindeki sülfür seviyesini ölçtükleri basit ve objektif bir yöntem geliştirmişlerdir. Yapılan ölçümdeki sülfür seviyesi ile ağız kokusu ilişkilendirilmektedir. Dil probu; aktif durumdaki sülfid elementi ve sabit bulunan referans elementinden oluşmaktadır. Sülfid iyonlarının varlığında, konsantrasyonla orantılı olarak elektrokimyasal voltaj üretilir ve bu voltaj 0,0' dan 5,0' a kadar dijital skorla gösterilir. Bu voltaj elektronik ünite ölçüldükten sonra 0,0'dan 5,0'e kadar dijital skorla gösterilmektedir.⁽⁷²⁾

Elektronik Burun

Elektronik Burun, farklı algılama özelliklerine sahip bir sensör dizisinden oluşur. İnsan burnunun algılayamadığı seviyelerdeki kokular üzerinde hassas ölçüm yapabilir ve birçok farklı kimyasal bileşeni ve kokuyu elektriksel niceliklere dönüştürerek tanımlayabilir. Aynı zamanda ölçüm yapılan madde içinde her kokudan ne oranda bulunduğunu ve kokuların hangi sınıflara dahil olduğunu tespit edebilir ⁽¹⁰³⁾. Elektronik burun ile organoleptik yöntem arasında korelasyon bulunmuştur ⁽⁹⁸⁾.

B Galaktosidaz Aktivitesinin Ölçülmesi

Sterer ve ark.ları ⁽¹⁰⁴⁾, deglikosilasyonun oral kötü koku üretiminde bir ilk adım olduğunu ve β -galaktosidaz aktivitesinin, kromojenik substratlar kullanılarak kolayca

ölçülebildiğini bildirmişlerdir. Kağıt diske alınan tükürük örneğine uygulanır. Oda sıcaklığında 10 dakikalık inkübasyon sonucunda şu şekilde skorlama yapılabilir:

0 - renk yok,

1 - soluk mavi renk,

2 - orta ila koyu mavi renk.

Yapılan çalışmada bulunan skorlar, organoleptik skorlar ile istatistiksel olarak anlamlı ilişki göstermiştir.

Tükürük İnkübasyon Testleri

Quirynen ve ark.ları ⁽¹⁰⁵⁾, tükürük numunelerin dolaylı kötü koku muayenesi için kullanılabileceğini tespit etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada tükürük örneklerini cam test tüplerinde toplayıp, CO₂ ile yıkandıktan sonra, bir lastik kap ve bantla kapatmışlardır. Tüpler, sırasıyla 3 ve 6 saat süreyle % 80 nitrojen, % 10 karbon dioksit ve % 10 hidrojen atmosferi altında anaerobik bir odada 37 ° C' de inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra ağız kokusu değerlendirilmiş ve bu yöntem ile organoleptik yöntem arasında benzerlikler tespit edilmiştir. Ayrıca yöntemin organoleptik yöntemle göre bazı avantajları da bulunmaktadır. En önemli avantajı; sigara, kahve, soğan, sarımsak, baharatlı yiyecekler, kozmetik ürünleri gibi koku verici dış etkenlerden daha az etkilenmesidir.

Amonyak Monitörleri

Amano ve ark.larının ⁽¹⁰⁶⁾, yaptığı bir çalışmada, oral bakteriler tarafından üretilen amonyak, üreticinin talimatlarına göre taşınabilir bir amonyak izleme cihazı ile ölçülmüştür. Gönüllüler ağızlarını 20 mL 0.17 mol / L üre çözeltisi ile 30 saniye boyunca çalkalarlar ve ardından 5 dakika süreyle ağızlarını açmazlar. Cihaz, hastanın ağzına yerleştirilen tek kullanımlık ağızlığı bağlı bir amonyak gazı detektör tüpünden 50 mL hava çeken bir pompa içerir. Oral bakteriler tarafından üretilen amonyak konsantrasyonu, doğrudan detektör tüpü üzerindeki ölçekten okunabilir. Elde edilen sonuçlar ile organoleptik skorlar arasında korelasyon bulunamamış olsa da, sonuçlar gaz kromatografi ile korelasyon göstermiştir.

2.1.7. Restoratif Materyallerin Ağız Kokusu Üzerindeki Etkileri

Kusurlu restoratif işlemlerin undercut oluşturan alanlarında, besinlerin birikmesinden kaynaklı olarak ağız kokusunun artabileceği belirtilmiştir.⁽¹⁶⁾ Literatürde restoratif materyal tipinin ağız kokusunu nasıl etkilediği konusunda herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Günümüzde kompozit rezinler, cam iyonomerler, amalgam ve zirkonya en sık kullanılan restoratif materyaller arasındadır.

2.2. Kompozit Resinler

Rezin bazlı kompozitler ilk olarak 1960' ların başında geliştirilmiştir. Akrilikler ve silikatlardan daha yüksek mekanik özelliklere sahip olan bu materyaller, daha düşük termal genleşme katsayısı, daha düşük boyut değişikliği ve aşınmaya karşı daha yüksek direnç sağlayarak yüksek klinik performans göstermektedirler. İlk kompozitler kimyasal olarak aktive edilirken, ardından ultraviyole (UV) dalga boylarıyla başlatılan foto aktive kompozitler piyasaya sürülmüştür. Bunlar ise daha sonra görünür dalga boylarında aktive olan kompozitler ile değiştirilmiştir. Kompozit teknolojisindeki sürekli gelişmeler; mükemmel dayanıklılığa, aşınma direncine ve doğal dişleri taklit eden estetiğe sahip modern materyallerle sonuçlanmıştır.⁽¹⁰⁷⁾ Yakın zamana kadar, en önemli değişiklikler, daha kolay ve etkili bir şekilde cilalanan ve daha yüksek aşınma direnci gösteren materyaller üretmek için; boyutları küçültülmüş ilave dolduruculu materyalleri içeriyordu. Mevcut gelişmeler materyalin daha çok polimerik matrisine odaklanmıştır. Temelde azaltılmış polimerizasyon büzülmesine ve belki daha da önemlisi azaltılmış polimerizasyon büzülme gerilimine sahip sistemler geliştirmek amaçlanmıştır. Ayrıca bu materyallerin diş yapısına kendiliğinden adezyonu büyük kolaylıklar sağlayacaktır.⁽¹⁰⁸⁾ Son zamanlarda yapılan çalışmalarda kendi kendini onarabilen ve uyaranlara duyarlı materyaller gibi yeni teknolojilere odaklanılmaya başlanılmıştır.⁽¹⁰⁹⁾

2.2.1. Kompozit Resinlerin Yapısı

Kompozitler rezinler; farklı yapı ve özelliklere sahip, iki ya da daha fazla farklı materyalin ayrı fazlar oluşturacak şekilde birleşmesiyle elde edilen ürünlerdir. Bu fazlar temel olarak; organik polimer matrisi fazı, inorganik faz ve ara faz olarak sıralanabilir ⁽¹⁰⁸⁾ ve bunlara ek olarak başlatıcı- hızlandırıcı sistem de bulunur.⁽¹⁰⁷⁾

Organik Polimer Matriks Fazı

Günümüzde çoğu ticari rezin kompozitlerindeki organik polimer matrisi, BIS-GMA, TEGDMA, UDMA, etilen glikol dimetakrilat (EGDMA) gibi dimetakrilatlardan oluşan çapraz bağlı bir dimetakrilat monomer matrisidir. En yaygın monomerler aromatik dimetakrilatlardır.⁽¹⁰⁷⁾ Bu moleküllerin her iki ucundaki çift bağlar, serbest radikal başlatma ile ilave polimerizasyona tabi tutulur. Bu monomerler optimum optik, mekanik ve klinik özellikler sağlayabilirken, oldukça viskozdurlar ve düşük moleküler ağırlıklı seyreltici monomerlerle harmanlanmaları gerekir, böylece doldurucuların dahil edilmesiyle klinik olarak işlenebilir bir kıvam elde edilebilir.⁽¹⁰⁷⁾ Viskozitesini arttıran hidroksil gruplarına sahip BIS-GMA ile hedeflenen mekanik özelliklere yüksek viskozite nedeni ile ulaşılamaz. Bu nedenle TEGDMA gibi seyreltici monomerler eklenerek viskozite azaltılır. Bu şekilde dimetakrilat monomer zincirleri arasında geniş çapraz bağlar oluşur ve çözücülere karşı dirençli bir yapı meydana gelir. Bunun yanında bu şekilde bir düşük moleküler ağırlıklı monomer ilavesi; kompozit rezinlerin polimerizasyon büzülmesini ve su emilimini artırır.⁽¹¹⁰⁾ Daha yakın zamanlarda, örneğin; uçlarında epoksi (oksiran olarak da bilinir) fonksiyonel gruplara sahip, polimerizasyonu katyonlar tarafından başlatılan monomerler içeren düşük polimerizasyon büzülmesine sahip kompozitler piyasaya sürülmüştür.⁽¹⁰⁷⁾

İnorganik Faz

Dağıtılmış inorganik doldurucu partikülleri, ince öğütülmüş kuvars veya cam, sol-jelden türetilmiş seramikler, mikro ince silika veya güncel olarak geliştirilen nanopartiküller gibi bir veya daha fazla inorganik materyalden oluşabilir.⁽¹⁰⁷⁾

İlave edilen bu partiküllerden; stronsiyum, yitriyum, baryum ve çinko rezine radyoopasite sağlarken⁽¹¹¹⁾, silika partikülleri karışımın metalik niteliklerini güçlendirirerek ışığı geçirir ve yayar; bu şekilde mineye benzer yarı şeffaf bir görünüm verir. Saf silika, kristalin ve non- kristalin olmak üzere farklı formlardadır. Sertlik sağlayan kristalin formları, bitirme ve polisaj işlemlerini zorlaştırır. Bu sebeple günümüzde non- kristalin formu kullanılmaktadır⁽¹¹⁰⁾.

Ara (Bağlayıcı) Faz

Bir organosilan olan birleştirme ajanı (genellikle "silan" olarak anılır), inorganik partiküllere, reaksiyona girmemiş monomer karışımı ile karıştırılmadan önce dolduruculara yüzey muamelesi yapmak için üretici tarafından uygulanır. Silanlara, kompozitin inorganik ve organik fazları arasında bir bağ oluşturdıkları için bağlama

ajanları denir. Molekölün bir ucu, inorganik doldurucuyla hidrolize olan ve reaksiyona giren fonksiyonel gruplar (metoksi gibi) içerirken, diğér ucunda monomerlerle kopolimerleşen bir metakrilat çift bağı vardır.⁽¹⁰⁷⁾

Başlatıcı - hızlandırıcı sistemin rolü, materyali sertleştirilmiş bir kütleye polimerize etmek ve çapraz bağlamaktır. Polimerizasyon reaksiyonu, ışıkla kürleme (ışık aktivasyonu, kamforokinon ile), kendi kendine kürleme (kimyasal aktivasyon, benzoil peroksit ile) ve dual kürleme (kimyasal ve ışıkla kürleme) ile meydana gelebilir. Aktivatörler, polimerizasyon inhibitörleri, UV stabilizatörler ve pigmentler kompozit rezinin yapısında yer alan diğér bileşenlerdir. ⁽¹⁰⁷⁾

2.2.2. Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması

Kompozit rezinler doldurucu veya matrisin içeriğine veya miktarına, polimerizasyon şekillerine (kimyasal yolla, UV ışıkla, görünür ışıkla, Argon lazerle), partikül büyüklüğü ya da ilave edilme şekline göre ya da vizkozitelerine göre (kondanse edilebilir, akışkan) çok farklı şekillerde sınıflandırılabilirler.⁽¹¹²⁾

İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklüğü ve Viskozitelerine Göre Sınıflama

Kompozit rezinler inorganik doldurucu partikül büyüklüğü ve yüzdelere göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler:

- a) Megafil Kompozit Rezinler (50-100 μm) - %70-80
- b) Makrofil Kompozit Rezinler (10-100 μm) - %70-80
- c) Midifil Kompozit Rezinler (1-10 μm) - %70-80
- d) Minifil Kompozit Rezinler (0,1-1 μm) - %75-85
- e) Mikrofil Kompozit Rezinler (0,01-0,1 μm) - %35-60
- f) Hibrit Kompozit Rezinler (0,04-1 μm) - %75-80
- g) Nanofil Kompozit Rezinler (0,005-0,01 μm) - %80-90 ⁽¹¹²⁾

Makrofiller; ilk kompozitlerdir. Bu kompozitler, 20 ila 30 μm ortalama doldurucu çapına sahip büyük küresel veya düzensiz şekilli partiküller içeriyordu. Elde edilen kompozitler oldukça opaktı ve aşınmaya karşı düşük dirence sahipti.⁽¹⁰⁷⁾

Hibrit kompozitlerde iki tip doldurucu karıştırılır: Ortalama partikül boyutu 2 ila 4 µm olan ince partiküller ve 0,04 ila 0,2 µm partikül büyüklüğünde, genellikle silika olmak üzere % 5 ila % 15 mikro ince partiküller.

Mikro hibrit kompozitlerde, daha düşük bir ortalama partikül boyutuna (0,04 ila 1 µm) sahip ince partiküller, mikro ince silika ile karıştırılır. İnce parçacıklar, cam (örneğin borosilikat cam, lityum veya baryum alüminyum silikat cam, stronsiyum veya çinko cam), kuvars veya seramik malzemelerin öğütülmesiyle elde edilebilir ve düzensiz şekillere sahiptir. Hibritler ve mikro hibritler iyi klinik aşınma direncine ve mekanik özelliklere sahiptir ve stres taşıma uygulamaları için uygundur. Ancak zamanla yüzey cilasını kaybederek pürüzlü ve mat bir hale gelirler ⁽¹⁰⁷⁾.

Son yıllarda, strese maruz kalan alanlar için hem mükemmel estetik hem de yüksek mekanik özellikler için optimize edilmiş nanokompozitler geliştirilmiştir. Nanoteknoloji, çeşitli fiziksel ve kimyasal yöntemlerle 1 ila 100 nm (nano ölçekli) aralığında fonksiyonel materyal ve yapıların üretilmesidir. Bugüne kadar, oksit nanopartikülleri, dental kompozitlerde kullanılan en yaygın nanomateryal türleri olmuştur. Şu anda, nanopartiküller içeren iki farklı rezin kompoziti türü mevcuttur:

1. Nanofil kompozit: Resin matrisi boyunca nanometre boyutunda partiküller (1 ila 100 nm) içerir. Daha büyük primer partiküller mevcut değildir.
2. Nanohibrit kompozit: Bunlar, nanometre boyutunda partiküller eklenmiş büyük partiküllerden (0,4 ila 5 µm) oluşur. Bu nedenle, gerçek nano dolduruculu kompozitler değil, hibrit materyallerdir. ⁽¹⁰⁷⁾

Bu materyaller iyi cilalanabilirlik ve yüzey parlaklığı gösterirler. Düşük polimerizasyon büzülmesine sahip olup aşınmaya dirençlidirler. ⁽¹¹³⁾

Kompozit Resinlerin Viskozitelerine Göre Sınıflandırılması

Kompozitler vikozeitelerine göre iki ana grupta ayrılabilirler; kondanse olabilen (packable, tepilebilir) kompozit resinler ve akıcı kompozit resinler.

Kondanse Olabilen Kompozit Resinler:

Bazen kondanse edilebilir kompozitler olarak da adlandırılan tepilebilir kompozitler, amalgama alternatif olarak yüksek beklentilerle piyasaya sürülmüştür. Yüksek doldurucu yükü ve hibrit kompozitlere kıyasla onlara farklı bir kıvam sağlayan bir

doldurucu dağılımı ile karakterize edilirler. Yerleştirme için amalgamın manipülasyonuna benzer bir uygulama tekniği kullanılır. Yüksek oklüzal streslere maruz kalan bölgelerdeki posterior restorasyonlar için iyileştirilmiş kullanım özelliklerine sahip, tepilebilir kompozitler tercih edilebilirler. Sınıf II restorasyonlarda fizyolojik interproksimal temasların daha kolay kurulması, metal matriks bantların ve tahta kamaların kullanılması ve restorasyonların bulk olarak kürlenebilmesi avantajlıdır.⁽¹¹⁴⁾

Akıcı Kompozit Resinler:

Işıkla aktive olan, düşük viskoziteli bu kompozitler; servikal lezyonlar, süt dişi restorasyonları ve diğer küçük, ulaşılması nisbeten zor, çok az strese maruz kalan bölgeler için önerilirler. Bazı durumlarda, pit ve fissür örtücü olarak da kullanılırlar. Bu kompozitler, ortalama 0,4 ila 3,0 µm partikül boyutuna ve hacimce %42 ila % 53 doldurucu yüküne sahip dimetakrilat resin ve inorganik doldurucular içerir. Bu düşük viskoziteli kompozit materyaller tipik olarak makaslama incelmeleri (psödoplastiklik) gösterir. Bir şırınga ucu aracılığıyla uygulandığında, polimer ve doldurucu arasındaki hidrojen bağlarının bozulması nedeniyle tersine çevrilebilir bir yapısal bozulma olur. Materyal yerleştirildikten sonra, hidrojen bağları, materyalin çökmemesi için çok hızlı bir şekilde yeniden şekillenir. Yeni nesil şırınga edilebilir kompozitler, universal veya çok amaçlı kompozitlerden biraz daha düşük bir hacim yükünde nano doldurucu partikülleri içerir. Son zamanlarda, self- adeziv enjekte edilebilir kompozitler de (genellikle self- adeziv akışkanlar olarak adlandırılır) kullanıma sunulmuştur.

Akışkan kompozitler, düşük bir elastisite modülüne sahiptir, bu da onları servikal abfraksiyon bölgelerinde faydalı kılabilir. Daha düşük doldurucu içerikleri nedeniyle, universal kompozitlere göre daha yüksek polimerizasyon büzülmesi ve daha düşük aşınma direnci sergilerler.⁽¹⁰⁷⁾

Ormoserler

Ormoser teknolojisine dayalı ilk restoratif materyal 1998 yılında piyasaya sürüldü.⁽¹¹⁴⁾

Sol-jel prekürsörleri olarak çok işlevli üretilen ve tiyoeter (met) akrilat alkoksisilanlar, dental restoratif malzemeler olarak inorganik- organik kopolimer ormoser kompozitlerin sentezi için geliştirilmiştir. Silanın alkoksisilil grupları, hidroliz ve polikondensasyon reaksiyonları ile inorganik bir Si-O-Si ağına oluşumuna izin verir ve (met) akrilat grupları fotokimyasal olarak indüklenen organik polimerizasyon için mevcuttur.⁽¹¹⁵⁾ Doldurucu partiküllerinin dahil edilmesi ile ormoser esaslı kompozitler,

bir hibrit kompozit gibi diş hekimi tarafından kullanılabilir.⁽¹¹⁴⁾ Aşınmaya karşı dirençleri geleneksel kompozit rezinlerden daha fazladır. Aynı zamanda organik matriste metakrilat polisiloksan kullanılması sebebiyle metakrilat monomerleri azaltılmıştır ki bu da daha az alerjik reaksiyon görülmesini sağlar.⁽¹¹⁶⁾ Düşük polimerizasyon büzülmesi, yüksek aşınma direnci, biyouyumlu bir materyal olması ve çürüklere karşı koruyucu olması diğer avantajları arasında sayılabilir.⁽¹¹⁷⁾

Bulk Fill Kompozit Rezinler

Bulk fill kompozitler, restorasyonun 4 mm' ye kadar kalın tabakalarda oluşturulmasını sağlamak için geliştirilmiştir ve üreticiler tarafından klinik tekniği basitleştirmek ve geleneksel inkremental yöntemle kıyasla zamandan tasarruf etmek için önerilmektedir.⁽¹⁰⁷⁾ Ytterbiyum triflorid, baryum camı, karmaoksit, proakrilat, zirkonyum/silika partikülleri içerirler. Bunlardan baryum ve ytterbiyum partikülleri radyoopasiteyi ve de polimerizasyon derinliğini artırır.⁽¹¹⁸⁾ Hem akışkan hem de yüksek viskoziteli pastalar içeren yeni ürünler, çeşitli üreticilerden temin edilebilir hale gelmiştir. Yeni materyaller artan yarı saydamlığa sahiptir, böylece daha fazla ışık iletimi ve dolayısıyla artan polimerizasyon derinliği sağlar. Yine daha fazla polimerizasyon derinliği sağlamak için yeni geliştirilen, germanyum başlatıcı içeren ürünler de vardır. Yarı saydamlık sınırlaması nedeniyle, bu malzemeler yalnızca sınırlı bir renk yelpazesinde mevcuttur. Bu kompozitlerin öncelikle sınıf 1 ve 2 kavite preparasyonlarında kullanılmaları tavsiye edilir, ancak bunların kullanımı, çevreleyen diş dokularıyla yeterli renk uyumu olduğu sürece diğer sınıflar için kontrendike değildir. Polimerizasyon büzülme gerilimini kontrol etmek ve ayrıca bulk fill doldurma tekniği nedeniyle boşluğun aksiyal duvarlarına ve tabanına iyi bir marjinal adaptasyon sağlamak için bir dizi yaklaşım benimsenmiştir. Bir yaklaşımda da, sonik enerjiye yanıt veren bir reoloji değiştirici, kompozite dahil edilmiştir. Bu teknik, boşluk yüzeylerine iyi bir adaptasyon sağlamak için başlangıçta kalın olan pastanın viskozitesinde bir azalmaya izin verir. Diğer yaklaşımlarda materyaller, polimerizasyon reaksiyonunu modüle etmek ve böylece büzülme gerilimini azaltmak için özel bileşenler içerecek şekilde formüle edilmiştir. Bunlar, özel stres kırıcı monomerin dahil edilmesini, ilave fragmentasyon monomerinin eklenmesini ve polimerizasyon sırasında gerilmeleri absorbe etmek için düşük elastik modüllü özel doldurucuların eklenmesini içerir.⁽¹⁰⁷⁾

Fiberle Güçlendirilmiş Kompozit Reziner

Fiber takviyeli kompozit rezinler özellikle son yıllarda, büyük sınıf II posterior kaviteilerin restoratif tedavisinde mine dentin sınırının stresi emici özelliklerini taklit etmek amacıyla piyasaya sürüldü. Bu yapıyı taklit etmenin mantığı, mekanik bir aşırı yüklenme sırasında çatlakların restorasyonun daha derin katmanlarına yayılmasını önlemek, böylece restorasyonu ayırmak için hareket eden kantilever en aza indirmektir. Geleneksel kompozit restorasyonlarda, olası bir çatlak restorasyon- dentin ara fazına doğru yayılır, bond tabakasını zayıflatan büyük bir kantilever oluşturur ve sonunda restorasyonun ayrılmış fragmanını yerinden çıkarır. Fiber destekli kompozitler mine dentin sınırı veya dentin dokusuna benzer bir elastik yapı oluşturarak diş dokularını desteklemeyi hedefler. ⁽¹¹⁹⁾.

2.3. Cam İyonomer Simanlar

Cam iyonomerler, doldurucunun fluoroaluminosilikat (FAS) cam olarak adlandırılan reaktif bir cam ve matrisin karboksilik asitlerin polimeri veya kopolimeri olduğu su bazlı, restoratif materyallerdir. Bu materyallerin sertleşme reaksiyonu bir asit-baz reaksiyonunu içerir. İzolasyonun sorun olduğu ve hasta için florür salınımının istendiği klinik durumlarda dolgu malzemesi olarak kullanılırlar. Cam iyonomer simanlar temel olarak; geleneksel cam iyonomer simanlar ve rezin modifiye cam iyonomer simanlar olmak üzere iki ana gruba ayrılır. ⁽¹⁰⁷⁾ Ek olarak klinikte kullanım şekillerine ve içeriklerine göre daha alt sınıflara gruplandırılabilirler.

2.3.1. Cam İyonomer Simanların Klinikte Kullanım Şekillerine Göre Sınıflandırılması

Cam iyonomer simanlar klinikte kullanım şekillerine göre tip I, tip II, tip III ve tip IV olmak üzere sınıflandırılabilirler.

Tip I: Yapıştırma amaçlı kullanılan cam iyonomer simanlardır. Düşük film kalınlığındadırlar ve hızlı sertleşirler. ⁽¹²⁰⁾ Tip I, ‘CEM’ veya ‘C’ olarak da tanımlanan akışkan malzemelerdir. Tip I iyonomerler; inleylerin, kronların, sabit bölümlü protezlerin, ortodontik aapareylerin simantasyonu ve endodontik dolgular için endikedir.

Tip II: Bu tip cam iyonomerler, restorasyonlar için endikedirler ve tip I’ den daha büyük partiküller sunarlar. Alt tip 1 ve 2 olarak ayrılırlar. ‘R’ veya ‘FIL’ olarak da tanımlanırlar.

Tip II – 1 Cam iyonomer simanlar hem geleneksel hem de rezinle modifiye edilmiş formları bulunan estetik simanlardır.

Tip II – 2 Cam iyonomer simanlar ise aşınmaya daha dayanıklıdır.

Tip III: Lining materyalleri veya fissür sealent olarak kullanılırlar. Düşük viskozite ve hızlı sertleşme ile karakterize edilirler. Aynı zamanda ‘bond’, ‘lining’ veya ‘F ‘ olarak da bilinir ⁽¹²¹⁾.

Tip IV: Kanal dolgu patı olarak kullanılan cam iyonmerlerdir ⁽¹²²⁾.

2.3.2. Cam İyonomer Simanların İçeriklerine Göre Sınıflandırılması

Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

Hibrit Cam İyonomer Simanlar

- Resin Modifiye CİS
- Poliasit Modifiye Kompozit Rezinler

Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar

Nano Özellikli Resin Modifiye Cam İyonomer Simanlar (Nano-İyonomer)

Metal Takviyeli Cam İyonomer Simanlar

Cam Karbomer

Giomer

Amalgomer (Seramik takviyeli cam iyonomer simanlar)

Zirconomer (Zirkonya takviyeli cam iyonomer simanlar)

Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

1970' lerde üretilmeye başlanan cam iyonomer simanlar; silikat ve çinko polikarboksilat simanların kimyalarını ve teknolojilerini birleştirir. Materyaller, karıştırılması gereken iki parçalı toz sıvı sistemleri olarak temin edilmektedir. Orijinal sistemler birkaç değişikliğe uğramıştır; ancak tüm geleneksel cam iyonomerler şu temel bileşenlere sahiptir: Polikarboksilik asit, floroaluminosilikat (FAS) cam, su ve tartarik asit. Çoğu cam iyonomerin polimerik matrisi; akrilik asit ve itakonik asit veya

maleik asitin bir kopolimeridir. Çoğu durumda bu, konsantre bir sulu sıvı olarak formüle edilir. Materyalin çalışma ve sertleşme özelliklerini kontrol etmek için tartarik asit eklenir. Toz, asitle reaktif kominütif FAS camından oluşur ve kalsiyum, stronsiyum ve lantan gibi iyonlara sahiptir. Ağır metal iyonları kullanıldığında, uygulanmış materyal röntgen ışınlarına karşı radyoopaktır. Toz ve sıvı karıştırıldığında, FAS camı ve polikarboksilik asit arasında bir asit-baz sertleşme reaksiyonu başlar. İlk sertleşme karıştırmadan 3 ila 4 dakika sonra elde edilir; ancak iyonik reaksiyon en az 24 saat veya daha uzun süre devam eder, böylece maturasyon çok daha sonra elde edilir. Karışımın yerleştirilmesinden 15 dakika sonra bitirme işlemine izin vermek için yeni formülasyonlarda maturasyon süresi iyileştirilmiştir.⁽¹⁰⁷⁾

Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar

Özellikle atravmatik restoratif tedavi (ART) uygulamaları için geleneksel cam iyonomerlerden daha iyi mekanik özelliklere sahip yüksek viskoziteli veya yoğunlaşabilir cam iyonomerler geliştirilmiştir.⁽¹²³⁾ Yüksek toz-sıvı oranına ve hızlı sertleşme reaksiyonuna sahiptirler. Bu sebeple sertleşme mekanizmaları geleneksel cam iyonomer simanlar gibi asit- baz reaksiyonuyla gerçekleşmesine rağmen, erken dönem su teması bu materyalin fiziksel özelliklerine olumsuz etki göstermez.⁽¹²⁴⁾ Yüksek viskoziteli cam iyonomerler, geleneksel cam iyonomerden daha yüksek toz-sıvı oranlarına izin veren cam tozunun ısı kapasitesinde yapılan kimyasal modifikasyonlarla geliştirilmiş fiziksel özelliklere sahiptir. Özellikler, tüm cam iyonomerlerde ortak olan adezyon ve iyon değişiminin yanı sıra hızlı sertleşme sürelerini ve yüksek seviyelerde basınç ve gerilme mukavemeti, yüzey sertliği ve florür salınımını içerir.⁽¹²⁵⁾ Aynı zamanda tabakalama yapmadan kaviteye yerleştirilebilmeleri, biyooyumlu olmaları, abrazyona karşı dirençlerinin yüksek olması, ilave seansa gerek olmadan tek seansta polisaj yapılabilmesi, nemli ve kuru ortamlara karşı hassas olmamaları da diğer avantajları arasında sayılabilir.^(126, 127) Bu özellikler, bu malzemeleri kaide materyali olmak için de, acil geçici restorasyonlar için de mükemmel bir seçenek haline getirir. Özellikle yüksek çürük riski olan hastalarda stres taşımayan alanlarda uzun süreli geçici restorasyonlar ve final restorasyonlar olarak kullanılabilirler.⁽¹²⁸⁾ Bunların yanında çalışma sürelerinin kısa olması, final materyal özelliklerinin yavaş gelişmesi, rezin simanlara göre nem dehidratasyonuna bağlı mikroçatlaklar görülebilmesi ve yoğun okluzal kuvvetlerin bulunduğu

bölgelerde ara yüz bölgesini içeren restorasyonlarda fraktür riskinin bulunması gibi bazı dezavantajları bulunabilir.⁽¹²⁷⁾

2.4. Seramikler

Seramik terimi, belirli özellikleri elde etmek amacıyla inorganik, metalik olmayan bir materyalin yüksek sıcaklıkta ısıtılarak işlenmesi sonucu hazırlanan bir ürünü tanımlar.⁽¹⁰⁷⁾ Seramik restorasyonların laboratuvar kısmı genellikle bu materyali hekimin isteğine uygun şekilde biçimlendiren diş teknisyenleri tarafından yapılır. Bununla birlikte, bilgisayar destekli tasarım / bilgisayar destekli üretim (CAD / CAM) ile üretilen çeşitli seramikler de mevcuttur. Seramiklere; klinik endikasyon, kompozisyon, asitle pürüzlendirilebilirlik, üretim yöntemi, fırınlama ısısı, mikroyapı, translüsensi, kırılma dayanımı ve karşıt dişte meydana getirdikleri aşınma gibi özelliklerine göre pek çok sınıflama yapılmıştır. Bunlardan en yaygın olanı seramikleri cam içeriklerine ve mikro yapılarına göre sınıflandırmaktadır:

1-Cam yoğunluklu

2-Partikül dolduruculu cam

3-Polikristalin⁽¹²⁹⁾

Ancak bu sınıflamalarda yüksek dolduruculu seramikler olan rezin- matriks materyaller bulunmamaktadır. Gracis ve arkadaşları⁽¹³⁰⁾; bu materyallerin de yer aldığı, seramikleri formülasyonlarına göre grupladıkları yeni bir sınıflandırma oluşturmuşlardır:

- 1- Cam seramikler
- 2- Polikristalin seramikler
- 3- Resin-matriks seramiklerdir.

2.4.1. Cam Seramikler

Metalik olmayan, cam fazı içeren, inorganik seramik materyallerdir. Feldspatik, sentetik ve cam infiltre seramikler olmak üzere 3 alt gruba ayrılmışlardır.

Feldspatik Seramikler

Feldspatik seramikler; feldspar (potasyum ve sodyum alüminasilikat karışımı), kuartz (silika) ve kaolin (hidrate alüminasilikat) bazlarından oluşmaktadır. Potasyum feldspar

($K_2Al_2Si_6O_{16}$), kristalin faz ile materyalin iç dayanıklılığını artırır. Aynı zamanda lösit kristallerini oluşturarak materyali veneer materyali olmaya uygun hale getirir. ⁽¹³¹⁾

Sentetik (Lösit, Lityumdisilikat ve Florapatit Bazlı) Seramikler

Kompozisyonları üretici firmaya göre değişkenlik göstermekle birlikte bu tip seramikler genellikle; silikondioksit (SiO_2), potasyum oksit (K_2O), sodyum oksit (NaO_2) ve alüminyum oksit (Al_2O_3) içermekle birlikte kompozisyonları üretici firmaya göre farklılık gösterir. Cam fazları apatit kristalleri ile birleştirilebilir. Bu sayede dayanıklılıkları arttırılırken, termal genleşmeleri de metal alaşımlarıyla uyumlu hale getirilir. Tam seramik altyapılarla veneer materyali olarak kullanılabilmesi için modifiye edilerek termal genleşmelerinin uygun hale getirilmesi gerekir. Mekanik özelliklerin geliştirilebilmesi için ve materyalin altyapı materyali olarak da kullanılabilmesi için kristalin fazı lösit, lityum disilikat ve zirkonya ile güçlendirilmiş feldspatik seramik materyalleri de mevcuttur. ⁽¹³²⁾

Cam İnfiltrasyon Seramikler

İnfiltrasyon seramikler, aköz porselen astarın refrakter bir kalıp üzerinde yoğunlaşmasını içeren slip- casting adı verilen bir işlemle yapılır. Bu ateşlenen poröz kor daha sonra cama infiltrasyon ettirilir; bu, erimiş camın yüksek sıcaklıklarda kapiller hareketle gözeneklere çekildiği bir işlemdir. Bu şekilde işlenen materyaller, geleneksel feldspatik porselenlere göre daha az porözite, işleminden kaynaklanan daha az defekt, daha yüksek mukavemet ve daha yüksek dayanıklılık sergiler. ⁽¹³³⁾

Bu cam infiltrasyon kor daha sonra final estetik için feldspatik bir seramik ile kaplanmıştır. Bunlar mükemmel yarı şeffaflığa ve estetik niteliklere sahiptir; ancak kısmen zayıf fiziksel özelliklere sahiptir ve daha önce bahsedilen infiltrasyon seramiklerin sağlayabileceği yüksek mukavemetli koru gerektirir. Vita In-Ceram slip döküm sistemi, güç ve estetik arasında iyi bir denge sağlamak için üç farklı materyalden yararlanmaktadır ⁽¹³²⁾.

- Alümina (In- Ceram Alumina): Boşlukları özel bir camla doldurulan ultra ince Al_2O_3 partiküllerinden oluşan homojen çerçeve yapısının bir sonucu olarak, çekme eğilme dayanımı diğer tüm seramik sistemlere göre önemli ölçüde daha yüksektir ⁽¹³⁴⁾. Feldspattaki alüminyum oksit kristallerinde yoğun ışık kırılması meydana gelir ve bu da Al_2O_3 ile zenginleştirilmiş bu tür seramik

materyallerin opak görünmesine neden olur. Bu nedenle, kullanımında bir veneer seramiğe ihtiyaç vardır ⁽¹³²⁾.

- Alümina- magnezyum (In-Ceram Spinell): Spinell ($MgAl_2O_4$), normalde kireçtaşı ve dolomit ile birlikte bulunan doğal bir mineraldir. Son derece yüksek erime noktasına ($2135^{\circ}C$) ve yüksek mukavemete sahiptir. Spinell aynı zamanda kimyasal olarak inertsdir ve düşük elektriksel ve termal iletkenliğe sahiptir; ancak en önemlisi çok iyi optik özellikler taşır. Kristalin fazının kırılma indisinin cama yakın olması nedeniyle In- Ceram alüminanın iki katından daha fazla yarı saydamdır. Vakumlu bir ortamda infiltre olan cam, daha az porözite ile sonuçlanır ve bu yüksek düzeyde yarı saydamlık sağlar. ⁽¹³²⁾
- Alümina- Zirkonya (In- Ceram Zirkonya): Zirkonya sistemi, kor çerçevede bükülme mukavemetinde belirgin bir artış elde etmek için çerçeve olarak bir zirkonyum oksit ve alüminyum oksit karışımı kullanır. In- Ceram alüminada görüldüğü gibi yüksek mukavemet vardır. Zirkonyum oksit, yapıyı çatlak yayılmasına karşı korur. Yaklaşık 700 MPa civarında çok yüksek bir mukavemete ve çok zayıf translusensiye sahiptir ⁽¹³²⁾.

2.4.2. Polikristalin Seramikler

Polikristalin seramiklerin camsı bileşenleri yoktur; tüm atomlar, camlarda bulunan daha az yoğun ve düzensiz ağdaki atomlara göre çatlak oluşması çok daha zor olan düzenli diziler halinde yoğun bir şekilde paketlenmiştir. Bu nedenle, polikristalin seramikler genellikle camsı seramiklerden çok daha sert ve daha güçlüdür. Polikristalin seramiklerin kompleks şekillerde (örneğin; bir protez) işlenmesi camsı seramiklere göre daha zordur. Polikristalin seramikten yapılan tam uyumlu protezler, bilgisayar destekli üretimin bulunmasından önce pratik değildi. Polikristalin seramikler, camsı seramiklere kıyasla nispeten opak olma eğilimindedir; bu nedenle bu güçlü malzemeler protezlerin estetik alanlarında tüm duvar kalınlıkları için kullanılamaz. Bu yüksek mukavemetli seramikler, hoş bir estetik elde etmek için camsı seramiklerin veneer olarak kullanıldığı alt yapı malzemeleri olarak hizmet eder. Bu seramikler asitle pürüzlendirilemez. Bu yüzden rezin simanlarla bağlantılarını sağlamak için farklı yüzey işlemleri gereklidir. Aynı şekilde mekanik tutuculuk için preparasyon tekniği de önemlidir. ⁽¹³⁵⁾

Bu grup seramikler; alümina, stabilize zirkonya, zirkonya ile güçlendirilmiş alümina ve alümina ile güçlendirilmiş zirkonya olmak üzere 3 başlık altında toplanabilir.

Alümina (Procera All Ceram)

Yüksek saflıkta Al_2O_3 içeren bu materyal ilk olarak CAD/ CAM teknolojisi ile üretilen bir altyapı materyali olarak piyasaya sunulmuştur. Elastik modülü diğer seramiklerden daha yüksek ($E= 300$ Gpa) olması sebebiyle alt yapı kırıklarına karşı dayanıksızdır ve oldukça sert bir materyaldir. Kullanımları azalmıştır. ⁽¹³⁶⁾

Stabilize Zirkonya

Ortam basıncı altında alaşımlanmamış zirkonyum sıcaklığa bağlı olarak 3 kristalografik form sergilemektedir. ⁽¹³⁷⁾ Oda sıcaklığından $1170^{\circ} C$ ' ye kadar olan sıcaklıklarda monoklinik fazda, $1170- 2370^{\circ} C$ arasında tetragonal, $2370^{\circ} C$ 'den erime derecesine kadar olan sıcaklıklarda ise kübik fazdadır ⁽¹³⁸⁾ Soğutulduktan sonra incelendiğinde, kübikten tetragonale (c – t) ve tetragonalden monokliniğe (t – m) dönüşüm atermal ve difüzyonsuzdur (bu nedenle, bu dönüşümü tanımlamak için çelikte olana benzer şekilde "martensitik" terimi kullanılır) . Ayrıca t – m dönüşümü %5' lik hacim genişlemesi (kısıtlanmadığında) ile gerçekleşir ⁽¹³⁹⁾. 1920' li yılların sonlarına kadar, bu muazzam hacim genişlemesi, zirkonyumun refrakter olarak büyük ölçekli kullanımını engelledi; çünkü soğuduktan sonra ciddi şekilde çatlaklar görüldü ⁽¹⁴⁰⁾. Daha sonrasında zirkonyayı ' stabilizatör' adı verilen oksitlerle alaşımlayarak kübik ya da tetragonal fazlarında yarı kararlı bir şekilde tutulabileceği tespit edildi. Bugüne kadar, zirkonyumun CaO , MgO , Y_2O_3 , CeO_2 , Er_2O_3 , Eu_2O_3 , Gd_2O_3 , Sc_2O_3 , La_2O_3 ve Yb_2O_3 ile alaşımlandığı ve stabilize edildiği ikili sistem raporları bulunmaktadır. ⁽¹⁴⁰⁾ Günümüzde en çok; yttrium tetragonal zirkonya polikristalleri (3Y-TZP), magnezyum kısmi stabilize zirkonyum (Mg-PSZ) ve zirkonyumla güçlendirilmiş alümina (ZTA) kullanılmaktadır. ⁽¹³⁷⁾ Yttriumla kısmen stabilize edilmiş tetragonal polikristalin zirkonyum (Y-TZP), düşük pörözite ve yüksek yoğunluk sergiler ve aynı zamanda günümüzde zirkonyanın en çok kullanılan formudur. ⁽¹³⁸⁾ Zirkonyumda kırılma noktasına gelindiğinde açığa çıkan gerilim stresleri; tetragonal fazın, monoklinik faza dönüşmesiyle sonuçlanır. Kristallerdeki hacim artışı, kırılma noktasında sıkışma türü streslere yol açar ve eksternal gerilme streslerini karşılar. Bu olaya 'phase transformasyon toughening' (PTT) veya 'faz dönüşüm güçlendirmesi' denir. ^(141, 142)

Zirkonyanın günümüzde monolitik formları da mevcuttur.⁽¹⁴³⁾ Zayıf porselen tabakasını ve porselen kırığı probleminin üstesinden gelmek için translusent zirkonyanın kullanıldığı monolitik restorasyonlar önem kazanmaktadır.

Zirkonya ile Güçlendirilmiş Alümina ve Alümina ile Güçlendirilmiş Zirkonya
Zirkonya ile güçlendirilmiş alümina (ZTA) nanokompozit, alüminanın yüksek sertlik ve Young modülünü zirkonya dispersiyonunun ek güçlendirici etkisi ile birleştiren yapısal materyallerdir. Zirkonya ile sertleştirilmiş alümina, muhtemelen teknik olarak en yaygın kullanılan kompozit oksit yapısal seramiktir.⁽¹⁴⁴⁾

ZTA' da aktif olan en önemli güçlendirme mekanizmaları, dönüşüm sağlamlaştırma ve mikro çatlak mekanizmalarıdır.⁽¹⁴⁵⁾ Zirkonyumla güçlendirilmiş alümina bileşiminin en az % 50 oranında alümina, alüminyumla güçlendirilmiş zirkonya bileşiminin ise en az % 50 oranında zirkonya içermesi önerilmekte ve bu oranlar ihtiyaca veya üretici firmaya göre değişebilmektedir.⁽¹⁴⁴⁾

2.4.3. Rezin-Matriks Seramikler

Günümüzde bazı materyaller ya seramik benzeri ya da kompozit materyaller olarak gruplandırılabilir. Rezin nanoseramikler, hibrit seramikler, rezin- matriks seramikler, double- network materyaller, seramik bazlı interpenetre fazlı kompozitler ya da polimer- infiltre seramik network (seramik ağı) gibi çok çeşitli isimler altında listelenmektedir.^(130, 146) Üreticiler, restoratif diş hekimliğinde bu seramik benzeri malzemeler için çok çeşitli endikasyonlar önermektedir. Üreticilerin rezin- matriks seramik materyalleri geliştirme mantığı, (1) geleneksel seramiklere kıyasla dentinin esneklik modülünü daha yakından simüle eden bir materyal elde etmek, (2) millenmesi ve uyumlanması cam matriks seramiklerden daha kolay bir materyal geliştirmek (örneğin; lityum disilikat ailesinin sentetik seramikleri) veya polikristalin seramikler ve (3) kompozit rezin ile onarımı veya modifikasyonu kolaylaştırmaktır. Rezin matris seramik bileşimi büyük ölçüde değişiklik gösterir; ancak bunlar CAD/ CAM için özel olarak formüle edilmiştir. Şu anda, rezin matrisli seramik materyaller, inorganik bileşimlerine göre aşağıdaki gibi birkaç alt gruba ayrılabilir.⁽¹³⁰⁾

Rezin Nanoseramikler

Ağırlıkça yaklaşık %80 nanoseramik partiküllerle güçlendirilmiş yüksek derecede kürlenmiş bir rezin matrisinden oluşur. Silika nanopartiküller (20 nm çap), zirkonya nanopartiküller (4 ila 11 nm çap) ve zirkonya- silika nanokümelerinin

(nanopartiküllerin bağlı agregaları) kombinasyonu, doldurucu partiküllerinin interstisyel aralığını azaltır ve bu yüksek nanoseramik içeriği sağlar. ⁽¹³⁰⁾

Cam Seramik İçeren Ağsı Rezin Matriksi

Bu materyal tipik olarak dual bir ağdan oluşur; bu ağlar bir feldspatik seramik ağ (ağırlıkça % 86/ hacimce % 75) ve bir polimer ağdır (ağırlıkça % 14/ hacimce % 25). Seramik kısmının spesifik bileşimi % 58 ila % 63 SiO₂, % 20 ila % 23 Al₂O₃, % 9 ila % 11 Na₂O, % 4 ila % 6 K₂O, % 0,5 ila % 2 B₂O₃, % 1' den az Zr₂O ve CaO' dan oluşur. Polimer ağı, üretan dimetakrilat (UDMA) ve trietilen glikol dimetakrilattan (TEGDMA) oluşur. Üretici bunu hibrit seramik olarak adlandırır ⁽¹³⁰⁾. Bu materyal, presinterize bir cam- seramik iskeletin, ikincil olarak polimerize edilmiş bir monomer ile infiltrasyonunun bir sonucudur. Seramik ağ birbirine bağlı (dağılmanın aksine) parçacıkların 3 boyutlu bir iskeletini oluşturur; gerilmeleri tüm yönlerde daha etkili bir şekilde dağıtabilen ve kırılma olaylarına karşı direnci arttırabilen gerçek bir iskelet oluşturur ⁽¹⁴⁷⁾.

Zirkonya-Silika Seramik İçeren Ağsı Rezin Matriksi

Silika tozu, zirkonyum silikat, UDMA, TEGDMA, silika, pigmentler gibi seramik ağırlık yüzdesindeki varyasyonun yanı sıra farklı organik matrislerle özel olarak tasarlanmıştır ve inorganik içeriğin ağırlığı %60' tan fazladır. Bisfenol A glisidil metakrilat (bisGMA), TEGDMA polimer matrisine gömülü % 85 ultra ince zirkonya-silika seramik partiküllerinden (küresel 0,6 µm) ve patentli bir üçlü başlatıcı sistemden oluşan kompozit örnekler de vardır. ⁽¹³⁰⁾

Bu tez çalışmasının amacı; alluim cepa içinde bekletilen farklı restoratif materyallerin uçucu sülfür bileşiklerini ve özellikle H₂S gazı salınımlarını karşılaştırmaktır.

Çalışmamızın sıfır hipotezleri;

-Sülfür monitörü ile yapılan ölçümler sonucunda *alluim cepa* içinde bekletilen farklı restoratif materyallerin uçucu sülfür bileşiklerini salma miktarları arasında fark yoktur.

- H₂S dedektörü ile yapılan ölçümler sonucunda *alluim cepa* içinde bekletilen farklı restoratif materyallerin H₂S gazını salma miktarları ve salma süreleri arasında fark yoktur.

- 2 ve 4 mm'lik kalınlıklarda hazırlanan bulk fill materyal örneklerinin H₂S salma miktarları ve süreleri arasında fark yoktur.

-Materyal pürüzlülüğü *Alluim cepa* içinde bekletilen bazı restoratif materyallerin H₂S salma miktarları ve süreleri üzerinde bir etkiye sahip değildir.

3.GEREÇ VE YÖNTEM

Bu araştırma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından Diş Hekimliği Uzmanlık tez projesi olarak TDH-2019-5020 proje numarasıyla desteklenmiştir. Çalışmamız Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Kliniği'nde yürütülmüştür.

3.1. Test edilen materyaller ve örneklerin hazırlanması

Bu tez çalışmasında üç farklı CAD- CAM bloğun, iki tip cam iyonomer içerikli materyalin, biri fiber içerikli olmak üzere üç farklı akışkan kompozitin, biri bulk fill olmak üzere dört farklı posterior kompozitin ve bir yüksek bakırlı amalgam örneklerinin *Alluim cepa* da bekletilmesinin sülfür gazı salınımları açısından etkileri incelenmiştir. Tablo 1 de kullanılan materyallerin; isimleri, üretici firmaları, içerikleri ve üretim kod numaraları sunulmuştur.

Çalışmamızda kullanılacak kompozit, cam iyonomer ve amalgam örneklerin hazırlanması için 5 mm çapında 2 mm kalınlığında hazneleri olan teflon kalıp kullanıldı. Kompozit ve cam iyonomer örnekler hazırlanırken bir cam levha üzerine şeffaf matris bant yerleştirildi. Ardından teflon kalıp bu bantların üzerine konumlandırıldı. Materyallerin polimerizasyonundan önce en üst yüzeye de şeffaf matris bandı uygulanarak fazla materyalin taşması sağlandı ve yüzey düzgünlüğü elde edildi. Materyaller üretici firma talimatlarına göre uygulandı (Tablo 2).

Bulk fill kompozit örneklerin hazırlanması için aynı çapta; fakat 4 mm yüksekliğinde silikon kalıp hazırlandı. Yine aynı şekilde uygulama üretici firma talimatlarına uygun şekilde diğer örneklerle aynı prosedür gerçekleştirilerek yapıldı (Tablo 2). Işık ile polimerizasyon için kablosuz LED ışık cihazı (VALO Ultradent, South Jordan, UT, ABD), standart güç (1000 mW/cm²) modunda kullanıldı (Şekil 1).



Şekil 1: Çalışmamızda kullanılan ışık cihazı

Materyallerin polimerizasyonun ardından şeffaf bant uzaklaştırıldı. Amalgam örnekler ise teflon kalıp cam levha üzerine yerleştirildikten sonra kondanase edilerek hazırlandı ve burnishing işlemi yapıldı. Hazırlanan kompozit ve cam iyonomer örneklerin üretici firma talimatlarına göre Sof-lex bitirime diskleri (3M ESPE, St Paul, Minn) kullanılarak polisajları yapıldı. Cam iyonomer örneklerin üretici talimatlarına uygun şekilde vernikleme işlemleri tamamlandı. CAD- CAM bloklardan da, teflon kalıpla hazırlanan örneklerle aynı boyutta örnekler elde edildi (Şekil 2). Her gruptan 10 tane olmak üzere toplamda 130 tane örnek elde edildi.



Şekil 2: Çalışmamızda kullanılan milling cihazı Imes -icore 450i (Imes-icore, Eiterfeld, Almanya)

Tablo 1: Çalışmada kullanılan materyallerin üretici firmaları, içerikleri ve üretim kod numaraları sunulmuştur.

MATERYAL	MARKASI/ ÜRETİCİ FİRMA	İÇERİKLERİ	ÜRETİM KOD NUMARALARI
Hibrit Seramik CAD- CAM Blok	Vita Enamic, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya	Seramik Ağ: SiO ₂ (%58-63), Al ₂ O ₃ (%20-23), Na ₂ O (%6-11), K ₂ O (%4-6), B ₂ O ₃ (%0.5-2), CaO (<%1), ZrO ₂ (<%1), Polimer Ağ: UDMA, TEGDMA	78620
Nanoseramik Matris Yapısına Sahip Hibrit Seramik Blok	GC Cerasmart 270, GC Corp., Tokyo, Japonya	Bis-MEPP, UDMA, DMA, Silika (20 nm), ağırlıkça %71 baryum cam (300 nm)	1906071
Monolitik Zirkon Blok	Vita YZ HT, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya	ZrO ₂ %90- 95 Y ₂ O ₃ % 4-6, HfO ₂ % 1-3, Al ₂ O ₃ % 0-1 Pigmentler % 0-1	82620
Radyopak Posterior Cam İyonomer Restoratif Siman	Fuji IX GP, GC Corp., Tokyo, Japonya	Toz: alüminosilikat cam, poliakrilik asit Sıvı: poliakrilik asit, su	1808271
Bulk Fill Hibrid Cam İyonomer Posterior Kalıcı Dolgu Materyali	Equa Forte HT, GC Corp., Tokyo, Japonya	Toz: floroalüminosilikat cam, poliakrilik asit, demir oksit Sıvı: polibazik karboksilik asit, su	190521B

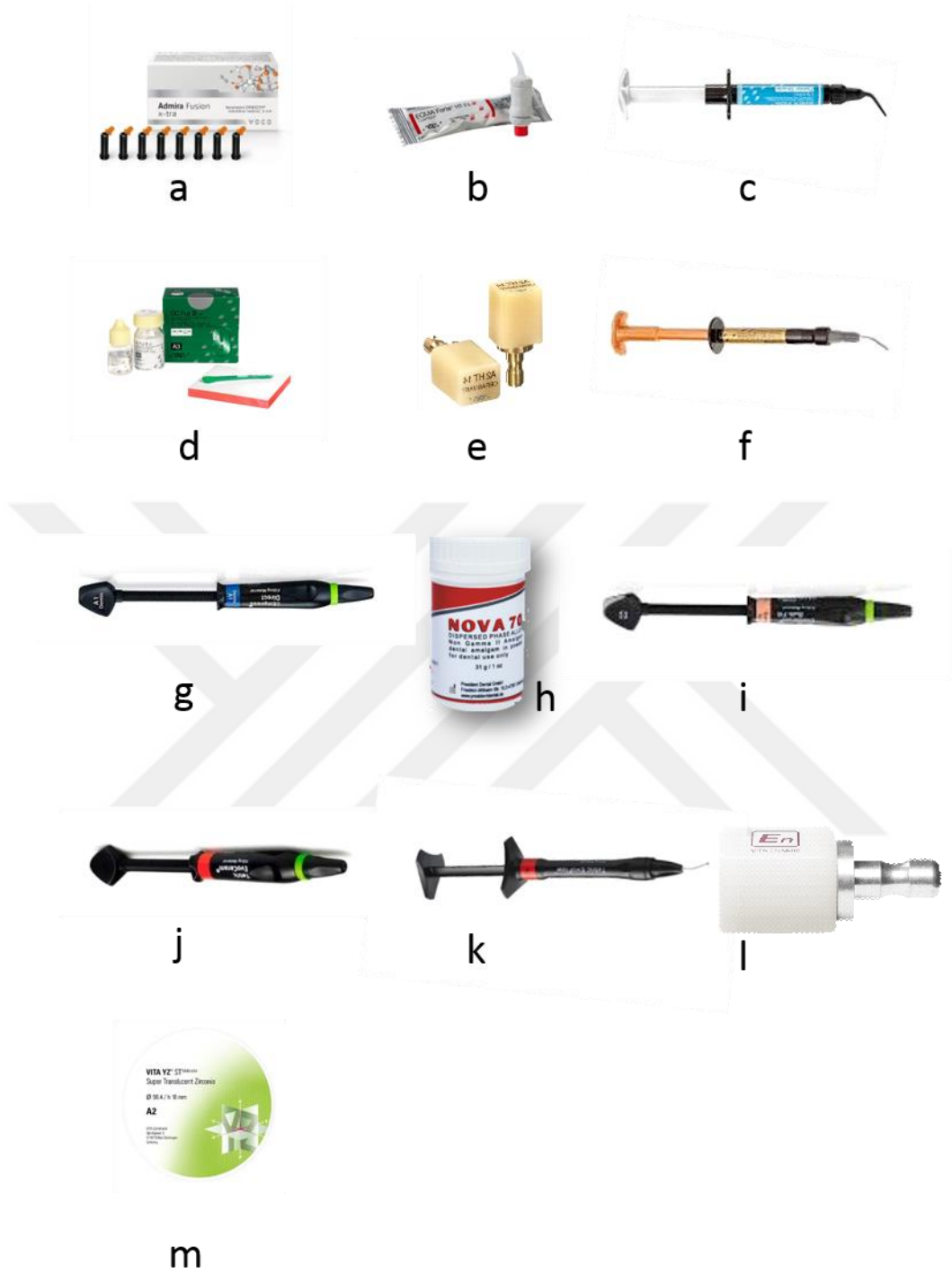
Dentin Replasmanı İçin Kısa- Fiber ile Güçlendirilmiş Akışkan Kompozit	EverX Flow, GC Corp., Tokyo, Japonya	Bis-EMA, TEGDMA, UDMA, kısa cam fiber (200- 300 µm ve Ø7 µm), ağırlıkça %70 baryum camı	2003167
Çok Amaçlı Işıklı Sertleşen Radyoopak Akışkan Kompozit	G-ænial Universal Injectable, GC Corp., Tokyo, Japonya	Matriks: UDMA,TEGDMA,Bis-MEPP Doldurucular: Silikon dioksit (16 nm), Stronsiyum cam (200 nm)	190410A
Radyoopak Nanohibrid Akışkan Kompozit	Tetric EvoFlow, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein	Monomer matriks: Dimetakrilat (ağırlıkça %38) Doldurucular: Baryum camı, iterbiyum triflorür, yüksek oranda dağıtılmış silikon dioksit,karışık oksit ve kopolimer (ağırlıkça %62) ve ilave katkı maddeleri; başlatıcılar, stabilizatörler ve pigmentler ağırlıkça < %1) İnorganik doldurucu maddesi içeriği ağırlıkça %57,5, hacimce %30,7 Partikül büyüklüğü 40 nm- 3µ	Z004C3
Yüksek Viskoziteli Nanohibrid Bulk- Fill Kompozit	Tetric EvoCeram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein	Organik matriks: BIS- GMA, UDMA Doldurucu: ağırlıkça %78	Z0032W
Nanohibrid Kompozit	IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein	Monomer matriks: Dimetakrilat (ağırlıkça %20- 21.5- %17) Doldurucular: Baryum camı, iterbiyum triflorür, karışık oksit, silikon dioksit ve kopolimer (% 77.5-79- %83) ve ilave katkı maddeleri; başlatıcılar, stabilizatörler ve pigmentler ağırlıkça <	Y07491

		%1) İnorganik doldurucu maddesi içeriği ağırlıkça %75-79, hacimce % 52-59 Partikül büyüklüğü 40 nm- 3 µm ort: 550 nm	
Ormoser Esaslı Kompozit	Admira Fusion x- tra, VOCO GmbH, Cuxhaven, Almanya	Organik matriks: ormoser rezin Doldurucu: ağırlıkça %84	2003167
Universal Kompozit	Tetric EvoCeram, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein	Monomer matris: dimetakrılar (%17-18 ağırlıkça) Doldurucular: baryum camı, iterbiyum triflorür, karışık oksit ve ön polimer (%82-83 ağırlıkça) Ek içerikler: katkı maddeleri, katalizörler, stabilizatörler ve pigmentler (ağırlıkça < %1.0). Bleach tonları için toplam inorganik doldurucu içeriği ağırlıkça %79-80 veya hacimce %60-61'dir, diğer tüm renkler için ağırlıkça %75-76 veya hacimce %53-55. İnorganik doldurucu maddelerinin parçacık boyutu 40 nm ile 3.000 nm arasındadır ve ortalama parçacık boyutu 550 nm'dir.	Z005NN
Amalgam	Nova 70-Caps	%69,2 gümüş, %18,6 Kalay, % 11,9 Bakır, % 0,3 Çinko, 600mg alaşım- 653mg cıva %30 sferik, %70 düzensiz partiküllü	1584

Tablo 2: Çalışmamızda test edilen materyallerin hazırlanma prosedürleri

MATERYAL	HAZIRLANMA PROSEDÜRÜ
Hibrit Seramik CAD- CAM Blok	Blokların kesim işlemlerinden sonra polisaj ve parlatma prosedürleri uygulanır.
Nanoseramik Matris Yapısına Sahip Hibrit Seramik Blok	Blokların kesim işlemlerinden sonra polisaj ve parlatma prosedürleri uygulanır.
Zirkon Blok	Kesim işleminden sonra sinterleme uygulanır.
Radyopak Posterior Cam İyonomer Restoratif Siman	Toz/ Likit oranı (g/g): 3.6/ 1 Karıştırma süresi (sn): 25- 30" Çalışma süresi (dk.,sn.): 2'00" Net sertleşme süresi: 2'20" Sertleştikten sonra GC Fuji Coat LC (ışık kürlemesi) uygulanır.
Bulk Fill Hibrid Cam İyonomer Posterior Kalıcı Dolgu Materyali	Toz/ sıvı oranı (g/g) : 0.40/ 0.13 Karıştırma süresi (sn): 10" Karıştırma sonrası ilk enjeksiyon süresi: max. 10 sn Çalışma süresi (23°C) (sn./ dk.): 1' 30" Tam sertleşme süresi (37°C) (sn., dk.): 2'30" Bitim süresi (37°C karıştırma başlangıcından itibaren) (sn., dk.) 2'30" EQUIA Forte Coat VLC polimerizasyon süresi 20" Amalgamatörde 10 s (+/- 4.000 RPM) karıştırıldıktan sonra kapsül tabancası ile teflon kalıba uygulanır. Kaplama için EQUIA Forte Coat uygulanır (20 sn ışıkla polimerizasyon (>500 mW/ cm ² : Halojen/ LED)
Dentin Replasmanı İçin Kısa-Fiber ile Güçlendirilmiş Akışkan Kompozit	(Dentin rengi) 2mm; 10 sn (Yüksek Güçlü LED) (>1200 Mw/ cm ²) 20 sn (Halojen/ LED) (> 700 mW/ cm ²)
Çok Amaçlı Işıklı Sertleşen Radyopak Akışkan Kompozit	(A2) max. 2.5 mm 10 sn ışınlama süresi (Yüksek güçlü LED, > 1200 mW/ cm ²); 20 sn ışınlama süresi (Halojen/ LED > 700 mW/ cm ²)

Radyoopak Nanohibrid Akışkan Kompozit	max: 2 mm 20 sn ışınlama; ≥ 500 mW/ cm ² , 10 sn ışınlama ≥ 1000 mW/cm ²
Nanohibrid Bulk- Fill Kompozit	max: 4 mm 10 sn ışınlama ≥ 1000 mW/cm ²
Nanohibrid Kompozit	max: 2 mm 20 sn ışınlama; ≥ 500 mW/ cm ² , 10 sn ışınlama ≥ 1000 mW/cm ²
Ormocer Esaslı Kompozit	max. 4mm tabakalama 20 sn ışınlama ; 800 mW/cm ² , 40 sn ışınlama; 500 mW/ cm ²
Universal Kompozit	max: 2 mm 20 sn ışınlama; ≥ 500 mW/ cm ² , 10 sn ışınlama ≥ 1000 mW/cm ²
Amalgam	3M Rotomix kapsül karıştırıcı (RotoMix, 3M ESPE, St Paul, MN, Amerika) ile 7 sn karıştırılmıştır.

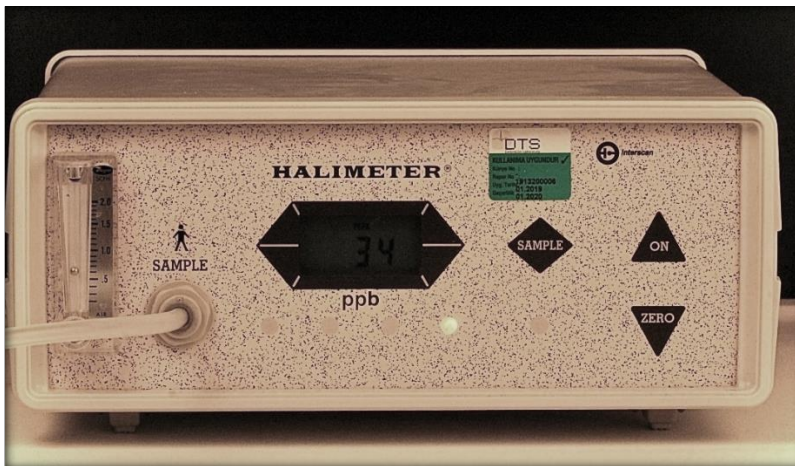


Şekil 3 Çalışmamızda kullanılan materyaller

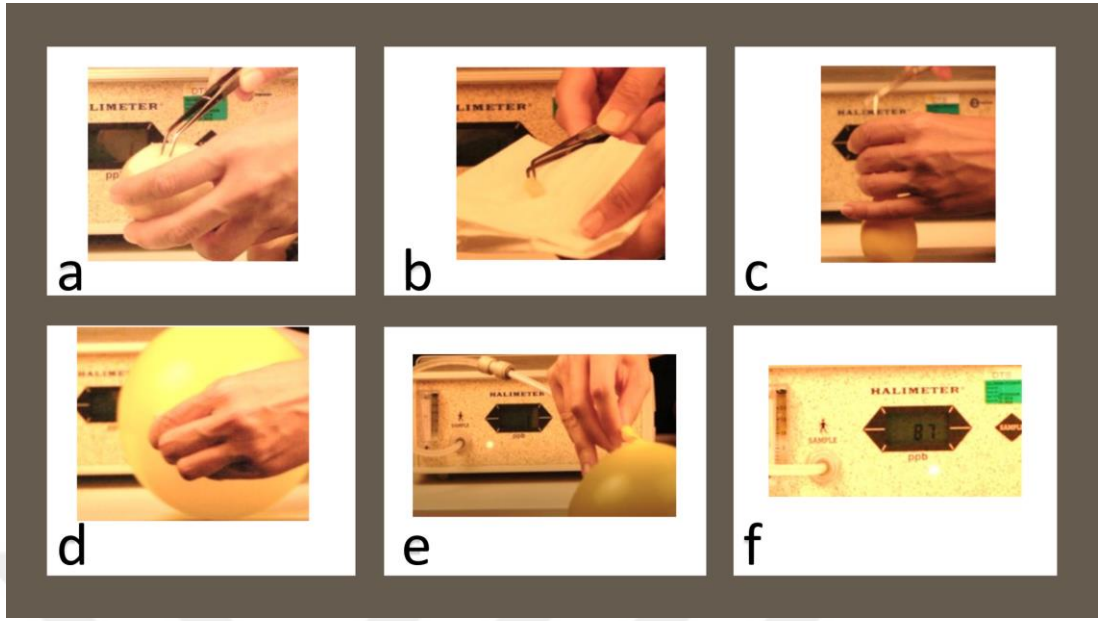
a) Admira Fusion x- tra, VOCO GmbH, Cuxhaven, Almanya b) Equa Forte HT, GC Corp., Tokyo, Japonya c) EverX Flow, GC Corp., Tokyo, Japonya d) GC Cerasmart 270, GC Corp., Tokyo, Japonya e) G- aenial Universal Injectable, GC Corp., Tokyo, Japonya f) IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein g) Nova 70-Caps h) Tetric EvoCeram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein i) Tetric EvoCeram, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein j) Tetric EvoFlow, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein k) Vita Enamic, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya l) Vita YZ HT, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya

3.2 Sülfür monitörü ile yapılan ölçümler

Çalışmamızda sülfür monitörü olarak Halimeter cihazı (Şekil 4) (Interscan corp., Chatsworth, CA, ABD) kullanıldı. Zirkon blok (Vita YZ HT, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) , bulk fill hibrid cam iyonomer posterior kalıcı dolgu materyali (Equa Forte HT, GC Corp., Tokyo, Japonya) , çok amaçlı ışııkla sertleşen radyoopak akışkan kompozit (G-ænial Universal Injectable, GC Corp., Tokyo, Japonya), nanohibrid bulk fill kompozit (Tetric EvoCeram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein), ormoser esaslı kompozit (Admira Fusion x- tra, VOCO GmbH, Cuxhaven, Almanya), universal kompozit (Tetric EvoCeram, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) ve amalgam gruplarından 5’ er örnek daha önce belirtildiği şekilde hazırlanarak test edildi. Her örnek uçucu sülfür bileşikleri absorbe etmesi amacıyla 1 dk *allium cepa* içerisinde bekletildikten sonra yüzeyleri temizlenip 7 inch boyutunda bir balon içerisine konuldu (Şekil 5a- 5c). Ardından balon çapı en geniş çevre mesafesi 50 cm olacak şekilde bir pompa yardımıyla şişirildi (Şekil 5d). Her örnek için yeni bir balon kullanıldı. Balon şişirildikten sonra Halimeter cihazının ‘ sample’ tuşuna basılarak 180 sn’ lik geri sayım başlatıldı. 180 sn sona erdikten sonra cihazın ucundaki pipet balonun ağzından sokularak, hava kaçmayacak şekilde cihazın ölçüm yapması sağlandı (Şekil 5e). Cihaz her örnek için 180 sn aralıklarla 3’ er tane ölçüm yaptı ve bu 3 ölçümün ardından bir ortalama ppb değeri verdi⁽¹⁴⁸⁾ (Şekil 5f). Üretici firma tarafından Equia Forte HT üzerine uygulanması tavsiye edilen Equia Coat yüzey verniğinin etkisi de araştırıldı. Vernikten çıkan gazlar Halimeter cihazı (Şekil 4) ile doğrudan ölçüldü. Çalışmamızın devamında H₂S dedektörü ile genişletilmesi sebebiyle, bu bölüm ön çalışma olarak kabul edilebilir.



Şekil 4: Halimeter cihazı



Şekil 5: Sülfür monitörü ile yapılan örnek ölçüm

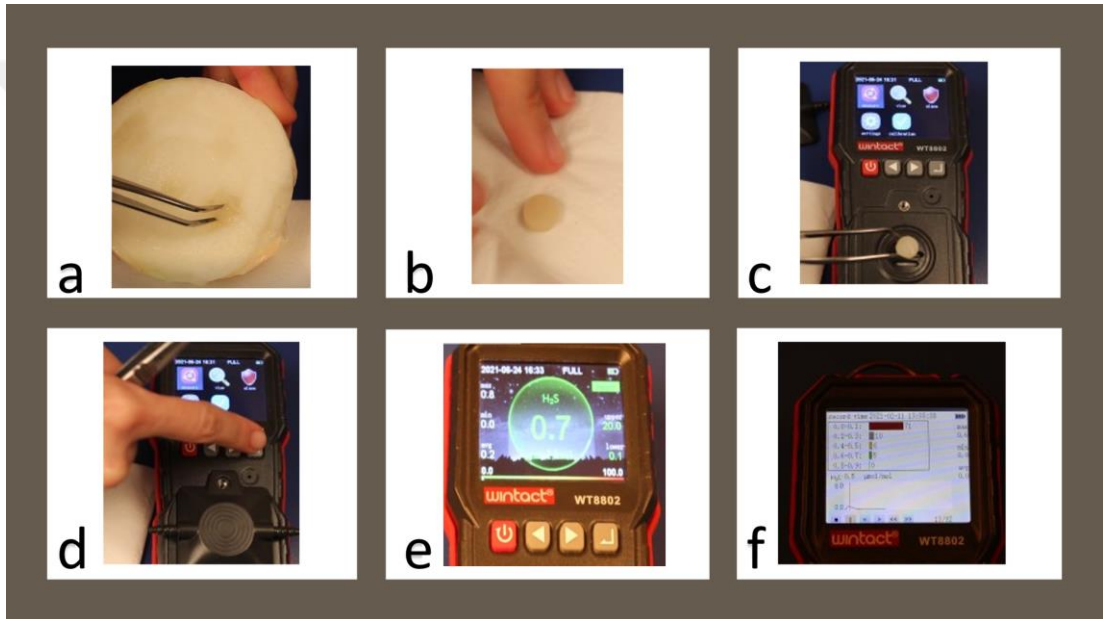
a) Örneğin 1 dk soğan içerisinde bekletildikten sonra çıkarılması b) Örneğin peçete yardımı ile temizlenmesi c) Örneğin balon içerisine yerleştirilmesi d) Balonun şişirilmesi e) Cihazın ucundaki pipet balonun ağzından sokularak, cihazın ölçüm yapmasının sağlanması f) Cihazın her 3 ölçümün ardından ortalama bir ppb değeri vermesi

3.3 H₂S Dedektörü ile yapılan ölçümler

Her materyal grubundan 10 adet örnek 1' er dk soğanda bekletildikten sonra yüzeyleri temizlenip H₂S dedektörünün (Shenzhen Wintact Electronics Co., Ltd, Shenzhen, Guangdong province, ,China) (Şekil 6) ölçüm yapan yüzeyine konuldu ve ardından yüzeyin kapağı kapatıldı (Şekil 7a- 7d). Materyallerin H₂S salınım değerleri mmol cinsinden her örnek için pik, min., max., ve ortalama değerler olarak ölçüldü (Şekil 7e- 7f).



Şekil 6: H₂S dedektörü (Shenzhen Wintact Electronics Co., Ltd, Shenzhen, Guangdong province, ,China)



Şekil 7: H₂S dedektörü ile yapılan örnek ölçüm

a) Örneğin 1 dk soğanda bekletilmesi b) Soğanda bekletilen örneğin peçete yardımı ile temizlenmesi c) Örneğin cihazın ölçüm yapan yüzeyine yerleştirilmesi d) Ölçüm yüzeyinin kapağının kapatılması e) Cihazın mmol cinsinden H₂S gazı ölçümü yapması f) Cihazın her örnek için pik, min., max., ve ortalama değerleri vermesi

3.4 CAD- CAM materyali örneklerinde yüzey pürüzlüğünün etkisinin incelenmesi

Pürüzlülüğün ölçüm sonuçları üzerinde etkili olup olmadığını araştırmak için CAD-CAM materyal örneklerinin (GC Cerasmart, Vita Enamic, Vita YZ HT) yüzeyleri 181 µm partikül büyüklüğüne sahip bir fissür frezle (G&Z Instrumente GmbH, Lustenau, Avusturya) (836R, 014,6) pürüzlendirildi ve deneyler tekrarlandı. İki ölçüm arasındaki farklar karşılaştırıldı.

3.5 İstatistiksel Analiz

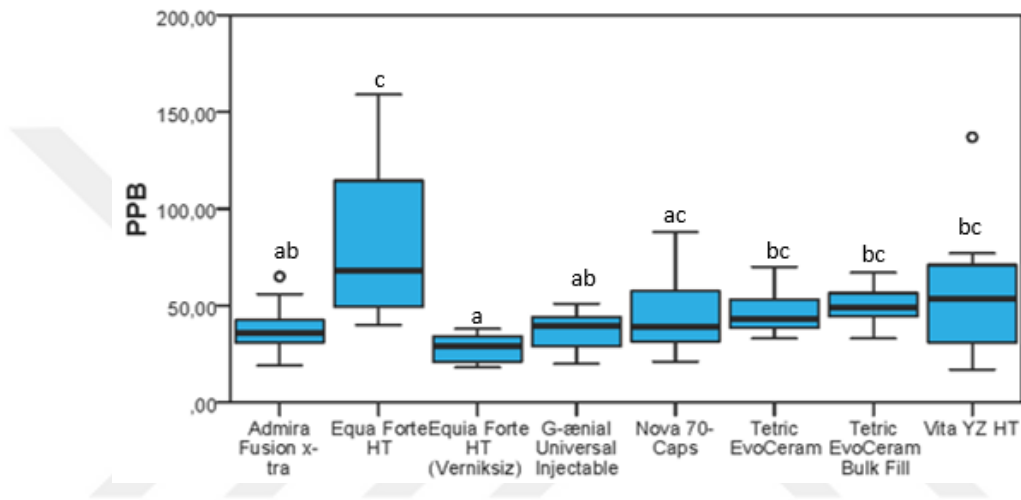
Hem sülfür monitörü ve hem de H₂S detektörü ile yapılan ölçümler sonucunda elde edilen değişkenlerin normal dağılım göstermediği tespit edildi ve non- parametrik testler uygulandı. Sülfür monitörü ve H₂S detektörü ile elde edilen sonuçlar Kruskal Wallis testi ve Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırma testleri ile analiz edildi. 4 mm kalınlıktaki bulk fill kompozitlerin karşılaştırılması Mann Whitney U testi ile CAD-CAM örneklerde prüzülendirmeden önceki ve sonraki değerler ise Wilcoxon işaretli sıra testi ile analiz edildi.

İstatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22.0 (IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, Amerika Birleşik Devletleri) ve hesaplamalar için Microsoft, Excel Office 360 ProPlus (Microsoft Corporation, Redmond, Amerika Birleşik Devletleri) programları kullanıldı. İstatistiksel analizler için önem düzeyi $p \leq 0,05$ olarak belirlendi.

4. BULGULAR

4.1.Sülfür Monitörü ile elde edilen ön çalışma sonuçları:

Alluim cepa içinde bekletilmenin ardından, sülfür monitörü ölçümleri ile elde edilen ön çalışma verileri Shapiro-Wilk testi ile incelendiğinde sonuçların normal dağılıma uymadığı tespit edildi ($p<0,05$). Kruskal Wallis testi ile restoratif materyal gruplar arasında anlamlı farklılıklar olduğu görüldü ($p<0,05$). İkili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen sonuçlar Şekil 8’ de sunulmuştur.



Şekil 8: Sülfür monitörü testi ile elde edilen veriler.

Farklı harfler gruplar arası farklılıkları göstermektedir. Üst whisker çizgileri maksimum değerleri, kutunun üst çizgisi üçüncü dördte birlik Q3 değerini, kalın yatay çizgi median değerini, kutunun alt çizgisi birinci dördte birlik Q1 değerini, alt whisker çizgileri ölçülen minimum değerleri göstermektedir ($p=0,05$).

Sülfür monitörü ile yapılan analizlerde en yüksek ölçüm değerlerini Equa Forte HT (vernik uygulanmış) grubunun örnekleri verdi ve diğer gruplarla karşılaştırıldığında Admira Fusion x-tra ve G- aenial Universal Injectable gruplarından istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi ($p<0,05$).

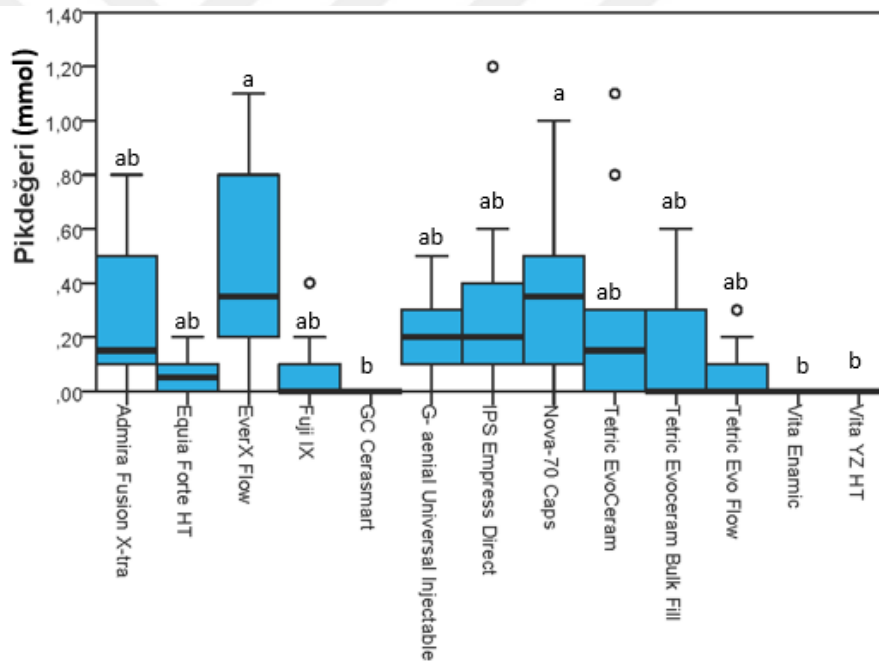
Vernik uygulanmamış Equa Forte HT grubu, aynı materyalin vernik uygulanmış örnekleri ile istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi. Vernik uygulanmayan Equa Forte HT grubu en düşük gaz ölçüm değerlerini gösterdi ve Admira Fusion x-tra, G- aenial Universal Injectable ve Nova 70- caps grupları ile istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermedi ($p> 0,05$).

Ayrıca üretici firma tarafından Equia Forte HT üzerine uygulanması tavsiye edilen Equia Coat yüzey verniğinden çıkan gazların doğrudan ölçümü yapıldığında Halimeter cihazında 100 ppb nin üzerinde artışlara neden olduğu tespit edildi.

4.2. H₂S Detektörü ile elde edilen sonuçlar:

4.2.1. H₂S Detektörü ile ölçülen pik değerler:

Alluim cepa içinde bekletilmelerinin ardından H₂S dedektörü ile ölçülen pik değerler incelendiğinde en yüksek değerleri EverX Flow ve Nova 70- caps gruplarının verdiği saptandı. Diğer gruplarla karşılaştırıldığında EverX Flow ve Nova- 70 Caps grupları, indirekt olarak kullanılan materyal grupları; GC Cerasmart, Vita Enamic, Vita YZ HT ile anlamlı farklılıklar gösterdi ($p < 0.05$). İkili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen sonuçlar Şekil 9’ da sunulmuştur.

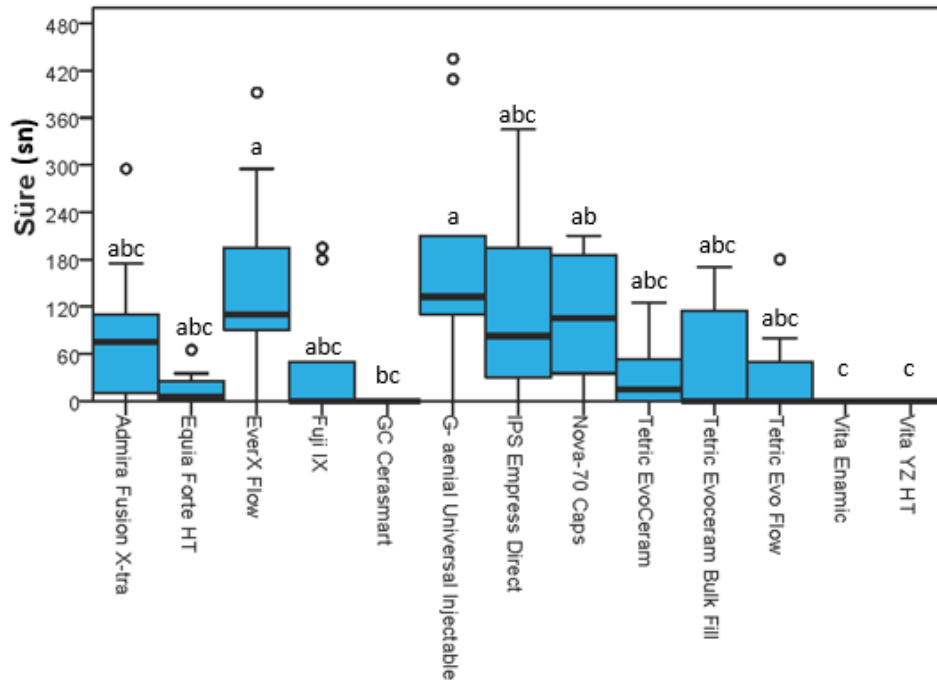


Şekil 9: H₂S detektörü ile tespit edilen pik değerler (mmol).

Farklı harfler gruplar arası farklılıkları göstermektedir. Üst whisker çizgileri maksimum değerleri, kutunun üst çizgisi üçüncü dörtte birlik Q3 değerini, kalın yatay çizgi median değerini, kutunun alt çizgisi birinci dörtte birlik Q1 değerini, alt whisker çizgileri ölçülen minimum değerleri, halkalar uç değerleri göstermektedir ($p=0,05$).

4.2.2. H₂S Detektörü ile ölçülen süreler

H₂S dedektörü ile yapılan ölçümlerde *alluim cepa* içinde bekletilmelerinin ardından en uzun süre H₂S salınımı gösteren materyaller EverX Flow ve G- aenial Universal Injectable oldu. İstatistiksel olarak karşılaştırıldığında bu iki grup ile indirekt olarak kullanılan materyal grupları arasında; GC Cerasmart, Vita Enamic, Vita YZ HT, anlamlı farklılıklar olduğu görüldü. Benzer şekilde; amalgam grubu Nova-70 Caps' in indirekt materyal gruplarından Vita Enamic ve Vita YZ HT ile anlamlı farklılıklar gösterdiği görüldü ($p < 0,05$).



Şekil 10: H₂S gazının örneklerden uzaklaşma süreleri

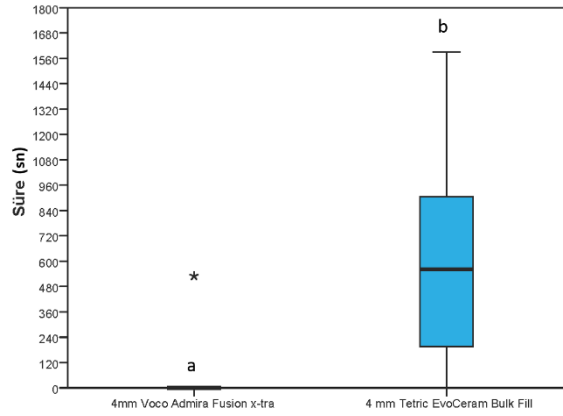
Üst whisker çizgileri maksimum değerleri, kutunun üst çizgisi üçüncü dörtte birlik Q3 değerini, kalın yatay çizgi median değerini, kutunun alt çizgisi birinci dörtte birlik Q1 değerini, alt whisker çizgileri ölçülen minimum değerleri, halkalar uç değerleri göstermektedir ($p=0,05$).

4.3. 4mm kalınlıktaki bulk fill kompozit örneklerinin karşılaştırılması

Çalışmamızda yer alan iki bulk fill kompozit olan Voco Admira Fusion x-tra ve Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozitleri kullanılarak hazırlanan 4 mm kompozit örneklerinin *Alluim cepa* içinde bekletilmesinin ardından elde edilen H₂S gaz salınımları Mann Whitney U testi ile karşılaştırıldığında Tetric EvoCeram Bulk Fill örneklerinin belirgin şekilde daha yüksek değerlere ulaştığı tespit edildi ($p= 0, 04$).

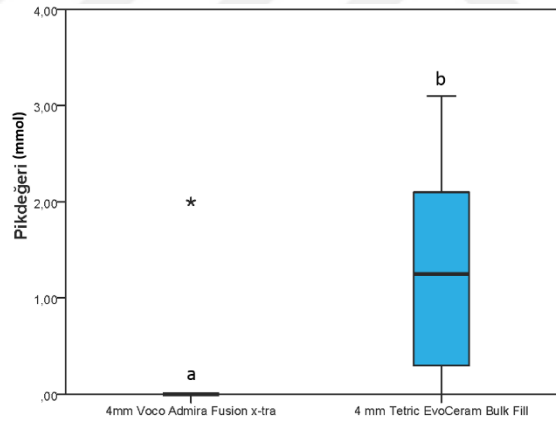
Bulk fill kompozit örneklerinin ortalama H₂S salınım sürelerine incelendiğinde ise benzer şekilde grupların 4' er mm' lik örnekleri arasında anlamlı fark tespit edildi

($p=0.05$). Bulk fill kompozit örneklerinin pik değerleri ve H_2S salınım süreleri Şekil 11 ve Şekil 12’ de sunulmuştur.



Şekil 11: 4 mm kalınlığındaki bulk fill kompozit örneklerinde H_2S detektörü ile tespit edilen pik değerleri (mmol).

Üst whisker çizgileri maksimum değerleri, kutunun üst çizgisi üçüncü dördte birlik Q3 değerini, kalın yatay çizgi median değerini, kutunun alt çizgisi birinci dördte birlik Q1 değerini, alt whisker çizgileri ölçülen minimum değerleri, yıldız aşırı uç değerleri göstermektedir ($p=0,05$).



Şekil 12: 4 mm kalınlığındaki bulk fill kompozit örneklerinde H_2S gazının örneklerden uzaklaşma süreleri.

Üst whisker çizgileri maksimum değerleri, kutunun üst çizgisi üçüncü dördte birlik Q3 değerini, kalın yatay çizgi median değerini, kutunun alt çizgisi birinci dördte birlik Q1 değerini, alt whisker çizgileri ölçülen minimum değerleri, yıldız aşırı uç değerleri göstermektedir ($p=0,05$).

4.4. CAD- CAM materyali örneklerinde yüzey pürüzlüğünün etkisinin incelenmesi

Pürüzlülüğün ölçüm sonuçları üzerinde etkili olup olmadığını araştırmak için en düşük ölçüm sonuçlarının elde edildiği CAD- CAM materyal örnekleri (GC Cerasmart, Vita Enamic, Vita YZ HT) bir frez yardımı ile pürüzlendirilerek deneyler tekrarlandı. Örneklerin yüzeyleri 181 μm partikül büyüklüğüne sahip bir fissür frezle (G&Z Instrumente GmbH, Lustenau, Avusturya) (836R, 014,6) pürüzlendirildi. İki

ölçüm arasındaki farklar Wilcoxon işaretli sıra testi ile karşılaştırıldığında H₂S pik değerleri ve salınım süreleri arasında istatistiksel bir fark olmadığı saptandı (Pik değerleri için p= 0,317 süre için p= 0,157). Pürüzlendirilmiş ve pürüzlendirilmemiş örneklerin ortalama pik ve ortalama süre değerleri H₂S dedektörünün minimum ölçüm değeri olan 0.1mmol den daha düşüktü.



5.TARTIŞMA

Bu tez çalışmasının amacı; uçucu sülfür bileşiklerinin ve özellikle H₂S'in restoratif materyallerdeki tutulumunu araştırmaktır. Çalışmamız sonucunda *alluim cepa*' da (kuru soğan) bekletilen çeşitli dental restoratif materyallerin uçucu sülfür bileşiklerini farklı oranlarda ve sürelerde yapılarında taşıdıkları tespit edilmiştir (p<0.05).

Kötü ağız kokusu (halitozis) toplumda sıkça karşılaşılan rahatsız edici bir durumdur. Çeşitli popülasyonlarda halitozis prevalansının % 22' den başlayarak % 50' nin üzerine kadar çıkan oranlarda görülebildiği belirtilmiştir.⁽³⁰⁾ Bu durum bireylerde sinirlilik, aşağılanma ve toplumsal olarak dışlanma gibi sorunlar yaratabilir.^(28, 29) Özellikle günümüzde bireylerin kişisel bakım uygulama rutinleri artmış ve bu tip problemler hastalar tarafından daha da önemsenir hale gelmiştir.⁽⁷⁴⁾ Her yıl yaklaşık 1 milyar dolar ağız kokusunu gidermeye yönelik ürünlere harcanmaktadır.⁽³³⁾ Bilimsel veriler doğrultusunda, bu paranın kısa etkili maskeleyici ürünler yerine doğru bir teşhisin ardından doğru bir tedavi yaklaşımına yönelik harcanması önerilmektedir.⁽³³⁾

Kliniğe başvuran bir hastada etkin bir tedavi planlaması yapılabilmesi için halitozis etiolojisinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir. Yapılan araştırmalara göre; ağız kokusunun %90' dan fazlasının sebebi intra oral ^(9, 101, 149) ve %8' i ise kulak- burun-boğaz veya sindirim kanalı hastalıklarına bağlıdır. ⁽⁶⁷⁾ Bunların dışında ise; psikolojik nedenlere bağlı olarak oluşan pseudohalitozis ve halitofobi oranları son yıllarda giderek artmaktadır.^(37, 93)

Ağız kokusunun tespitinde organoleptik yöntem veya cihazlar ile yapılan ölçümler kullanılabilir.⁽¹⁵⁰⁾ Organoleptik yöntem ile elde edilen sonuçlar sübjektiftir.⁽¹⁵⁰⁾ Cihazlar ile yapılan ölçümler ise daha standardize sonuçlar sağlayabilir.^(13, 50, 151)

Ağız kokusunun teşhisi ve kontrolünde kullanılan cihazlardan birisi olan Halimeter cihazı temel olarak uçucu sülfür bileşiklerini tespit etmek için tasarlanmıştır. Klinik uygulamada brom, karbon monoksit, klor, klor dioksit, etilen, etilen oksit, formaldehit, hidrazinler, hidrojen, hidrojen bromür, hidrojen klorür, hidrojen siyanür, hidrojen sülfür, nitrik oksit, azot dioksit, ozon, propilen oksit, kükürt dioksit gazlarını tespit eder; ancak bu gazları ayırt edemez ve oranlarını tek tek ölçemez.⁽¹⁴⁾

Halimeter cihazında ölçümler hastanın ağız veya burnundan verdiği hava ile yapılır. Hastanın ağız kapalı iken Halimeter' in polibutilen yapısındaki hortumuna bağlı bir pipet hastanın dil sırtına yerleştirilir ve cihazın emdiği hava ile ölçüm gerçekleştirilir. Ölçüm öncesinde, nefes örneğinde mevcut olan herhangi bir VSC' nin tam olarak oluşmasına izin vermek için örnek almadan önce hastanın ağız kapalı olmalıdır. Ölçüm yapılmaya hazır olduğunda, Halimeter pipetinin ucu, dilin arkasına dayalı olarak hastanın ağızına yerleştirilir. Ölçüm esnasında, dudaklar ve numune pipeti arasında hafif bir boşluk bırakacak şekilde dudaklar kapalı olmalıdır. (148)

Halimeter cihazı ile iç organlardan kaynaklanan Tip 4 nefes kokusu ölçümü yapılırken hastanın ağız en az 15 sn kadar kapalı tutturulur. Ardından ağızdan bir miktar nefes vermesi istendikten sonra kalan nefesini balona vermesi istenir. Hastanın nefesiyle şişen balonun içerisine Halimeter probu sokulup, balonun ağız kapalı bir şekilde tutulur ve cihazın ölçüm yapması sağlanır.⁽¹⁵²⁾

Tez çalışmamızın ilk basamağını oluşturan uçucu sülfür bileşiklerinin ölçümünde Halimeter cihazı kullanılmıştır. Tip 4 nefes kokusu ölçüm yöntemine benzer şekilde çalışmamızda da restoratif materyallerden salınan uçucu sülfür bileşiklerini toplamak amacıyla bir balon kullanılmıştır. *Alluim cepa* içerisinde 1 dk bekletilen örneğin yüzeyi peçete ile kurutulmuş ve 7 inch boyutunda bir balon içerisine alınıp, balon bir bisiklet pompası ile şişirilmiştir. Cihaz 180 sn' de bir olmak üzere 3 ölçüm gerçekleştirmektedir. Çalışmamızda örnek balona koyulduktan sonra cihaz çalıştırılmış ve cihazın ölçüm yapmadan önce 180 sn geri sayım yapması beklenilmiştir.

Çalışmamızın ilk etabında Halimeter cihazı ile amalgam, cam iyonomer ,universal kompozit, bulk fill kompozit , akıcı kompozit ,ormoser ve zirkon esaslı dolgu materyali örnekleri test edilmiştir. Kruskal Wallis testi sonucunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür. Bu sebeple birinci sıfır hipotezimiz; (Sülfür monitörü ile yapılan ölçümler sonucunda *alluim cepa* içinde bekletilen farklı restoratif materyallerin uçucu sülfür bileşiklerini salma miktarları arasında fark yoktur) reddedilmiştir.

Equia Forte HT grubu en yüksek değerlerin elde edildiği grup olmuştur. Üretici firma bu restoratif materyalin uygulanmasının ardından Equia Forte Coat (GC Corp., Tokyo, Japonya) ile restoratif materyal yüzeyinin örtülmesini tavsiye etmektedir. Equia Forte Coat; metil metakrilat, fotoinitator, sinerjik komponent, fosforik asit ester monomeri ve bütillenmiş hidroksitolüen içermektedir. Bu içeriklerin kimyasal detayları ticari sır olarak korunmaktadır.⁽¹⁵³⁾ Çalışmamızda Equia Forte HT grubu örneklerinin halimeter ölçümlerinin yüksek çıkması üzerine bir de verniksiz Equia Forte HT grubu oluşturulup test edilmiş ve bu iki grup arasında istatistiksel bir fark olduğu tespit edilmiştir.

Equia Forte Coat' un içerdiği fosforik asit ester monomeri ⁽¹⁵³⁾ veya içeriğindeki diğer uçucu kimyasallar ⁽¹⁵³⁾ ölçüm sonuçlarını yükseltmiş olabilir. Çalışmamızda Equia Forte Coat' un etkisini netleştirmek amacı ile Equia Forte Coat şişesinin kapağı açılarak çıkan gazların Halimeter ile ölçülmesi planlandı; ancak değerlerin cihaz sensörüne zarar verecek derecede hızlı bir şekilde yükseldiği tespit edildi. Halimeter kullanma kılavuzunda halitozis ölçümü öncesinde ağız gargaralarının kullanılmasının hatalı sonuçlar doğurabileceği ve cihaz sensörüne hasar verebileceği belirtilmiştir.⁽¹⁴⁸⁾

Halimeter cihazı yukarıda da belirtildiği gibi pek çok uçucu sülfür bileşiğine hassasiyet gösterir. Aynı zamanda etanol ve yağ esanslarını da bu bileşiklerden ayırt edemez.⁽⁹⁹⁾ Konsantrasyonu bilinen gazların bu cihaza okutulup, sonuçların karşılaştırıldığı bir çalışmaya göre; cihaz ilk 6 saniyelik okumada hidrojen sülfür (H_2S) gazının konsantrasyonunu doğru okumuş olup, metil merkaptan (CH_3SH) gazının konsantrasyonunu %31 daha düşük okumuştur. Okuma süresi 1,5 dakika geçtikten sonra hidrojen sülfür gazını olması gerekenden %49 daha yüksek okumuş, metil merkaptan gazını doğru okumaya devam etmiştir. Dimetilsülfid (CH_3SCH_3) gazını ise 6 saniye ve 1.5 dakikalık okumaların ikisinde de olması gerekenden daha düşük okumuştur. Karbon disülfid (CS_2) gazını ise hiç okuyamamıştır. Bunların yanında yaptığı tüm okumalarda artan gaz konsantrasyonu ile okuduğu değerler arasında orantılı bir ilişki tespit edilmiştir.⁽¹⁵⁴⁾

Klinikte ağız kokusunun tespiti için Halimeter cihazı kullanılacak ise bu işlemin restoratif işlemlerden önce, özellikle de olası bir Equia Forte Coat uygulamasından önce yapılması yerinde olacaktır. Equia Forte Coat uygulaması sonrası yapılacak ağız

kokusu tespit işlemleri sonucu hatalı pozitif sonuçlar elde edilebilir. Bu konu üzerinde ilave çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Hidrojen sülfür, metil merkaptan ve disülfid ile birlikte intra oral halitozisteki ana uçucu bileşiklerden biridir.^(6, 7) Intra oral halitoziste en düşük koku eşiği değerine sahip bileşikler sırasıyla; metil merkaptan, hidrojen sülfür ve dimetil sülfürdür. ^(15, 28, 45, 56, 60) Başka bir deyişle intra oral halitozisin başlıca nedeni bu üç gazdır.

H₂S üretimi için temel kaynaklardan biri anaerobik bakterilerdir. Başlıca uçucu sülfür bileşikleri olan; hidrojen sülfür, dimetil sülfür, dimetil disülfür ve metil merkaptan ^(56, 60) çoğunlukla anaerobik bakteriler tarafından üretilir. Hidrojen sülfür ve merkaptanlar başlıca son ürünlerdir.⁽⁵²⁾ Kötü kokulu gazların artmış üretimi esas olarak dil yüzeyinde ve dişeti iltihabı ve periodontitis gibi hastalıklarda ve daha az ölçüde perikoronit, oral ülserler, periodontal apseler ve herpetik gingivitiste ortaya çıkar.⁽³⁷⁾ Bu durumun sebebi kötü ağız hijyeni ve plak birikimi sebebiyle ağız içinde artmış anaerobik floradır.

H₂S gazı referans alınarak halitozis üzerine yapılan bir çalışmada; ağız kokusu olmayan kişilerin tükürüğündeki ortalama H₂S miktarı 0.5 ng / 10 mL iken, intra oral halitozisli hastalarda 6.7 ng / 10 mL olarak saptanmıştır ⁽⁵⁷⁾ Hem H₂S hem de metil merkaptanın, intra oral ağız kokusu olan hastaların ağız nefesinde önemli ölçüde yükseldiği ve rahatsız edici seviyelere ulaştığı belirtilmiştir.⁽¹⁵⁵⁾

Çürük yumurtanın karakteristik kötü kokusuna sahip zehirli bir gaz olan hidrojen sülfür (H₂S), gaz halinde bir sinyal molekülü olarak görev alır ⁽¹⁵⁶⁻¹⁵⁸⁾. İnsan vücudunda çoklu biyolojik fonksiyonlara sahiptir. Nitrik oksit (NO) ve karbon monoksit (CO) ile gazotransmitterlerin üçüncü ve en yeni üyesidir.⁽⁷⁰⁾

Son yıllarda, tedavi ve araştırma amaçlı birçok H₂S donörü geliştirilmiştir; ⁽¹⁵⁹⁾ ancak bunların çoğu, fonksiyonel gıdaların aktif bileşenleri olarak uygun olmayan sentetik bileşiklerdir. Öte yandan, sebze ve meyvelerde bulunan ve H₂S donörü olma potansiyeline sahip olabilecek çok çeşitli diyet organosülfür bileşikleri vardır.⁽⁷⁰⁾ Literatürde *Allium* cinsinin organosülfid içerdiği bilinmektedir.⁽⁸⁾ Soğan *Allium* cinsinin bir üyesidir. Sarımsak (*Allium sativum*) , soğan (*Allium cepa*), yeşil soğan (*Allium fistulosum* L.), arpacık soğanı (*Allium ascalonicum* auct.), pırasa (*Allium porrum* L.) ve Çin frenk soğanı (*Allium tuberosum* L.) yine *Allium* cinsinin üyeleridir.

Tropikal kökenli durian (*Durio zibethinus Murr.*) ve kokmuş fasulye (*Parkia speciosa*) de pişmedikleri zaman rahatsız edici kokuları olan yüksek organosülfür bileşikleri içeriği ile bilinen sebzelerdir.⁽¹⁶⁰⁻¹⁶⁴⁾ *Allium* sebzeleri, uzun zamandır antiinflamatuvar fonksiyonlara sahip sağlıklı gıdalar olarak kabul edilmektedirler. Bu besinlerin aktif bileşenlerinin diyabet ve kardiyovasküler hastalık riskini azalttığı gösterilmiştir.^(165, 166) *Allium* sebze diyetlerinin başlıca yararlı etkilerinin, organik polisülfidlerden H₂S aracılığıyla olduğu öne sürülmüştür.⁽¹⁶⁷⁾

Bahsettiğimiz bu sebze ve meyvelere günlük tüketimde toplumların erişimi kolaydır. Aynı zamanda yemek kültürü ve de sağlık için olumlu etkilerinden dolayı da sıklıkla mutfaklarda bulunmaktadır. Bu nedenlere bağlı olarak öğünlerde tüketimleri sıktır. Bu sebeple çalışmamızda sülfür gazlarının kaynağı olarak “*allium cepa*” kullanılmıştır.

H₂S fizyolojik koşullar altında (saniyelerden birkaç dakikaya kadar değişen) kısa bir yarı ömre sahiptir ⁽¹⁵⁷⁾; sonuç olarak, biyolojik numunelerde H₂S'nin doğru tespiti ve ölçümü zordur.⁽⁷⁰⁾ H₂S yarılanma ömrünün kısa sürmesinden dolayı ölçüm prosedürünün hızlı bir şekilde uygulanması gerekir. Çalışmamızda örneklerin *Alluim Cepa* içerisinde ne kadar süre bekletilmesi gerektiğini saptayabilmek için ön denemeler yapılmış ve 1 dk bekletme süresinin yeterli olduğu, uzayan süre ile gaz çıkışının azaldığı saptanmıştır. Bu sebeple örneklerin standardizasyonunu sağlamak için tüm örnekler 1 dk *Alluim cepa*’ da bekletildi ve örneklerin üzerindeki partiküllerin temizlenmesi için bir kâğıt peçete kullanıldı.

Halimeter ile yapılan ön çalışmanın ardından daha standart ve spesifik sonuçlar veren H₂S dedektörü ile çalışmamız genişletilmiştir. Bu yöntemle tek bir uçucu bileşiğe odaklanılması ve farklı gazların elimine edilmesi amaçlanmıştır.

H₂S dedektörü ile yapılan ölçümlerde elde edilen H₂S pik değerleri incelendiğinde 2 mm kalınlığındaki örnekler arasında en yüksek ortanca değerleri (4 mmol) EverX Flow ve Nova 70- caps gruplarının verdiği tespit edildi. EverX Flow dentin replasmanı için tasarlanmış, kısa- fiber lifleri ile güçlendirilmiş, akışkan bir kompozittir. Klinik uygulamalarda EverX Flow’ un üzerinin daimî bir kompozit materyal ile örtülmesi tavsiye edilmektedir. Nova 70- caps ise %11,9 oranında bakır içeren bir amalgam dolgu materyalidir. H₂S pik değerleri açısından diğer gruplarla

karşılaştırıldığında EverX Flow ve Nova- 70 caps grupları, indirekt restoratif materyal grupları olan; GC Cerasmart, Vita Enamic, Vita YZ HT ile anlamlı farklılıklar göstermiştir ($p<0.05$).

Amalgam dolgularda meydana gelen korozyonda sülfid ve kalay oksit gibi ürünler ortaya çıkabilir.⁽¹⁶⁸⁾ Ayrıca sülfür içeren bileşiklerin amalgamın korozyonunu başlatabileceği bildirilmiştir.⁽¹⁶⁹⁾ Yaşlanmış amalgam spektrumunun model bileşiklerle sistematik bir karşılaştırmasını araştıran bir çalışmada ise β - HgS spektrumuna çarpıcı bir benzerlik tespit edilmiştir. β -HgS, diğer adıyla metasinnabar, çözünür Hg(II) tuzlarının H₂S ile çökeltilmesiyle yapılan yaygın siyah cıva sülfürdür.⁽¹⁷⁰⁾ Amalgam örneklerinin yüzeyinde metasinnabar bulunabileceği düşünüldüğünde, yüksek çıkan H₂S değerleri bu durum ile ilişkilendirilebilir.

H₂S dedektörü ile yapılan ölçümlerde diğer gruplarla karşılaştırıldığında en uzun süre H₂S salınımı gösteren materyaller EverX Flow ve G- aenial Universal Injectable oldu. Bu materyallerden H₂S salınımının 2dk dan uzun sürdüğü tespit edildi. İstatistiksel olarak karşılaştırıldığında bu iki grup ile indirekt restoratif materyal grupları arasında (GC Cerasmart, Vita Enamic, Vita YZ HT) anlamlı farklılıklar olduğu görüldü.

Nova-70 Caps amalgam grubunda da H₂S salınımının ise 100 sn den fazla sürdüğü saptandı. Tüm gruplar istatistiksel olarak karşılaştırıldığında; Nova-70 Caps' in H₂S salınım süresinin indirekt materyal gruplarından iki tanesi olan Vita Enamic ve Vita YZ HT ile anlamlı farklılıklar gösterdiği görüldü.

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde en düşük H₂S pik değer ortalamalarına ve salınım sürelerine CAD- CAM blokların sahip olduğu görülmektedir. H₂S' e bağlı oluşan halitozis açısından değerlendirildiğinde bu durum seramik ve zirkon içerikli indirekt materyallerin daha avantajlı olabileceğini göstermektedir.

Bu sebeplerle; ikinci sıfır hipotezimiz olan 'H₂S dedektörü ile yapılan ölçümler sonucunda alluim cepa içinde bekletilen farklı restoratif materyallerin H₂S salma miktarları ve süreleri arasında fark yoktur.' reddedilmiştir. Farklı restoratif materyallerin H₂S salınım miktarları ve süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Bulk fill kompozitler son yıllarda geliştirilen ve kullanımları giderek artan yeni teknolojik özelliklere sahip materyallerdir. Bu kompozitlerde ışığın daha derin penetrasyonu amaçlanmıştır.⁽¹⁷¹⁾ Bulk fill kompozitler 4- 6 mm' ye kadar tek bir tabaka olarak kullanılabilirler.

Restoratif materyal hacmi emilen H₂S hacmini de doğrudan etkileyebileceği için çalışmamızda bulk fill kompozitler 2 mm ve 4 mm kalınlıklarda hazırlanmıştır ve 4 mm kalınlığındaki bulk fill kompozit örnekleri; Tetric EvoCeram Bulk Fill ve Admira Fusion x-tra kendi arasında kıyaslanmıştır. Yapılan ölçümler neticesinde en yüksek ve uzun süreli H₂S salınımını 4 mm kalınlığındaki Tetric EvoCeram Bulk Fill örnekleri göstermiştir. Bu iki kompozit arasındaki farklılık kimyasal içeriklerinden kaynaklanıyor olabilir. Bu sonuçlar ışığında 3. sıfır hipotezimiz olan “ 4 mm' lik kalınlıklarda hazırlanan bulk fill materyal örneklerinin H₂S salma miktarları ve süreleri arasında fark yoktur” reddedilmiştir.

Kullandığımız örneklerin hepsine üretici firma talimatlarına uygun şekilde bitirme ve polisaj işlemleri yapılmıştır; ancak ağızda bulunan restorasyonlar zaman içerisinde deforme olmaya başlar ve yüzey özelliklerini ilk yaptıkları günkü gibi koruyamazlar. Çalışmamızda H₂S salınımı açısından en düşük ortalama pik değerlere ve en kısa süreli salınımlara sahip olan indirekt restoratif materyallerin bu başarısının yüzeylerinin pürüzlendirilmesi ile azalıp azalmayacağını test etmek için bu gruplara siyah kuşak (181µm) elmas fissür frezle (G&Z Instrumente GmbH, Lustenau, Avusturya) (836R, 014,6) 30 sn süresince pürüzlendirme işlemi uygulanmış ve H₂S gazı ölçüm deneyleri tekrarlanmıştır. Yenilenen ölçümler sonucunda bu grupların polisajlı örnekleriyle pürüzlendirilmiş örnekleri arasında belirgin bir fark tespit edilmemiştir. Bu nedenle dördüncü sıfır hipotezimiz olan ‘Materyal pürüzlülüğü *Alluim cepa* içinde bekletilen farklı restoratif materyallerin H₂S salma miktarları ve süreleri üzerinde bir etkiye sahip değildir.’ifadesi çalışmamızın sınırları dahilinde kabul edilmiştir. Hazırlanan örneklerin polisajlanmış orijinal halleri ile pürüzlendirildikten sonra yapılan ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (P<0.05) Ancak şurası unutulmamalıdır ki ağızdaki iyi cilalanmamış veya yüzey özellikleri zarar görmüş restorasyon yüzeyleri plak birikimine daha yatkındır ⁽¹⁷²⁾, bakteriler için daha uygun bir ortam oluştururlar ve

yukarıda da bahsettiğimiz gibi hem H₂S' in hem de pek çok ağız kokusuna sebep olan gazların ana kaynaklarından birisi bakterilerdir.⁽⁶²⁾

Halimeter cihazı ve H₂S dedektörü ile elde ettiğimiz sonuçları doğrudan birbiri ile kıyaslanması uygun olmayacaktır; çünkü bir sülfür monitörü olan Halimeter birçok gazdan etkilenebilir ve hatalı sonuçlar verebilir. Bu açıdan değerlendirildiğinde H₂S dedektörü kullanımı daha analitik sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir. Bunun yanında çalışmamızda kullandığımız H₂S dedektörü ise dental uygulamalar için tasarlanmış ideal bir cihaz değildir. Hallitosis ve dental materyal ilişkisi konusunda yeni çalışmalara ve bu konuya spesifik olarak geliştirilmiş yeni cihazlara ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı restoratif materyallerin uçucu sülfür gazları ve H₂S gazı salınım kapasitelerini araştırıp kıyaslamayı amaçlayan çalışmamızda elde edilen bulgulara göre;

1) Sülfür monitörü ile yapılan ölçümler sonucunda restoratif materyaller arasında farklılıklar bulunmuştur. Amalgam, cam iyonomer, universal kompozit, bulk fill kompozit , akıcı kompozit ,ormoser ve zirkon esaslı dolgu materyali örnek grupları arasında en yüksek değerleri Equa Coat vernik uygulanmış olan bulk fill hibrid cam iyonomer Equa Forte HT grubu verirken benzer şekilde en düşük değerleri de vernik uygulanmamış Equa Forte HT grubu sergilemiştir. Bu durum cihazın vernikten salınan uçucu gazlardan etkilenmesi nedeni ile gerçekleşmiş olabilir. Bu konu ile ilgili ilave çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

2) H₂S dedektörü ile yapılan ölçümler sonucunda Alluim cepa içinde bekletilen farklı restoratif materyallerin H₂S salma miktarları ve süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Yapılan ölçümlerde diğer gruplarla karşılaştırıldığında en uzun süre H₂S salınımı gösteren materyaller; EverX Flow ve G- aenial Universal Injectable olurken, en düşük H₂S pik değer ortalamalarına ve salınım sürelerine CAD- CAM blokların sahip olduğu görülmüştür.

3) Bulk Fill kompozitlerde yapılan ölçümler neticesinde; Tetric EvoCeram Bulk Fill ve Admira Fusion x-tra guplarının 4 mm kalınlığındaki örnekleri kendi arasında kıyaslandığında en yüksek ve uzun süreli H₂S salınımını Tetric EvoCeram Bulk fill örnekleri göstermiştir. 4 mm' lik kalınlıklarda hazırlanan bulk fill materyal örneklerinin H₂S salma miktarları ve süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur.

4) En düşük gaz ölçümlerinin saptandığı CAD CAM materyallerinin yüzeylerinin bir frez ile pürüzlendirilmesi H₂S pik değerleri ve salınım süreleri üzerinde bir artışa sebep olmamış, polisajlı ve pürüzlendirilmiş örnekler arasında istatistiksel bir fark tespit edilememiştir.

KAYNAKLAR

1. Gonçalves ACdS, Martins MCN, Paula BLd, et al. A new technique for tongue brushing and halitosis reduction: the X technique. *Journal of Applied Oral Science* 2019;27.
2. Jeffet U, Sterer N. Effect of mucoadhesive agent HEC on herbal extracts retention and VSC producing bacteria reduction in an experimental oral biofilm. *Journal of breath research* 2019;13(2):026004.
3. Jeffet U, Nasrallah R, Sterer N. Effect of red dyes on blue light phototoxicity against VSC producing bacteria in an experimental oral biofilm. *Journal of breath research* 2016;10(4):046011.
4. Tangerman A, Winkel E. The portable gas chromatograph OralChroma™: a method of choice to detect oral and extra-oral halitosis. *Journal of breath research* 2008;2(1):017010.
5. Suzuki N, Yoneda M, Takeshita T, Hirofujii T, Hanioka T. Induction and inhibition of oral malodor. *Mol Oral Microbiol* 2019;34(3):85-96.
6. Dinc ME, Altundag A, Dizdar D, et al. An objective assessment of halitosis in children with adenoid vegetation during pre-and post-operative period. *International journal of pediatric otorhinolaryngology* 2016;88:47-51.
7. Laleman I, Dekeyser C, Wylleman A, Teughels W, Quirynen M. The OralChroma TM CHM-2: a comparison with the OralChroma TM CHM-1. *Clinical oral investigations* 2020:1-8.
8. Wang H, Huang D. Dietary organosulfur compounds from garlic and cruciferous vegetables as potent hypochlorite scavengers. *Journal of Functional Foods* 2015;18:986-93.
9. Armstrong BL, Sensat ML, Stoltenberg JL. Halitosis: a review of current literature. *American Dental Hygienists' Association* 2010;84(2):65-74.
10. Alzoman H, Alzahrani A, Alwehaiby K, Alanazi W, AlSarhan M. Efficacy of Arabic Coffee and Black Tea in Reducing Halitosis: A Randomized, Double-Blind, Controlled, Crossover Clinical Trial. *Healthcare (Basel)* 2021;9(3).
11. Messadi DV, Younai FS. Halitosis. *Dermatologic clinics* 2003;21(1):147-55, viii.

12. Scully C, El-Maaytah M, Porter SR, Greenman J. Breath odor: etiopathogenesis, assessment and management. *European journal of oral sciences* 1997;105(4):287-93.
13. Van den Broek AM, Feenstra L, de Baat C. A review of the current literature on aetiology and measurement methods of halitosis. *Journal of dentistry* 2007;35(8):627-35.
14. Aydın DM. Teşhiten Tedaviye Ağız Kokusu: Nobel Tıp Kitapevleri; 2008.
15. Hampelska K, Jaworska MM, Babalska ZŁ, Karpiński TM. The Role of Oral Microbiota in Intra-Oral Halitosis. *Journal of Clinical Medicine* 2020;9(8):2484.
16. Scully C, Greenman J. Halitosis (breath odor). *Periodontology* 2000 2008;48(1):66-75.
17. Wu J, Cannon R, Ji P, Farella M, Mei L. Halitosis: prevalence, risk factors, sources, measurement and treatment—a review of the literature. *Australian dental journal* 2020;65(1):4-11.
18. Yaegaki K, Coil JM. Examination, classification, and treatment of halitosis; clinical perspectives. *Journal-canadian dental association* 2000;66(5):257-61.
19. Calil CM, Oliveira GM, Cogo K, et al. Effects of stress hormones on the production of volatile sulfur compounds by periodontopathogenic bacteria. *Brazilian oral research* 2014;28(1):1-8.
20. Elias MS, Ferriani MdGC. Historical and social aspects of halitosis. *Revista latino-americana de enfermagem* 2006;14(5):821-23.
21. Sanz M, Roldan S, Herrera D. Fundamentals of breath malodour. *J Contemp Dent Pract* 2001;2(4):1-17.
22. Rosenberg M, Kozlovsky A, Gelernter I, et al. Self-estimation of oral malodor. *Journal of Dental Research* 1995;74(9):1577-82.
23. Rosenberg M. Clinical assessment of bad breath: current concepts. *Journal of the American Dental Association* (1939) 1996;127(4):475-82.
24. Tonzetich J, Richter V. Evaluation of volatile odoriferous components of saliva. *Archives of oral biology* 1964;9(1):39-45.
25. Tonzetich J. Production and origin of oral malodor: a review of mechanisms and methods of analysis. *Journal of periodontology* 1977;48(1):13-20.

26. Coelho Dal Rio AC, Danielli Nicola EM, Franchi Teixeira AR. Halitosis - an assessment protocol proposal. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology* 2007;73(6):835-42.
27. Rosenberg M, Kulkarni G, Bosy A, McCulloch C. Reproducibility and sensitivity of oral malodor measurements with a portable sulphide monitor. *Journal of dental research* 1991;70(11):1436-40.
28. Anbari F, Ashouri Moghaddam A, Sabeti E, Khodabakhshi A. Halitosis: *Helicobacter pylori* or oral factors. *Helicobacter* 2019;24(1):e12556.
29. Rösing CK, Loesche W. Halitosis: an overview of epidemiology, etiology and clinical management. *Brazilian oral research* 2011;25(5):466-71.
30. Cortelli JR, Barbosa MDS, Westphal MA. Halitosis: a review of associated factors and therapeutic approach. *Brazilian oral research* 2008;22:44-54.
31. Rosenberg M, Doyle R. Bad breath—research perspectives. *Journal of Dental Research* 1995;74(5):1240-40.
32. Lee SS, Zhang W, Li Y. Halitosis update: a review of causes, diagnoses, and treatments. *Journal of the California Dental Association* 2007;35(4):258-60, 62, 64.
33. Loesche WJ. The effects of antimicrobial mouthrinses on oral malodor and their status relative to US Food and Drug Administration regulations. *Quintessence international* 1999;30(5).
34. Miyazaki H, Sakao S, Katoh Y, Takehara T. Correlation between volatile sulphur compounds and certain oral health measurements in the general population. *Journal of periodontology* 1995;66(8):679-84.
35. Liu XN, Shinada K, Chen XC, et al. Oral malodor-related parameters in the Chinese general population. *Journal of clinical periodontology* 2006;33(1):31-36.
36. Al-Ansari JM, Boodai H, Al-Sumait N, et al. Factors associated with self-reported halitosis in Kuwaiti patients. *Journal of dentistry* 2006;34(7):444-49.
37. Quirynen M, Dadamio J, Van den Velde S, et al. Characteristics of 2000 patients who visited a halitosis clinic. *Journal of clinical periodontology* 2009;36(11):970-75.
38. Nalçacı R, Dülgergil T, Oba A, Gelgör I. Prevalence of breath malodour in 7-11-year-old children living in Middle Anatolia, Turkey. *Community dental health* 2008;25(3):173-77.

39. Delanghe G, Ghyselen J, van Steenberghe D, Feenstra L. Multidisciplinary breath-odour clinic. *The Lancet* 1997;350(9072):187.
40. Miyazaki H. Tentative classification of halitosis and its treatment needs. *Niigata Dent J* 1999;32:7-11.
41. Tangerman A, Winkel EG. Extra-oral halitosis: an overview. *J Breath Res* 2010;4(1):017003.
42. Aydin M, Harvey-Woodworth CN. Halitosis: a new definition and classification. *Br Dent J* 2014;217(1):E1.
43. De Geest S, Laleman I, Teughels W, Dekeyser C, Quirynen M. Periodontal diseases as a source of halitosis: a review of the evidence and treatment approaches for dentists and dental hygienists. *Periodontology* 2000 2016;71(1):213-27.
44. Tangerman A, Winkel EG. Volatile Sulfur Compounds as The Cause of Bad Breath: A Review. *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements* 2013;188(4):396-402.
45. Rani H, Ueno M, Zaitse T, Furukawa S, Kawaguchi Y. Factors associated with clinical and perceived oral malodor among dental students. *J Med Dent Sci* 2015;62(2):33-41.
46. AlSadhan SA. Self-perceived halitosis and related factors among adults residing in Riyadh, Saudi Arabia. A cross sectional study. *The Saudi Dental Journal* 2016;28(3):118-23.
47. Murata T, Yamaga T, Iida T, Miyazaki H, Yaegaki K. Classification and examination of halitosis. *International dental journal* 2002;52(S5P1):181-86.
48. Mortazavi H, Rahbani Nobar B, Shafiei S. Drug-related Halitosis: A Systematic Review. *Oral Health Prev. Dent* 2020;18:399-407.
49. Van den Velde S, van Steenberghe D, Van Hee P, Quirynen M. Detection of odorous compounds in breath. *J Dent Res* 2009;88(3):285-9.
50. Madhushankari GS, Yamunadevi A, Selvamani M, Mohan Kumar KP, Basandi PS. Halitosis - An overview: Part-I - Classification, etiology, and pathophysiology of halitosis. *J Pharm Bioallied Sci* 2015;7(Suppl 2):S339-43.
51. van den Velde S, Quirynen M, van Hee P, van Steenberghe D. Halitosis associated volatiles in breath of healthy subjects. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci* 2007;853(1-2):54-61.

52. He M, Lu H, Cao J, et al. Psychological characteristics of Chinese patients with genuine halitosis. *Oral diseases* 2020;26(7):1576-85.
53. Monedeiro F, Milanowski M, Ratiu IA, et al. VOC Profiles of Saliva in Assessment of Halitosis and Submandibular Abscesses Using HS-SPME-GC/MS Technique. *Molecules* 2019;24(16).
54. Phillips M, Cataneo R, Greenberg J, et al. Pilot study of a breath test for volatile organic compounds associated with oral malodor: evidence for the role of oxidative stress. *Oral diseases* 2005;11:32-34.
55. Dadamio J, Van Tornout M, Van den Velde S, et al. A novel and visual test for oral malodour: first observations. *Journal of breath research* 2011;5(4):046003.
56. Koczorowski R, Karpiński T. Halitosis—Problem społeczny. Halitosis—A social problem. *Now. Lek* 2001;70:657-64.
57. Sopapornamorn P, Ueno M, Shinada K, Yanagishita M, Kawaguchi Y. Relationship between total salivary protein content and volatile sulfur compounds levels in malodor patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103(5):655-60.
58. Sterer N, Rosenberg M. Streptococcus salivarius promotes mucin putrefaction and malodor production by Porphyromonas gingivalis. *Journal of dental research* 2006;85(10):910-14.
59. Tanabe S-i, Grenier D. Characterization of volatile sulfur compound production by Solobacterium moorei. *Archives of oral biology* 2012;57(12):1639-43.
60. Ayılıkçı BU, Çolak H. Halitosis: From diagnosis to management. *Journal of natural science, biology, and medicine* 2013;4(1):14.
61. Ma W, Chen K, Li Y, et al. Advances in cadaverine bacterial production and its applications. *Engineering* 2017;3(3):308-17.
62. Sakanaka A, Kuboniwa M, Hashino E, et al. Distinct signatures of dental plaque metabolic byproducts dictated by periodontal inflammatory status. *Scientific reports* 2017;7(1):1-10.
63. Awano N, Wada M, Mori H, Nakamori S, Takagi H. Identification and functional analysis of Escherichia coli cysteine desulfhydrases. *Applied and environmental microbiology* 2005;71(7):4149-52.

64. Tiso M, Schechter AN. Nitrate reduction to nitrite, nitric oxide and ammonia by gut bacteria under physiological conditions. *PloS one* 2015;10(3):e0119712.
65. Rath S, Heidrich B, Pieper DH, Vital M. Uncovering the trimethylamine-producing bacteria of the human gut microbiota. *Microbiome* 2017;5(1):1-14.
66. Codipilly D, Kleinberg I. Generation of indole/skatole during malodor formation in the salivary sediment model system and initial examination of the oral bacteria involved. *Journal of breath research* 2008;2(1):017017.
67. Bollen C, Rompen E, Demanez J. Halitosis: a multidisciplinary problem. *Revue medicale de Liege* 1999;54(1):32-36.
68. Porter S, Scully C. Oral malodour (halitosis). *Bmj* 2006;333(7569):632-35.
69. Faveri M, Hayacibara MF, Cancine Pupio G, et al. A cross-over study on the effect of various therapeutic approaches to morning breath odour. *Journal of clinical periodontology* 2006;33(8):555-60.
70. Liang D, Wang C, Tocmo R, et al. Hydrogen sulphide (H₂S) releasing capacity of essential oils isolated from organosulphur rich fruits and vegetables. *journal of functional foods* 2015;14:634-40.
71. Young K, Oxtoby A, Field E. Halitosis: a review. *Dental update* 1993;20(2):57-9, 61.
72. Morita M, Wang HL. Association between oral malodor and adult periodontitis: a review. *Journal of clinical periodontology* 2001;28(9):813-19.
73. DE BOEVER EH, Loesche WJ. Assessing the contribution of anaerobic microflora of the tongue to oral malodor. *The Journal of the American Dental Association* 1995;126(10):1384-93.
74. Loesche WJ, Kazor C. Microbiology and treatment of halitosis. *Periodontology* 2000 2002;28:256-79.
75. Kaizu T, Tsunoda M, Aoki H, Kimura K. Analysis of volatile sulphur compounds in mouth air by gas chromatography. *The Bulletin of Tokyo Dental College* 1978;19(1):43-52.
76. Wåler SM. On the transformation of sulfur-containing amino acids and peptides to volatile sulfur compounds (VSC) in the human mouth. *European journal of oral sciences* 1997;105(5):534-37.

77. Lee CH, Kho HS, Chung SC, Lee SW, Kim YK. The relationship between volatile sulfur compounds and major halitosis-inducing factors. *Journal of periodontology* 2003;74(1):32-37.
78. Kanehira T, Takehara J, Takahashi D, Honda O, Morita M. Prevalence of oral malodor and the relationship with habitual mouth breathing in children. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 2004;28(4):285-88.
79. Thomson WM. Issues in the epidemiological investigation of dry mouth. *Gerodontology* 2005;22(2):65-76.
80. Kozlovsky A, Goldberg S, Natour I, et al. Efficacy of a 2-phase oil: water mouthrinse in controlling oral malodor, gingivitis, and plaque. *Journal of periodontology* 1996;67(6):577-82.
81. Veloso DJ, Abrão F, Martins CHG, et al. Potential antibacterial and anti-halitosis activity of medicinal plants against oral bacteria. *Arch Oral Biol* 2020;110:104585.
82. Yaegaki K, Sanada K. Biochemical and clinical factors influencing oral malodor in periodontal patients. *Journal of periodontology* 1992;63(9):783-89.
83. Persson S, Edlund MB, Claesson R, Carlsson J. The formation of hydrogen sulfide and methyl mercaptan by oral bacteria. *Oral microbiology and immunology* 1990;5(4):195-201.
84. Tonzetich J. Oral malodour. An indicator of health status and oral cleanliness. *Int Dent J.* 1978;28:309-19.
85. Brook I, Gober AE. Bacterial interference in the nasopharynx following antimicrobial therapy of acute otitis media. *The Journal of antimicrobial chemotherapy* 1998;41(4):489-92.
86. Rosenberg M. Bad breath: diagnosis and management. *Harefuah* 1995;128(8):513-16.
87. Fletcher S, Blair P. Chronic halitosis from tonsilloliths: a common etiology. *The Journal of the Louisiana State Medical Society: Official Organ of the Louisiana State Medical Society* 1988;140(6):7-9.
88. Tsuneishi M, Yamamoto T, Koikeguchi S, et al. Composition of the bacterial flora in tonsilloliths. *Microbes and infection* 2006;8(9-10):2384-89.
89. Mazzone PJ. Analysis of volatile organic compounds in the exhaled breath for the diagnosis of lung cancer. *Journal of Thoracic Oncology* 2008;3(7):774-80.

90. Keles M, Tozoglu U, Uyanik A, et al. Does peritoneal dialysis affect halitosis in patients with end-stage renal disease? *Peritoneal Dialysis International* 2011;31(2):168-72.
91. Lee P, Mak W, Newsome P. The aetiology and treatment of oral halitosis: an update. *Hong Kong Med J* 2004;10(6):414-8.
92. Seemann R, Bizhang M, Djamchidi C, Kage A, Nachnani S. The proportion of pseudo-halitosis patients in a multidisciplinary breath malodour consultation. *International dental journal* 2006;56(2):77-81.
93. Lochner C, Stein DJ. Olfactory reference syndrome: diagnostic criteria and differential diagnosis. *Journal of postgraduate medicine* 2003;49(4):328.
94. Kursun S, Acar B, Atakan C, Öztas B, Paksoy C. Relationship between genuine and pseudohalitosis and social anxiety disorder. *Journal of oral rehabilitation* 2014;41(11):822-28.
95. Kim DJ, Lee JY, Kho HS, et al. A new organoleptic testing method for evaluating halitosis. *Journal of periodontology* 2009;80(1):93-97.
96. Iwanicka-Grzegorek K, Lipkowska E, Kepa J, Michalik J, Wierzbicka M. Comparison of ninhydrin method of detecting amine compounds with other methods of halitosis detection. *Oral diseases* 2005;11:37-39.
97. Tonzetich J. Direct gas chromatographic analysis of sulphur compounds in mouth air in man. *Archives of Oral Biology* 1971;16(6):587-97.
98. Tanaka M, Anguri H, Nonaka A, et al. Clinical assessment of oral malodor by the electronic nose system. *Journal of dental research* 2004;83(4):317-21.
99. AFFAIRS ACOS. Oral malodor. *The Journal of the American Dental Association* 2003;134(2):209-14.
100. Nachnani S. Oral malodor: causes, assessment, and treatment. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)* 2011;32(1):22-4, 26.
101. Seemann R, Conceicao M, Filippi A, et al. Halitosis management by the general dental practitioner—results of an international consensus workshop. *Journal of breath research* 2014;8(1):017101.
102. Ueno M, Shinada K, Yanagisawa T, et al. Clinical oral malodor measurement with a portable sulfide monitor. *Oral diseases* 2008;14(3):264-69.
103. Saraoğlu Hm. *Elektronik Burun Teknolojisi ve Uygulama Alanlari*. 2008.

104. Sterer N, Bar-Ness Greenstein R, Rosenberg M. β -galactosidase activity in saliva is associated with oral malodor. *Journal of dental research* 2002;81(3):182-85.
105. Quirynen M, Zhao H, Avontroodt P, et al. A salivary incubation test for evaluation of oral malodor: a pilot study. *Journal of periodontology* 2003;74(7):937-44.
106. Amano A, Yoshida Y, Oho T, Koga T. Monitoring ammonia to assess halitosis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2002;94(6):692-96.
107. Ronald Sakaguchi Jf, John Powers. *Craig' s Restorative Dental Materials*; 2019.
108. Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dental materials* 2011;27(1):29-38.
109. Jandt KD, Sigusch BW. Future perspectives of resin-based dental materials. *Dental materials* 2009;25(8):1001-06.
110. Hervás García A, Lozano M, Cabanes Vila J, Barjau Escribano A, Fos Galve P. Composite resins: a review of the materials and clinical indications. 2006.
111. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *European journal of oral sciences* 1997;105(2):97-116.
112. Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. *The Journal of prosthetic dentistry* 1983;50(4):480-88.
113. Eakle WS, Bastin KG. *Dental Materials E-Book: Clinical Applications for Dental Assistants and Dental Hygienists*: Elsevier Health Sciences; 2019.
114. Manhart J, Kunzelmann K-H, Chen H, Hickel R. Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. *Dental Materials* 2000;16(1):33-40.
115. Wolter H. Dental filling materials (posterior composites) based on inorganic/organic copolymers (ORMOCERs). *Macro Akron* 1994;35:503.
116. Ajlouni R, Bishara SE, Soliman MM, et al. The use of Ormocer as an alternative material for bonding orthodontic brackets. *The Angle Orthodontist* 2005;75(1):106-08.
117. Paraizo MA, Mendes LC, Gomes AdS, Miranda MSd, Amaral ACF. Degradation of a dental filling material after high caries challenge. *Materials Research* 2004;7(4):639-42.

118. Ilie N, Keßler A, Durner J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites. *Journal of dentistry* 2013;41(8):695-702.
119. Fráter M, Forster A, Keresztúri M, Braunitzer G, Nagy K. In vitro fracture resistance of molar teeth restored with a short fibre-reinforced composite material. *Journal of dentistry* 2014;42(9):1143-50.
120. Browning WD. The benefits of glass ionomer self-adhesive materials in restorative dentistry. *Compendium of continuing education in dentistry* (Jamesburg, NJ: 1995) 2006;27(5):308-14; quiz 15.
121. Almuhaiza M. Glass-ionomer cements in restorative dentistry: a critical appraisal. *J Contemp Dent Pract* 2016;17(4):331-36.
122. Mount GJ. *An atlas of glass-ionomer cements: a clinician's guide*: CRC Press; 2001.
123. Van Duinen RN, Kleverlaan CJ, de Gee AJ, Werner A, Feilzer AJ. Early and long-term wear of 'Fast-set' conventional glass-ionomer cements. *Dental Materials* 2005;21(8):716-20.
124. Wang X, Yap AUJ, Ngo H. Effect of early water exposure on the strength of glass ionomer restoratives. *Operative dentistry* 2006;31(5):584-89.
125. Yap A, Pek Y, Cheang P. Physico-mechanical properties of a fast-set highly viscous GIC restorative. *Journal of Oral Rehabilitation* 2003;30(1):1-8.
126. Anusavice KJ. Does ART have a place in preservative dentistry? *Community dentistry and oral epidemiology* 1999;27(6):442-48.
127. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' science of dental materials*: Elsevier Health Sciences; 2012.
128. Hu J-Y, Li Y-Q, Smales R, Yip K-K. Restoration of teeth with more-viscous glass ionomer cements following radiation-induced caries. *International dental journal* 2002;52(6):445-48.
129. Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Australian dental journal* 2011;56:84-96.
130. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *International Journal of prosthodontics* 2015;28(3).

131. Anusavice KJ. Standardizing failure, success, and survival decisions in clinical studies of ceramic and metal–ceramic fixed dental prostheses. *Dental materials* 2012;28(1):102-11.
132. Shenoy A, Shenoy N. Dental ceramics: An update. *Journal of conservative dentistry: JCD* 2010;13(4):195.
133. Pröbster L, Diehl J. Slip-casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. *Quintessence Int* 1992;23(1):25-31.
134. Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc* 1997;128(3):297-307.
135. Kelly JR. Dental ceramics: current thinking and trends. *Dental Clinics* 2004;48(2):513-30.
136. Scherrer SS, Quinn GD, Quinn JB. Fractographic failure analysis of a Procera® AllCeram crown using stereo and scanning electron microscopy. *Dental Materials* 2008;24(8):1107-13.
137. Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dental materials* 2008;24(3):299-307.
138. Hisbergues M, Vendeville S, Vendeville P. Zirconia: Established facts and perspectives for a biomaterial in dental implantology. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials* 2009;88(2):519-29.
139. Subbarao E. Zirconia-an overview. *Advances in ceramics* 1981;1:1-24.
140. Lughi V, Sergo V. Low temperature degradation -aging- of zirconia: A critical review of the relevant aspects in dentistry. *Dental Materials* 2010;26(8):807-20.
141. Hannink RH, Kelly PM, Muddle BC. Transformation toughening in zirconia-containing ceramics. *Journal of the American Ceramic Society* 2000;83(3):461-87.
142. Garvie RC, Nicholson PS. Phase analysis in zirconia systems. *Journal of the American Ceramic Society* 1972;55(6):303-05.
143. Swain M. Unstable cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crowns and fixed partial dentures. *Acta biomaterialia* 2009;5(5):1668-77.

144. Kern F, Palmero P. Microstructure and mechanical properties of alumina 5vol% zirconia nanocomposites prepared by powder coating and powder mixing routes. *Ceramics International* 2013;39(1):673-82.
145. Ruehle M, Claussen N, Heuer AH. Transformation and microcrack toughening as complementary processes in ZrO₂-toughened Al₂O₃. *Journal of the American Ceramic Society* 1986;69(3):195-97.
146. Denry I, Kelly J. Emerging ceramic-based materials for dentistry. *Journal of dental research* 2014;93(12):1235-42.
147. Coldea A, Fischer J, Swain MV, Thiel N. Damage tolerance of indirect restorative materials (including PICN) after simulated bur adjustments. *Dental Materials* 2015;31(6):684-94.
148. Corporation I. Halimeter Instruction Manual. In: Corporation I; 2013.
149. Van Den Broek A, Feenstra L, De Baat C. A review of the current literature on management of halitosis. *Oral diseases* 2008;14(1):30-39.
150. Nakhleh M, Quatredeniens M, Haick H. Detection of halitosis in breath: Between the past, present, and future. *Oral diseases* 2018;24(5):685-95.
151. Bollen CM, Beikler T. Halitosis: the multidisciplinary approach. *International journal of oral science* 2012;4(2):55-63.
152. Aydın M Halitorium Ağız ve Nefes Kokusu Ölçüm ve Teşhis Muayenehanesi. "http://www.halitorium.com". 2021.
153. Inc. GA. Safety Data Sheet. In: Inc. GA, editor. USA; 10/22/2015. p. 1.
154. Furne J, Majerus G, Lenton P, et al. Comparison of volatile sulfur compound concentrations measured with a sulfide detector vs. gas chromatography. *Journal of dental research* 2002;81(2):140-43.
155. Tangerman A, Winkel EG. Intra-and extra-oral halitosis: finding of a new form of extra-oral blood-borne halitosis caused by dimethyl sulphide. *Journal of clinical periodontology* 2007;34(9):748-55.
156. Wang R. Physiological implications of hydrogen sulfide: a whiff exploration that blossomed. *Physiological reviews* 2012;92(2):791-896.
157. Polhemus DJ, Lefer DJ. Emergence of hydrogen sulfide as an endogenous gaseous signaling molecule in cardiovascular disease. *Circulation research* 2014;114(4):730-37.
158. Zheng Y, Ji X, Ji K, Wang B. Hydrogen sulfide prodrugs—a review. *Acta Pharmaceutica Sinica B* 2015;5(5):367-77.

159. Song ZJ, Ng MY, Lee Z-W, et al. Hydrogen sulfide donors in research and drug development. *MedChemComm* 2014;5(5):557-70.
160. Block E, Naganathan S, Putman D, Zhao SH. Allium chemistry: HPLC analysis of thiosulfinates from onion, garlic, wild garlic (ramsoms), leek, scallion, shallot, elephant (great-headed) garlic, chive, and Chinese chive. Uniquely high allyl to methyl ratios in some garlic samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 1992;40(12):2418-30.
161. Cai X-J, Uden PC, Block E, et al. Allium chemistry: Identification of natural abundance organoselenium volatiles from garlic, elephant garlic, onion, and Chinese chive using headspace gas chromatography with atomic emission detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 1994;42(10):2081-84.
162. Gmelin R, Susilo R, Fenwick G. Cyclic polysulphides from *Parkia speciosa*. *Phytochemistry* 1981;20(11):2521-23.
163. Tocmo R, Lin Y, Huang D. Effect of processing conditions on the organosulfides of shallot (*Allium cepa* L. *Aggregatum* group). *Journal of agricultural and food chemistry* 2014;62(23):5296-304.
164. Weenen H, Koolhaas WE, Apriyantono A. Sulfur-containing volatiles of durian fruits (*Durio zibethinus* Murr.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 1996;44(10):3291-93.
165. Powolny AA, Singh SV. Multitargeted prevention and therapy of cancer by diallyl trisulfide and related Allium vegetable-derived organosulfur compounds. *Cancer Letters* 2008;269(2):305-14.
166. You WC, Blot WJ, Chang YS, et al. Allium vegetables and reduced risk of stomach cancer. *J Natl Cancer Inst* 1989;81(2):162-4.
167. Benavides GA, Squadrito GL, Mills RW, et al. Hydrogen sulfide mediates the vasoactivity of garlic. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2007;104(46):17977-82.
168. Küçükeşmen Ç Dental amalgamın insan organizması üzerindeki etkileri. Isparta: S.D.Ü. Tıp Fakültesi Dergisi 2007. "<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/196698>".
169. Ulusoy N Daimi dolgu maddeleri (Maddeler Bilgisi Dersi). "http://docs.neu.edu.tr/staff/nuran.ulusoy/Maddeler%20Bilgisi,daimi%20dolgu%20maddeleri_3.pdf".

170. George GN, Singh SP, Hoover J, Pickering IJ. The chemical forms of mercury in aged and fresh dental amalgam surfaces. *Chemical research in toxicology* 2009;22(11):1761-64.
171. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, et al. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *Journal of dentistry* 2014;42(8):993-1000.
172. Morgan M. Finishing and polishing of direct posterior resin restorations. *Practical procedures & aesthetic dentistry: PPAD* 2004;16(3):211-7; quiz 18.

