

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**MİKRODALGA İLE YAPILAN GLAZE İŞLEMİNİN FARKLI
ÜSTYAPI PORSELENLERİNİN YÜZEY ÖZELLİKLERİNE
VE RENK STABİLİTESİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Dt. Fatma Ayşe ŞANAL

**Samsun
Haziran 2011**

T.C
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**MİKRODALGA İLE YAPILAN GLAZE İŞLEMİNİN FARKLI
ÜSTYAPI PORSELENLERİNİN YÜZEY ÖZELLİKLERİNE
VE RENK STABİLİTESİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Dt. Fatma Ayşe ŞANAL

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Murat KURT

**Samsun
Haziran 2011**

Bu tez PYO.DİS.1904.10.004 proje numarası ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Proje Yönetim Ofisi tarafından desteklenmiştir.

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma jürimiz tarafından **Protetik Diş Tedavisi** Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Atilla SERTGÖZ

Marmara Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Gözlem CEYLAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Şinasi SARAÇ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Bora ÖZDEN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Murat KURT

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Tezin Adı: Mikrodalga ile Yapılan Glaze İşleminin Farklı Üstyapı Porselenlerinin
Yüzey Özelliklerine ve Renk Stabilitesine Etkisinin İncelenmesi

Tezi Teslim Eden: Fatma Ayşe ŞANAL

Tez Savunma Sınav Tarihi: 22/06/2011

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Murat KURT

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulu' nca belirlenen yukarıdaki öğretim üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Süleyman KAPLAN
Enstitü Müdürü

Tezime harcadığı emek ve zaman için değerli tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat KURT' a,

Tezime olan katkıları ve harcadıkları vakit ve yapıcı eleştirileri için tez izleme komitesinde yer alan hocalarım Sayın Doç. Dr. Şinasi SARAÇ ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Bora ÖZDEN' e,

Üniversitemizde sağladığı bilimsel çalışma olanakları için Dekanımız Sayın Prof. Dr. Selim ARICI' ya ve OMÜ (1904) Lisans Üstü Tezleri Destekleme Projesi kapsamında tezime sağladıkları destek için Proje Yönetim Kurulu üyelerine,

Örneklerimin mikrodalga ile glaze işlemi için yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Joseph VLEUGELS' e,

Gösterdiği anlayış ve yardımlarından dolayı Anabilim Dalı Başkanımız Sayın Prof. Dr. Gözlem CEYLAN' a,

Lisans ve doktora eğitimime olan katkılarından dolayı değerli hocalarım Sayın Doç. Dr. Duygu SARAÇ, Sayın Doç. Dr. Ahmet Umut GÜLER, Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat YENİSEY, Sayın Yrd. Doç. Dr. Göknil ERGÜN KUNT, Sayın Yrd. Doç. Dr. Tolga KÜLÜNK, Sayın Yrd. Doç. Dr. Şafak KÜLÜNK, Sayın Yrd. Doç. Dr. Çağrı URAL' a,

Doktora eğitimime birlikte başladığım, bu süreci varlıklarıyla kolaylaştıran Dt. Doğu Ömür DEDE ve Dt. Ayça ERKOÇAK' a, ayrıca yoğun geçen çalışma sürecinde yanımda olan, tezimin son zamanlarında oldukça anlayışlı davranan bölüm arkadaşlarıma,

Bu günlere ulaşmamda en büyük emeğin sahibi olan anne ve babama, desteklerini her zaman yanımda hissettiğim kardeşlerime,

Sevgisini ve yoğun çalışma dönemimde yardımlarını esirgemeyen eşim Koray Onur ŞANAL' a ve varlığı ile hanemizi onurlandıran, tez çalışmalarım sırasında bana hiçbir güçlük yaşatmayan küçük kızıma

Teşekkür ederim.

ÖZET

MİKRODALGA İLE YAPILAN GLAZE İŞLEMİNİN FARKLI ÜSTYAPI PORSELENLERİNİN YÜZEY ÖZELLİKLERİNE VE RENK STABİLİTESİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışmanın amacı, mikrodalga ve geleneksel fırında yapılan glaze ile polisaj işlemlerinin, farklı porselen materyallerinin yüzey pürüzlülüğüne, renk stabilitesine ve ıslanabilirliğine etkisinin incelenmesidir.

Dört farklı üst yapı porseleni için (Vita VM 9, Vita VM 13, Vita VMK 95 ve IPS e.maxCeram) hazırlanan örnekler (12x2 mm) zımparalanarak ilk yüzey pürüzlülükleri (Ra_0) profilometre ile belirlendi ve polisaj, mikrodalga ve geleneksel porselen fırınında glaze olmak üzere 3 gruba ($n=10$) ayrıldı.

Çalışmamızda sonuç yüzey pürüzlülükleri profilometre ile sayısal (Ra_1) ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile görsel olarak değerlendirildi. Kahvede bekletilen örneklerin renk değişimi (ΔE) spektrofotometre ile belirlendi. En düşük Ra_0 değerine sahip olan Vita VM 9 için mikrodalga ve geleneksel fırında glaze yapılan örneklerin ıslanabilirlikleri, temas açısı tayin cihazı ile belirlendi. Ortalama Ra_1 ve ΔE değerlerinin çoklu karşılaştırmaları Tukey HSD testi ile yapıldı. Ra_1 ve ΔE arasındaki ilişki regresyon analizi ile incelendi.

Tüm porselen materyalleri için polisaj yapılan örneklerin Ra_1 değerleri mikrodalga ve geleneksel fırında glaze yapılanlardan daha düşük olsa da, SEM incelemesinde daha pürüzlü oldukları ve daha yüksek ΔE değerlerine sahip oldukları görüldü. IPS e.maxCeram için mikrodalga ile glaze uygulanan örneklerin Ra_1 değerleri geleneksel fırında glaze uygulananlardan daha düşük olsa da ($p<0,05$), diğer porselenler için iki yöntem arasında Ra_1 değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$). İki glaze yöntemi arasında ΔE değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$). Ra_1 ve ΔE değerleri arasında doğrusal bir ilişkinin bulunmadığı belirlendi. Vita VM 9 porselen materyali için mikrodalga ile glaze yapılan örneklerin, geleneksel fırında glaze yapılanlardan daha düşük ıslanabilirlik değerlerine sahip olduğu bulundu. Mikrodalga ile glaze, hacimsel ısınma sağlaması, zaman ve enerji tasarrufu gibi avantajlarından dolayı, alternatif bir yöntem olarak düşünülebilir.

Fatma Ayşe ŞANAL, Doktora Tezi

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Samsun, Haziran-2011

ABSTRACT

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MICROWAVE GLAZING ON THE
SURFACE PROPERTIES AND COLOR STABILITY OF VARIOUS
PORCELAINS**

The aim of this research is to investigate the effect of microwave glazing, conventional oven glazing and polishing on surface roughness, color stability and wettability of various porcelains.

The first surface roughness values (Ra_0) of the prepared specimens (12x2 mm) for four different porcelains (Vita VM 9, VitaVM 13, Vita VMK 95 ve IPS e.maxCeram) were determined by prophylometry after all specimens were wet-grounded. Then the specimens were divided into 3 groups (n=10) as polishing, conventional oven glazing and microwave glazing.

In our study, the final surface roughness values were evaluated quantitatively (Ra_1) by prophylometry and qualitatively by scanning electron microscopy (SEM). Color difference (ΔE) of the samples stored in coffee solution were determined using spectrophotometry. Wettability of microwave and conventional oven glazed specimens were evaluated by contact angle goniometer for Vita VM 9 porcelain that had the lowest Ra_0 value. Multiple comparisons of the mean Ra_1 and ΔE values were performed by the Tukey HSD test. The relationship between Ra_1 and ΔE values were investigated by regression analysis.

The polished specimens seemed to be rougher in SEM examination and had the highest ΔE values, while they had lower Ra_1 values compared to microwave or conventional oven glazed ones for all porcelain materials. Although microwave glazed specimens had lower Ra_1 values compared to the conventional oven glazed ones for IPS e.maxCeram ($p<0,05$), there weren't any statistically significant differences between these two procedures in terms of Ra_1 values for the other porcelains ($p>0,05$). There weren't any statistically significant differences between the two glazing procedures in terms of ΔE values ($p>0,05$). No linear correlation was found between Ra_1 and ΔE values. Microwave glazed specimens had lower wettability values than conventional oven glazed ones for Vita VM 9. Microwave glazing may be considered as an alternative method because of the advantages of providing volumetric heating, time and energy saving.

Fatma Ayşe ŞANAL, Ph.D. Thesis
Ondokuz Mayıs University Samsun, Haziran-2011

SİMGELER VE KISALTMALAR

a* CIE Renk Sistemi (kırmızı-yeşil) koordinatı

AFM Atomik kuvvet mikroskobu

Al₂O₃ Alüminyum oksit

Al₂O₃-2SiO₂-2H₂O
Kaolin

b* CIE Renk Sistemi (sarı-mavi) koordinatı

BaO Baryum Oksit

B₂O₃ Boron Oksit

CaO Kalsiyum Oksit

CAD Bilgisayar destekli tasarım

CAM Bilgisayar destekli üretim

Ca(PO₄)₃F Floropatit

CeO₂ Seryum Oksit

CIE Uluslararası Aydınlatma Komisyonu Renk Sistemi

°C Derece santigrat

dk Dakika

ΔE Renk değişikliği

g gram

GHz Gigahertz

GPa Gigapascal

K⁻¹ Isısal genleşme katsayısı

K₂CO₃ Potasyum karbonat

K₂O Potasyum oksit

K₂O-Al₂O₃-6SiO₂
Feldspar

K₂Mg₅Si₈O₂₀F₄
Tetrasilisik fluormika

kW Kilowatt

L* CIE sistemi renk değeri koordinatı

ml mililitre

mm Milimetre

µm Mikrometre

nm nanometre

° Derece

LR Profil uzunluğu oranı

Li₂SiO₃ Lityum metasilikattır

MoSi₂ Molibden silikat

MPa Megapaskal

Na₂O Sodyum oksit

O⁻ Oksijen

Ra Yüzeyin ortalama pürüzlülüğü

Rpm Yüzeydeki en derin noktaların ortalamaları

rpm Devir/Dakika

Rz Yüzeyden en yüksek uçların ortalamaları

sn Saniye

Si⁴⁺ Silisyum

SiC Silikon karbit

SiO₂ Silika, kuartz

SiO₄ Silisyum Tetraoksit

SiO₂-Al₂O₃-K₂O Lösit ile güçlendirilmiş cam seramik

SiO₂-LiO₂ Lityum disilikat

SS Standart sapma

Tg Cam transisyon ısısı

Ti₂O Titanyum Oksit

yy Yüzyıl

% Yüzde

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
İNGİLİZCE ÖZET	v
SİMGE VE KISALTMALAR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Dental Porselen	3
2.1.1. Tarihçe	3
2.1.2. Dental Porselenin Kimyasal yapısı ve Özellikleri	3
2.1.3. Dental Porselenin Sınıflandırılması	6
2.1.3.1. Dental porselenin pişirme (sinterleme) ısılarına göre sınıflandırılması..	6
2.1.3.2. Dental porselenin yapım tekniklerine göre sınıflandırılması	7
2.2. Yüzey Pürüzlülüğü ve Islanabilirlik.....	16
2.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü	16
2.2.1.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri.....	17
2.2.2. Islanabilirlik	19
2.3. Dental Porselenlerde Yüzey Bitirme İşlemleri ve Polisaj.....	20
2.3.1. Polisaj.....	20
2.3.1.1. Kaba Düzeltme ve Konturlama	21
2.3.1.2. Ara Bitirme.....	21
2.3.1.3. Son Parlatma	21
2.3.2. Glaze	21

2.3.2.1. Geleneksel Porselen Fırınında Glaze İşlemi	22
2.3.2.2. Mikrodalga ile Glaze İşlemi.....	22
2.4. Renk Kavramı	26
2.4.1. Renk Sistemleri.....	26
2.4.1.1. Munsell Renk Sistemi	27
2.4.1.2. CIE Lab Renk Sistemi.....	28
2.4.2. Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Tespit Yöntemleri	29
2.4.2.1. Görsel Renk Ölçümü.....	29
2.4.2.2. Aletsel Renk Ölçümü	30
3. MATERYAL METOT	33
3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller	33
3.1.1 Porselen Materyalleri.....	33
3.1.2 Polisaj Kiti	35
3.1.3 Glaze Tozları ve Likitleri.....	36
3.2 Örneklerin Hazırlanması	36
3.3 Uygulanan Yüzey İşlemleri.....	40
3.3.1. Polisaj İşleminin Uygulanması	41
3.3.2. Mikrodalga ile Glaze İşleminin Uygulanması	42
3.3.3. Geleneksel Porselen Fırınında Glaze işleminin Uygulanması.....	44
3.4. Profilometre ile Yüzey Pürüzlülüğü Analizi.....	45
3.5. Renk Değişiminin Belirlenmesi	47
3.5.1. İlk Renk Ölçümü.....	47
3.5.2. Kahve Solüsyonunun Hazırlanması ve Örneklerin Kahvede Bekletilmesi	49
3.5.3. Örneklerin Sonuç Renklerinin ve Renk Değişimlerinin Belirlenmesi.....	50

3.6.	Temas Açısı Ölçümleri	50
3.7.	Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntülemeleri.....	51
3.8.	İstatistiksel Değerlendirme.....	51
4.	BULGULAR	52
4.1.	Porselen Materyallerinin İlk Yüzey Pürüzlülük Değerleri.....	52
4.2.	Grupların Sonuç Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi	53
4.2.1.	Vita VMK 95 İçin Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi	53
4.2.2.	Vita VM 9 İçin Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi	54
4.2.3.	Vita VM 13 İçin Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi	55
4.2.4.	IPS e.maxCeram İçin Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi	55
4.2.5.	Mikrodalga ile Glaze Uygulanan Porselen Materyalleri İçin Yüzey Pürüzlülüğü Değerlendirilmesi.....	56
4.2.6.	Geleneksel Porselen Fırınında Glaze Uygulanan Porselen Materyalleri İçin Yüzey Pürüzlülüğü Değerlendirilmesi	56
4.2.7.	Polisaj Yapılan Porselen Materyalleri İçin Yüzey Pürüzlülüğü Değerlendirilmesi	57
4.3.	Çalışma Gruplarının Renk Stabilitesi Açısından Değerlendirilmesi	58
4.3.1.	Vita VMK 95 Porselen Materyali için Uygulanan Yüzey İşlemlerinin Renk Stabilitesine Etkisinin İncelenmesi	58
4.3.2.	Vita VM 9 Porselen Materyali için Uygulanan Yüzey İşlemlerinin Renk Stabilitesine Etkisinin İncelenmesi.....	59
4.3.3.	Vita VM 13 Porselen Materyali için Uygulanan Yüzey İşlemlerinin Renk Stabilitesine Etkisinin İncelenmesi.....	60
4.3.4.	IPS e.maxCeram Porselen Materyali için Uygulanan Yüzey İşlemlerinin Renk Stabilitesine Etkisinin İncelenmesi	60
4.3.5.	Mikrodalga ile Glaze İşlemi Uygulanan Porselen Materyalleri İçin Renk Stabilitelerinin Değerlendirilmesi	61

4.3.6.	Geleneksel Fırında Glaze Uygulanan Porselen Materyalleri İçin Renk Stabiliteilerinin Değerlendirilmesi	62
4.3.7.	Polisaj Yapılan Porselen Materyalleri İçin Renk Stabiliteilerinin Değerlendirilmesi	62
4.3.8.	Yüzey Pürüzlülüğünün Renk Stabilitesine Etkisinin İncelenmesi	63
4.4.	Temas Açısı Ölçümleri	64
4.5.	Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri	66
5.	TARTIŞMA	71
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	83
7.	KAYNAKLAR	84
	ÖZGEÇMİŞ	101

1. GİRİŞ

Porselen materyali, estetik, dayanıklılık ve biyouyumluluk özelliklerinden dolayı, günümüzde tam porselen ve metal destekli porselen kronlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kullanılan porselen materyalinin yüzeyi parlak ve pürüzsüz olmalıdır çünkü yüzeyin pürüzsüzlüğü, fonksiyon, estetik ve biyouyumluluk ile ilişkilidir. Porselen yüzeyine camsı özellik, yüksek parlaklık ve pürüzsüzlük kazandırmak için glaze işlemi uygulanır (Prasad ve ark., 2009). Glaze uygulanmamış porselen yüzeyi, poroz yapısından dolayı estetik değildir, dayancı azdır, plak tutulumuna ve karşıt dişlerde aşınmaya neden olur (Bollen ve ark., 1997; Baharav ve ark., 1999; Kawai ve ark., 2000; Wright ve ark., 2004; Silva ve ark., 2005; Bottino ve ark., 2006; Saraç ve ark., 2006; Pereira ve ark., 2008; Prasad ve ark., 2009). Ayrıca yumuşak dokularda enflamasyon ve diş çürüğü oluşumuna da neden olmaktadır (Kawai ve ark., 2000; Wright ve ark., 2004). Glaze işlemi, glaze tozu ve likitlerinin karıştırılarak porselen yüzeyine sürülüp fırınlanması, ya da porselenin ısıtılarak yüzeyinde doğal glaze tabakası oluşturulması yöntemleri ile yapılır. Her iki glaze yönteminde de porselenin fırınlanması gerekmektedir (Griggs ve ark., 1996; Frederick ve ark., 2000; Saraç ve ark., 2006; Pereira ve ark., 2008). Fırınlama sıcaklıkları, seçilen porselen materyaline bağlı olarak farklılıklar göstermektedir ve ilgili porselen materyali için üreticinin önerilerine uygun olmalıdır.

Glaze uygulaması için geleneksel porselen fırınlarının kullanımı yaygındır. Ancak bu fırınların kullanımında homojen bir ısı ortaya çıkmamaktadır. Yüzeye uygulanan ısı, alt yapıya ısı iletkenlikle ulaşmakta, böylelikle porselende ısıl stresler oluşmaktadır (Prasad ve ark., 2009).

Mikrodalga enerji, tam ve kontrollü hacimsel ısınma, hızlı ısınabilme, daha az enerji gereksinimi ve porselen materyalinin özelliklerini geliştirme gibi üstün özellikleri nedeniyle 1980'lerden sonra, mühendislik alanında, geleneksel ısıtmaya alternatif olarak düşünölmeye başlanmıştır (Clark ve Sutton, 1996; Prasad ve ark., 2009). Cheung ve Darvell (2002), yüksek fırınlama sıcaklıklarına kısa sürede ulaşılmasının, porselenin yapısal porozitesini azalttığını savunmuşlardır. Bu açıdan bakıldığında, mikrodalga fırınlar yüksek sıcaklıklara kısa zamanda erişilebildiğinden dolayı, porselen örneklerin glaze işlemi için kullanılmasının yüzey pürüzlülüğünü azaltacağı düşünülebilir.

Mikrodalgalar ve porselen materyali arasındaki etkileşim karmaşıktır ve porselen materyalinin dielektrik kayıp özelliğine bağlıdır. Oda sıcaklığında porselenlerin dielektrik kayıp özellikleri iyi değildir, yani elektronların hareketine direnç gösterir ve mikrodalga enerjisi soğuramaz. Bu nedenle porselen materyalinde dielektrik kayıp oluşuncaya kadar dıştan ısıtma gerekmektedir (Clark ve Sutton, 1996; Clark ve ark., 2000; Zhao ve ark., 2000; Bykov ve ark., 2001; Prasad ve ark., 2009). Dıştan ısıtma radyasyonla, gazla ya da elektrikle sağlanmaktadır (Clark ve Sutton, 1996). Dıştan ısıtma ve mikrodalga enerji ile hacimsel ısınmaya bağlı olarak, porselen bünyesinde ısı akışı oluşur. Böylelikle küçük veya büyük örnekler, ısıl stres oluşmaksızın hızlı ve hacimsel olarak ısıtılabilir (Huang ve ark., 2007; Prasad ve ark., 2009).

Mikrodalga ile glaze işleminin, farklı tipte porselen materyallerinin yüzey özelliklerine etkisi literatürde açıklık kazanmamıştır. Bir çalışmada, mikrodalga ile glaze uygulamasının metal destekli porselen materyallerinin yüzey pürüzlülüğünü azalttığı sonucu elde edilmiştir. Ancak aynı çalışmada mikrodalga ile glaze işleminin farklı tipte porselen materyalleri üzerinde farklı etkiler yapabileceği savunulmuştur (Prasad ve ark., 2009). Mikrodalganın, metal desteksiz porselenlerin yüzey pürüzlülüklerine etkisi bilinmemektedir. Bununla beraber, mikrodalga ile glaze işleminin porselen materyallerinin renk stabilitelere ve ıslanabilirliklerine etkisi ile ilgili çalışma da bulunmamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, mikrodalga ve geleneksel fırında yapılan glaze ile polisaj işlemlerinin, farklı porselen materyallerinin yüzey pürüzlülüğüne, renk stabilitesine ve ıslanabilirliğine etkisinin incelenmesidir. Çalışmamız “geleneksel porselen fırınında yapılan glaze, mikrodalga ile glaze ve polisaj işlemleri uygulanan farklı porselen materyallerinde yüzey pürüzlülüğü, ıslanabilirlik ve renk stabilitesi açısından fark vardır” hipotezi üzerine kurulmuştur.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. DENTAL PORSELEN

2.1.1. Tarihçe

'Seramik' sözcüğü Yunanca topraktan yapılmış anlamına gelen 'keramos, keramikos, keramenes' kelimelerinden üretilmiştir. Topraktan yapılmış ve yanmış anlamını taşır. Seramikler insanlar tarafından yapısal olarak değiştirilmiş en eski inorganik materyallerdir. İçeriğindeki kaolinin, silika ve feldspar gibi diğer minerallerle karıştırılması sonucu şeffaflık ve dayanıklılık sağlanır. Bu ilave unsurları içeren materyale 'porselen' adı verilir (Nayır 1999, Altunsoy 2001).

Porselenlerin diş hekimliğinde kullanımına 1700' lü yılların sonlarına doğru başlanmıştır. Porselen jaket kronlar 1900' lü yılların başlarında geliştirilmiştir. Jaket kronlar ince bir platin folyo üzerinde fırınlanmış feldspatik ya da aluminöz porselen içermektedir. Ancak düşük dayanımlarından dolayı, kullanımları anterior dişlerle sınırlı kalmaktaydı. 1960' larda metal ve porselenin termal genleşme katsayıları arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanan soğuma sırasındaki hata ve kırıklar, feldspatik camla yüksek genleşme özelliğine sahip lösitin, üretim aşamasında karıştırılması ile engellenmiştir. Böylelikle feldspatik porselenin ısısal genleşme katsayısının kontrol edilebilmesi sağlanmıştır (Denry, 2002).

Yirminci yy sonlarında tam porselen restorasyonlar geliştirilmeye başlanmıştır. Geliştirilen ilk sistem dökülebilir cam porselen sistemidir ancak bu sistem düşük dayanıklılık özelliğine sahiptir. Takip eden 50 yıl içinde slip cast ile elde edilen, ısı ile preslenen ve makine edilebilen porselen sistemleri geliştirilmiştir (Denry, 2002).

2.1.2. Dental Porselenin Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Diş hekimliğinde kullanılan porselen, dört oksijen (O⁻) atomu ile merkezde yer alan bir silisyum (Si⁴⁺) arasında kimyasal bağlar içeren silisyum tetraoksitten (SiO₄) oluşmaktadır. Feldspar, kuartz ve kaolin, porselenin temel bileşenleri olup SiO₄ içermektedir.

Feldspar (K₂OAl₂O₂6SiO₂)

Porselene doğal bir saydamlık veren ve ana yapıyı teşkil eden maddedir. Porselen tozunda yaklaşık % 60 oranında bulunmaktadır. Bu maddenin bağlayıcı bir özelliği vardır. Fırınlama sırasında eriyerek kuartz ve kile matriks oluşturur (Akın, 1999; Coşkun ve Yaluğ, 2002; Zaimoğlu ve Can, 2004a; Yavuzylmaz ve ark., 2005).

Feldspar 1250-1500°C civarında ergiyerek serbest kristalin fazında cama dönüşür. Feldsparın soda formu ergime sıcaklığını düşürürken, potas formu ergimiş camın viskozitesini arttırıp fırınlama sırasında oluşan akmayı azaltarak kenarların yuvarlaklaşmasını, diğ formunun ve yüzey detaylarının kaybolmasını önler (Zaimoğlu ve ark., 1993; Coşkun ve Yaluğ, 2002; Yavuzyılmaz ve ark., 2005).

Kuartz (Silika) (SiO₂)

Erime ısısı diğer maddelere nazaran daha yüksek olan (yaklaşık 1700°C) kuartz, tutucu bir destek oluşturur. Silika yapısında olup, yapı içinde doldurucu görevi yapar. Pişirme sonucu meydana gelebilecek büzülmeleri önler, termal genleşme katsayısını kontrol etmede yardımcıdır ve porselenin dayanıklılığının artmasını sağlar. %10-30 oranında bulunur (Zaimoğlu ve ark., 1993; Denry, 2002; Yavuzyılmaz ve ark., 2005).

Kaolin (Al₂O₃ - 2 SiO₂ - 2 H₂O)

Dehidrate olmuş alüminyum silikattır. Çin kili olarak da adlandırılır. Yapışkan bir yapıya sahip olduğundan diğer materyalleri bir arada tutar. Dolayısıyla porselenin modelajında kolaylık sağlar. %1-5 oranındadır. 1800°C' de ergiyen kaolin, bir alüminyum hidrat silikatıdır. Opak yapıdadır ve ısıya olduğuça dayanıklıdır (Zaimoğlu ve ark., 1993; Akın, 1999; Zaimoğlu ve Can, 2004a; Baydaş, 2005).

Porselen yapısına bu üç ana maddenin dışında akışkanlar veya cam modifiye ediciler, ara oksitler, çeşitli renk pigmentleri, opaklaştırıcı veya flouresans özelliğini geliştiren çeşitli ajanlar da eklenmektedir (Zaimoğlu ve ark., 1993; Kelly ve ark., 1996; Denry, 2002; Ccahuana ve ark., 2010).

Akışkanlar ve Cam Modifiye Ediciler

Silisyum tetra oksitin (SiO₄) yapısını bozarak termal genleşme katsayısını arttırmak ve porselenin ergime ısısını düşürmek amacıyla porselen tozuna potasyum, sodyum ve kalsiyum iyonları eklenmektedir (Anusavice, 2003). Cam modifiye ediciler çok yüksek konsantrasyonda olursa porselenin çalışma esnasındaki viskozitesi ile beraber su, asit ve alkali ataklarına karşı direnci azalır (Anusavice, 2003).

Ara Oksitler

Diğ hekimliğinde kullanılan porselenlerde temel yapı olan SiO₄' e cam modifiye ediciler ve akışkanların ilave edilmesi, porselenin sadece ergime noktasını düşürmez aynı zamanda viskozitesini de azaltır. Diğ hekimliğinde kullanılan oksitlerle

akışkanlığa karşı direnç elde edilmektedir. Bu nedenle porselenlerin düşük fırınlama ısısına sahip, ancak yüksek viskozitede olması arzu edilmektedir. Bu amaçla porselen tozuna ara oksitler ilave edilmektedir. Camın sertliği ve viskozitesi, alüminyum oksit gibi ara oksitlerin kullanımı ile arttırılmaktadır (Shillingburg ve ark., 1997a; Yavuzylmaz ve ark., 2005).

Renk Pigmentleri

Dental porselenlerde kullanılan feldspar, nispeten saf ve renksiz olduğundan doğal diş tonunu taklit edebilecek renkte restorasyonlar üretebilmek için porselenin yapısına renk pigmentleri ilave edilir (Anusavice, 2003; Baydaş, 2005). Bu renklendiriciler metal oksitleridir ve renk fritleri olarak da adlandırılmaktadırlar (Akın, 1999; O'Brien, 2002a). Elde edilen sıkıştırılmış renk fritleri, renkli cam tozu formunda olup, en fazla %7 oranında eklenir (Shillingburg ve ark., 1997a).

Kullanılan pigmentler, porselenin ergime ısısında stabil kalabilen metal oksitlerdir (Nayır, 1999). Renk oluşturan pigmentler; demir, nikel, bakır, titanyum, manganez, kobalt, zirkonyum ve kalay gibi metal oksitlerdir (Tablo 2.1.2.).

Tablo 2.1.2. Porselen yapısına ilave edilen renk pigmentleri

Metal ve Oksitler	Renk
Titanyum Oksit	Sarı
Uranyum Oksit	Sarı Portakal
Krom Alüminat	Gül Rengi
Metalik Altın	Kahverengi-kırmızı
Demir Oksit ya da Nikel Oksit	Kahverengi
Kobalt Alüminat	Mavi
Krom ya da Bakır Oksit	Mavi-Yeşil
Manganez	Gri-Lavanta yeşili
Demir fosfat ya da platin	Gri

Opaklaştırıcı Ajanlar

Seramiğe eklenen renk fritleri, porselenin fazla şeffaflaşmasına neden olmaktadır. Özellikle dentin renklerinde yüksek opasiteye gerek duyulduğundan dolayı, porselen yapısına opaklaştırıcı ajanlar eklenir. Opaklaştırıcı ajanlar genellikle çok ince

partikül boyutlarında öğütülmüş metal oksitler içermektedir. Bu amaçla sıklıkla kullanılan oksitler; seryum oksit, titanyum oksit ve zirkonyum oksittir (O'Brien, 2002a).

Luminisans Özelliği

Luminisans; parlama, ışıldama anlamına gelir. Flouresans ve fosforesans adı verilen iki optik etkinin birleşimi ile oluşur. Fosforesans, üzerine gelen primer ışık ortadan kalktıktan sonra da, önceden absorbe ettiği ışınlardan daha uzun dalga boylu ışık yaymaya devam eden cisimlerin özelliğidir. Diş hekimliğinde kullanılan porselenlerde bu özellik görülmez. Belirli bir dalga boyuna sahip ışınların cisim tarafından soğurularak daha uzun dalga boylu bir radyasyon şeklinde geri yayılmasına 'flouresans', bu tür cisimlere 'flouresan' denir (Zaimoğlu ve ark 1993; Shillingburg ve ark., 1997a). Porselen üreticileri, flouresans özelliğinin elde edilmesinde büyük ilerlemeler sağlamışlardır. Bazı yeni porselenler ultraviyole ışık altında mavimsi beyaz bir flouresans özelliğine sahiptir. Bu özelliğin elde edilmesi uranyum tuzları ve sodyum diüronat gibi radyoaktif maddelerin eklenmesiyle gerçekleşmekteydi (Yavuzylmaz ve ark., 2005), ancak günümüzde bunların zararlı etkileri nedeniyle europinyum, samaryum, uterbiyum gibi elementler kullanılmaya başlanmıştır (O'Brien, 2002a; Yavuzylmaz ve ark., 2005).

2.1.3. Dental Porselenin Sınıflandırılması

2.1.3.1. Dental Porselenin Pişirme (Sinterleme) Isılarına Göre Sınıflandırılması

Porselen materyallerinin sinterlenmesi "poroz kompakt yapıdan güçlü ve yoğun bir yapıya dönüşmesi" olarak tanımlanır. Porselenin ergime ısısının üzerindeki ısılarda bir dizi reaksiyon sonucunda toz partikülleri eriyerek camsı matriks ile birleşir. Sinterleme işlemi, porselen materyalinin yoğunluğunu önemli oranda artırırken, bu artış ile ilişkili olarak yapı %30 ile %40 oranında hacimsel büzülme gösterir. Sinterleme sırasında vakum uygulanması, porozite miktarının azaltılmasına yardımcı olur (Denry ve ark., 2002).

Dental porselenler, sinterleme ısılarına göre şu şekilde sınıflandırılır:

1. Yüksek ısı porselenleri
2. Orta ısı porselenleri
3. Düşük ısı porselenleri
4. Ultra düşük ısı porselenleri (Anusavice, 2003)

Yüksek Isı Porselenleri

Fırınlanma sıcaklıkları 1300°C' dir (Anusavice, 2003). Özellikle suni dişlerin yapımında, nadiren yüksek ısı ile pişirilen jaket kronların yapımında kullanılırlar. Materyalin mikroskopik incelemesinde esas olarak kuartzdan oluşan ince kristal iskeletler içinde şekilsiz feldspatik matriksin olduğu karmaşık yapılar görülür (Zaimoğlu ve ark., 1993; Denry, 2002).

Orta Isı Porselenleri

Fırınlama sıcaklıkları 1101-1300°C' dir (Anusavice, 2003). Gövde porselenlerinde kullanılırlar. Yüksek ısı porselenine göre daha fazla akışkan içerirler (Zaimoğlu ve ark., 1993; Denry, 2002).

Düşük Isı Porselenleri

Fırınlama sıcaklıkları 850-1100°C' dir (Anusavice, 2003). Jaket kronlarda, metal destekli kron porselenlerinde, alüminoz porselenlerde, çeşitli boya ve glaze tozlarında kullanılırlar. Kaolin miktarı çok azdır veya hemen hemen hiç yoktur. Akışkanlar yüksek miktardadır. Fırınlama sonrasında daha fazla cama benzeyen, daha homojen, daha az kuartz içeren mikroyapı içerirler (Zaimoğlu ve ark., 1993; Denry, 2002).

Ultra Düşük Isı Porselenleri

850°C' den düşük sıcaklıkta fırınlanırlar (Anusavice, 2003). Ultra düşük ısı porselenlerinin bazıları, büzülme katsayılarının düşük olması nedeniyle titanyum ve titanyum alaşımları ile birlikte kullanılırlar. Fırınlama sıcaklıklarının düşük olması, metal oksit açığa çıkma riskini azaltmaktadır (Denry, 2002).

2.1.3.2. Dental Porselenin Yapım Tekniklerine Göre Sınıflandırılması

Dental porselenler, yapım tekniklerine göre şu şekilde sınıflandırılır:

1. Metal destekli dental porselenler
2. Metal desteksiz dental porselenler
 - a. Geleneksel toz-likit porselenler
 - b. Dökülebilir porselenler
 - c. Bilgisayar yardımıyla hazırlanan porselenler
 - d. Preslenebilir porselenler
 - e. İnfiltrasyon porselenler (Rosenblum ve Schulman, 1997; Blatz, 2002).

Metal Destekli Dental Porselenler

Porselene direnç kazandırmak için metal kullanımı oldukça yaygındır (Wassell ve ark., 2002). Bu sistem yaklaşık 50 yıldır kullanılmaktadır (Kelly ve ark., 1996). Tan ve ark. (2004)' nın yaptığı meta analiz çalışmasında metal destekli sabit protezlerin başarı oranı 10 yıllık kullanım sonrasında %89,1 olarak bulunmuştur. Metal destekli porselen sistemleri, porseleni üstün estetik özellikleri ile birlikte metal altyapıya bağlayarak, kırılmaya neden olan gerilim kuvvetlerine karşı daha dirençli kılmış ve kron-köprü protezleri için beklenen gereksinimleri büyük ölçüde karşılamışlardır (Zaimoğlu ve ark., 1993; Craig, 2002).

Metal destekli porselenler, ısıl genişleme katsayılarını arttıran yüksek alkali içerirler. Porselenin ısıl genişleme katsayısını arttırmak için soda ve potas ilavesi gerekmektedir (Zaimoğlu ve ark., 1993; McLean ve Odont, 2001; Craig, 2002). Metal alaşımla porselen arasında yeterli bağlantı sağlayabilmek için, metal yüzeyinin temiz olması, gaz içermemesi, metal yüzeyinde yeterli kalınlıkta oksit tabakası oluşması gerekmektedir (McLean ve Odont, 2001). Metal rengini maskelemek ve opak porselen kalınlığını en aza indirmek amacıyla porselen tozuna daha fazla miktarda metal oksit ilave edilmesi gerekmektedir (Zaimoğlu ve ark., 1993).

Metal destekli porselenlerin fırınlama sıcaklıkları kullanılan metal alt yapıya göre değişmektedir. Titanyum alaşımlar, 800°C' de kalın bir oksit tabakası oluşturur. Bu oksit tabakası metal porselen bağlantısını olumsuz etkiler. Dolayısıyla, bu alaşımlar ile kullanılan üstyapı porselenleri, yaklaşık 760°C' de fırınlanan ultra düşük ısı porselenleridir (Garbelini ve ark., 2003). Nikel krom alaşımları ile kullanılan üstyapı porselenleri yaklaşık 950°C' de, kıymetli metal alaşımları ile kullanılanlar ise 890°C' de fırınlanmaktadırlar.

Metal Destekli Porselen Restorasyonların Avantajları

1. Diğer porselen restorasyonlardan daha dayanıklıdırlar (Bello ve Jarvis, 1997; Craig, 2002; Anusavice, 2003)
2. Dişeti dokusunun kalın olduğu ya da marjinlerin porselenle bitirildiği vakalarda estetikdir (Bello ve Jarvis, 1997; Anusavice, 2003)
3. Laboratuvarlar tarafından sıklıkla üretilen bir sistem olduğundan dolayı hızlı, kontrollü ve kolay üretim sağlanır (Bello ve Jarvis, 1997)

4. Hem ön hem arka bölgedeki dişsizlik durumunda çok üyeli köprülerin ve implant üstü protezlerin yapımında kullanılabilir (Bello ve Jarvis, 1997; Anusavice, 2003)

5. Koyu renge sahip dişlerde kullanıma uygundur (Bello ve Jarvis, 1997)

6. Fazla diş preparasyonu gerektirmez (Anusavice, 2003).

Metal Destekli Porselen Restorasyonların Dezavantajları

1. Yeterli estetiği sağlamak için bukkal yüz preparasyonunun fazla yapılması gerekebilir (McLean ve Hughes, 1965; Hondrum, 1992; Wall ve Cipra, 1992)

2. Metale bağlı alerjik ve toksik etkileri olabilir (Raigrodski, 2004)

3. Korozyon ve oksidasyona uğrama eğilimi vardır (Hondrum, 1992; Denry, 2002; Raigrodski, 2004)

4. Gingival dokuda gri marjin oluşabilir (Wall ve Cipra, 1992; Kelly ve ark., 1996; Pjetursson, 2007)

5. Metalin ışık geçirmeyen ve opak yapısı nedeniyle yeterli estetik sağlanamaz (Hondrum, 1992; Kelly ve ark., 1996; Rasmussen ve ark., 1997; Shillingburg ve ark., 1997a; Wassell ve ark., 2002; Raigrodski, 2004; Pjetursson, 2007; Sailer ve ark., 2007)

6. Restorasyonun value değerini düşürerek, yandaki dişe göre gri görünüme neden olur (Hondrum, 1992; Wall ve Cipra, 1992)

7. Metal ile porselen arasında bağlantı başarısızlığı oluşabilir (Anusavice ve Hojjatie, 1991; Hondrum, 1992; Craig, 2002; Wassell ve ark., 2002).

Metal Desteksiz Dental Porselenler

Metal destekli protezlerde kullanılan altyapı opaktır ve doğal dişin translüsensi özelliğini tam olarak yansıtamaz. Estetik beklentinin artması; tek kronların, köprü protezlerinin ve implant üstü protezlerin yapımında tam porselen kronların kullanılmasını beraberinde getirmiştir. Tam porselen kronlar, diş hekimleri ve hastalar için oldukça popüler hale gelmiştir (Haselton ve ark., 2000).

Metal Desteksiz Dental Porselenlerin Avantajları

1. Metal destekli porselen restorasyonlara göre daha üstün bir estetiğe sahiptirler (Rasmussen ve ark., 1997; Heffernan ve ark., 2002a; Wassell ve ark., 2002; Albakry ve ark., 2004; Raigrodski, 2004; Manicone ve ark., 2007; Pjetursson ve ark., 2007; Sailer ve ark., 2007; Donovan, 2008).

2. Metal destekli porselen restorasyonlarda metal alaşıma bağlı oluşan korozyon, toksik ve allerjik etkiler görülmez (Raigrodski, 2004).

3. Tam porselen restorasyonların ısı ve elektrik iletkenliklerinin düşük olması nedeni ile destek diş korunur (Raigrodski, 2004).

4. Yüksek translüsens özelliğine bağlı olarak, doğal dişe yakın estetik elde edilir (Rasmussen ve ark., 1997; Heffernan ve ark., 2002a; Wassell ve ark., 2002; Albakry ve ark., 2004; Raigrodski, 2004; Manicone, 2007; Pjetursson, 2007; Sailer ve ark., 2007).

Metal Desteksiz Dental Porselenlerin Dezavantajları

1. Diş preparasyonu, metal destekli porselen kronlara göre daha fazla dikkat ve ayrıntı gerektirir (Wassel ve ark., 2002; Donovan, 2008).

2. Maliyet yüksektir ve ek laboratuvar donanımı gerektirir (Wassell ve ark., 2002; Donovan, 2008)

3. Kırılğındırlar (Hondrum, 1992; Anusavice, 2003; Albakry ve ark., 2004; Pjetursson, 2007; Sailer ve ark., 2007; Donovan, 2008).

4. Gerilme kuvvetlerine dirençsizdirler (Albakry ve ark., 2004).

Geleneksel Toz-likit Karışımı ile Üretilen Porselenler

Daha yüksek dayanç elde etmek amacıyla, geleneksel metal destekli porselen restorasyonlarda kullanılan feldspatik porselenin kristalin içeriğinin artırılması ile elde edilmiştir (Blatz, 2002). Bu porselen tozları, teknisyen tarafından sulandırılarak day materyali üzerine tabakalar halinde uygulanır ve restorasyon formu oluşturulur (Rosenblum ve Schulman, 1997).

Kullanılan porselen tozları farklı renk ve translüsens özelliklerine sahiptir. İstenilen renkte restorasyon elde edilebilmesi için son aşamada yüzey boyaarı da uygulanabilir (Rosenblum ve Schulman, 1997).

Porselen tozu ile su karıştırıldığında porselenin tanecikleri arasında boşluklar oluşur. Porselen tozundaki taneciklerin bir araya getirilerek aradaki sıvı bağlayıcının uzaklaştırılması işlemi kondanzasyon olarak bilinmektedir. Bu işlem; fırça uygulama, su ile sabitleştirme, vurma, spatülasyon ve vibrasyon gibi çeşitli tekniklerle uygulanır. Vibrasyon işlemi oldukça etkilidir ve kondanzasyon amacıyla en sık kullanılan yöntemdir (Zaimoğlu ve ark., 1993).

Optec HSP (Jeneric, Pentron Inc., Amerika Birleşik Devletleri) lösitle güçlendirilmiş feldspatik porselenlerdendir. **Hi-Ceram** (Vita, Zahnfabrik, Bad Sackigen, Almanya) ise alümina içeriği artırılarak güçlendirilmiş bir feldspatik porselendir (Mc Lean ve Hughes, 1965). Feldspatik porseleni güçlendirmede kullanılan diğer yöntem ise zirkonyum oksit ilavesidir. **Mirage II** (Chameleon Dental, Kansas City, Amerika Birleşik Devletleri) bu yöntemle elde edilmiştir. Piyasadaki diğer geleneksel toz–likit porselen örnekleri; **Ceramco** ve **Ceramco II** (Dentsply Ceramco, Burlington, Amerika Birleşik Devletleri), **Cerinate** (Den-Mat, California, Amerika Birleşik Devletleri), **Finesse** (Dentsply Ceramco, Burlington, Amerika Birleşik Devletleri) ve **Duceram LFC** (Degussa Dental GmbH, Hanau, Almanya)' dir (Blatz, 2002).

Dökülebilir Porselenler

Dökülebilir porselenler, sıvı haldeki camın yavaş ve kontrollü bir şekilde kristalize edilerek seramiğe dönüştürülmesiyle elde edilir (Messer ve ark., 1991; Blatz, 2002). Kor alt yapı veya tüm restorasyon, kayıp mum ve santrifüjlü döküm tekniği kullanılarak oluşturulur (Jacobi ve ark., 1991; Rosenblum ve Schulman, 1997; Blatz, 2002; Zaimoğlu ve Can, 2004b).

Bu sistemlere Dicor (Dentsply International Inc., York Pa., Amerika Birleşik Devletleri) ve Cerapearl (Kyocera, Amerika Birleşik Devletleri) örnek verilebilir (McLean ve Odont, 2001; O'Brien, 2002a). **Dicor**, tetrasilisik fluormika ($K_2Mg_5Si_8O_{20}F_4$) polikristalin yapısında cam porselendir (Hondrum, 1992; Rosenblum ve Schulman, 1997; Denry, 1996; McLean ve Odont, 2001). Bu kristaller, materyalin fleksibilitesini ve yüzey işlenebilirliğini sağlarken, aynı zamanda kırık oluşumuna karşı direnç ve dayanıklılık kazandırır (Rosenblum ve Schulman, 1997; McLean ve Odont, 2001). Dicor' un yüksek baskı dayancısı, sertliği, yoğunluğu, aşınma direnci, ısısız genişleme katsayısı ve yarı şeffaflık özelliği doğal diş dokusuna benzer. **Cerapearl**, temel kristalin fazı, suyun varlığında hidroksiapatite dönüşebilen oksiapatit olan dökülebilir cam porselen çeşididir (Hobo ve Iwata, 1985; Hondrum, 1992). Işık kırma indeksi, yoğunluğu ve ısı iletkenliği doğal mineye benzer bulunmuştur (Wall ve Cibra, 1992; Yüksel ve ark., 2000).

Bilgisayar yardımıyla hazırlanan porselenler

CAD-CAM sistemleri

“Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing” kelimelerinin baş harflerinden oluşan CAD-CAM sistemi; bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim şeklinde ifade edilebilir (Bayne ve Heymann, 1996; Möhrmann ve Bindl, 1996; Zaimoğlu ve Can, 2004b; Flury, 2010). Sistem temel olarak üç basamaktan oluşur:

1. Üç boyutlu yüzeyin taranması

Optik yüzey tarayıcı alet ile yüzeyin üç boyutlu bilgisayar modeli elde edilir. Nesnenin tek ve uyumlu veri grubunun oluşturulması için CAD yazılımı ile her bir taramadan elde edilen veriler birleştirilerek üç boyutlu yüzey modeli oluşturulur (Williams ve ark., 2004).

2. Üç boyutlu bilgisayar destekli dizayn

Taramalar uygun yazılım kullanılarak elektronik olarak incelenir. Üç boyutlu CAD yazılımı ile taranmış yüzey modelde, protezin fiziki plastik modeli oluşturulur (Williams ve ark., 2004).

3. Üretim

Modelin oluşturulmasından sonra, yapılacak protezin boyutuna göre seçilen porselen blok, cihazın kesici bölümüne yerleştirilir ve protez bitirilir (Williams ve ark., 2004).

CAD-CAM sistemleri içinde en yaygın kullanıma sahip olan sistem CEREC (Chairside Economical Restorations of Esthetic Ceramics) (Sirona Dental Systems, Charlotte, North Carolina, Amerika Birleşik Devletleri)' tir. 1992'de **CEREC I**, 1994 yılında da **CEREC II** üretilmiştir, frezeleme ünitesinin 3 akstan 6 aksa çıkarılmış olması sistemin avantajlarından. CEREC II' de ağız içi kamerası ile 3 boyutlu tarama yapılabilmektedir ve piksel büyüklüğü 25x29 µm' ye düşürülmüştür. Ancak, CEREC II' de yazılım problemleri mevcuttur (Möhrmann ve Bindl, 1996; Bindl ve Möhrmann, 2003). 2000 yılında **CEREC III** geliştirilmiştir. Farklı olarak, üretim işlemi çabuklaştırılmış, görüntü elde etme ve veri toplama işlemleri ileri derecede hızlandırılmıştır. Cerec III' de tüm kronun tek yapı olarak elde edilmesi mümkündür (Giordano, 2006).

Dicor MGC light, Dicor MGC dark (Dentsply International Inc., York, Pa., Amerika Birleşik Devletleri), Cerec Vitablocks Mark I, Cerec Vitablocks Mark II, Vitablocks TriLuxe (Sirona Dental Systems, Charlotte, North Carolina, Amerika Birleşik Devletleri), Vita Celay, Vita InVizion ve IPS e.max CAD porselen blokları, CEREC sisteminde kullanılabilir (Kelly ve ark., 1996; Rosenblum ve Schulman, 1997; Wassell ve ark., 2002; Giordano, 2006; Flury ve ark., 2010). Bindl ve ark. (2005), molar ve premolar bölgede yapılan CEREC tek kronların başarı oranlarının %94,6-97 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Yaklaşık 3000 CEREC inleynin ortalama 4,2 yıllık gözlem sürecinin değerlendirildiği bir çalışmada %97,4 başarı oranı bildirilmiştir (Martin ve Jedynakiewicz, 1999).

Preslenebilir porselenler

Bu sistemler, katı porselen bloklar şeklinde bulunmaktadır. Porselen bloklar eritilip, kaybolan mum tekniği kullanılarak elde edilen negatif boşluğa ısı ve basınç ile iletilmektedir.

IPS Empress I Sistemi

Isı ve basınç altında şekillendirilen cam porselen sistemi ilk defa 1983 yılında Zürih Üniversitesinin Sabit ve Hareketli Protezler ve Dental Materyaller Departmanında geliştirilmiştir (Dong ve ark., 1992; McLean ve Odont, 2001). IPS Empress I (Ivoclar, Vivadent, Liechtenstein) lösitle güçlendirilmiş cam porselen ($\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O}$) sistemidir (Dong ve ark., 1992; Kelly ve ark., 1996; Mackert ve Russell, 1996; Denry, 2002; Anusavice, 2003; Conrad ve ark., 2007). Cam porselen materyali ağırlık olarak %63 SiO_2 , %17,7 Al_2O_3 , %11,2 K_2O , %4,6 Na_2O , %0,6 B_2O_3 , %0,4 CeO_2 , %1,6 CaO , %0,7 BaO , %0,2 Ti_2O içermektedir (Dong ve ark., 1992). Bu sistemde lösit ile kuvvetlendirilmiş cam porselen tabletler, EP500 (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) adı verilen özel fırında 1150°C sıcaklıkta viskoz alümina özelliğine ulaşır ve kayıp mum atım tekniğiyle elde edilen restorasyonun negatif boşluğu içerisine basınç ile transfer edilir (Dong ve ark., 1992; Denry, 1996; Denry, 2002). Kronun sonuç rengi iki şekilde elde edilir. İlk teknikte, renksiz porselen kullanılarak yapılan restorasyona yüzey renklendirilmesi uygulanır; ikinci teknikte, renkli dentin tabletleri kullanılarak elde edilen restorasyona veneer porselen materyali ile tabakalama tekniği uygulanır (Dong ve ark., 1992; Denry, 1996; Rosenblum ve Shulman, 1997; Albakry ve ark., 2003). Sistemin ortalama bükülme dayancı $95\text{-}200\text{ MPa}$ 'dır. IPS Empress I, inley, laminate

veneer ve tek kron yapımında kullanılmaktadır (Rosenblum ve Schulman 1997; Höland ve ark., 2000; McLean ve Odont 2001; Albakry ve ark., 2003). IPS Empress I porselenin ısı ve basınç altında şekillendirilmesi ve veneer porselen fırınlamalarının bükülme dayanımını arttırdığı rapor edilmiştir (Dong ve ark., 1992).

IPS Empress II Sistemi

IPS Empress I' den farklı olarak, esas kristalin fazı lityum disilikattır ($\text{SiO}_2\text{-LiO}_2$) (Oh ve ark., 2000; Denry, 2002; Anusavice, 2003; Conrad ve ark., 2007).

IPS Empress II sistemi Ivoclar tarafından 1998 yılında geliştirilmiştir. Sistemde kor materyali, kayıp mum tekniği ile elde edilir. Kor materyalinin ortalama bükülme direnci 300-400 MPa'dır, böylelikle ikinci premolara kadar kron ve tek diş eksikliğinde üç üyeli köprülerin yapılmasına olanak tanımaktadır (Höland ve ark., 2000; Albakry ve ark., 2003; Anusavice, 2003). Della Bona ve ark. (2004), cam porselen materyallerini inceledikleri çalışmalarında lityum disilikat esaslı porselenlerin yüksek kırılma direncinin sadece kristal içeriğinin yüksek olmasıyla açıklanamayacağını, lityum disilikat kristallerinin cam matriks içinde düzenli dağılım göstermesinin de etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Lityum disilikat cam porselen ingotları EP500 fırınında 920°C' de akışkanlık kazanır ve basınçla revetman boşluğunun içine yollanır (Höland ve ark., 2000; Denry, 2002). Fırından çıkarılan restorasyon oda sıcaklığında soğuduktan sonra revetman artıklarından temizlenir. Lityum disilikat esaslı cam porselen kor yapı üzerine, florapatit yapıda cam porselen tabakalama tekniği ile uygulanır (Höland ve ark., 2000; Raigrodski ve Chiche, 2001; Raptis ve ark., 2006).

IPS e.max Sistemi

Ivoclar tarafından geliştirilen yeni bir lityum disilikat içerikli tam porselen materyalidir. Preslenebilen (IPS e.max Press) ya da CAD/CAM teknolojisiyle şekillendirilen (IPS e.max CAD) bir ingottan oluşmaktadır.

IPS e.max Press

IPS e.max Press, 2005 yılında IPS Empress II ile kıyaslanarak geliştirilmiştir. IPS Empress II gibi, lityum disilikattan oluşan preslenebilir cam porselendir, fakat farklı pişirme yöntemi uygulanarak daha translüsent ve daha iyi fiziksel özelliklere sahip restorasyonlar yapmaya imkan verir (Stappert ve ark., 2006).

Presleme işlemi ile, lityum disilikat kristalleri, cam matriks içerisinde homojen bir şekilde dağılmaktadır (Albakry ve ark., 2004). Lityum disilikat kristalleri çatlağın yönünü değiştirerek kırılma direncini artırmaktadırlar (Albakry ve ark., 2004; Guazzato ve ark., 2004). Albakry ve ark. (2003), IPS e.max Press'in biaksiyal dayancının 440 ± 55 MPa olduğunu rapor etmişlerdir.

Materyale renk pigmentleri eklenmez. Bunun yerine istenilen rengi elde etmek için cam içinde eriyen iyonlar kullanılır. Bu mekanizmada renk iyonlarının kombinasyonu ve konsantrasyonu önemli rol oynar. Bu tekniğin avantajı, materyalin içine renk iyonlarının homojen bir şekilde dağılmasıdır (Ritter, 2010).

IPS e.max CAD

CAD-CAM sistemler için geliştirilmiş olan lityum disilikat esaslı IPS e.max CAD bloklar, IPS e.max Press ile aynı kimyasal yapıya sahiptir. Fakat daha farklı bir ısıl işleme tabi tutularak kısmi olarak kristalize edilirler. Kısmi kristalize bloklardaki temel kristalize faz, lityum metasilikattır (Li_2SiO_3). Lityum metasilikat kristallerinin uzunlukları 0,2 ile 1 μm arasında değişir ve karışımda hacimce %40 oranında bulunurlar. Kısmi kristalizasyonun amacı; blokların hızlı ve kolay freze edilebilmesini sağlamaktır (Fasbinder ve ark., 2010).

Frezeleme işlemi tamamlanan restorasyon, vakumla 850°C ' de ısıl işleme tabi tutularak lityum metasilikat kristalleri lityum disilikat kristallerine dönüşür. Bu dönüşümle cam matrikste yaklaşık 1,5 μm boyutunda ve hacimce %70 oranında lityum disilikat kristali içeren porselen materyali elde edilir (Fasbinder ve ark., 2010). Sonuç restorasyonda IPS e.max Press sistemine benzer mekanik özellikler ve kristal yapı elde edilir (Höland ve ark., 2006). IPS e.max CAD cam porselenlerin bükülme dirençleri 320 MPa dır (Giordano, 2006).

IPS e.max CAD cam porselenlerde hem geleneksel hem de adeziv simantasyon teknikleri kullanılabilir (Fasbinder ve ark., 2010).

İnfiltrasyon Porselenler

Seramik oksitlerin yüksek dayanç özellikleri; translüsent üstyapı porseleninin, yüksek oranda seramik oksit içeren altyapı ile desteklenmesi fikrini doğurmuştur. Bu amaçla pekçok seramik oksit altyapı materyali geliştirilmiş olsa da; en yaygın kullanılan alüminadır (McLean ve Hughes, 1965).

İnfiltrasyon porselenler, poroz yapıda üretilmiş alüminyum oksit tozu ve yüksek sıcaklıkta poroz yapıya infiltrasyon olan cam olmak üzere iki esas bileşenden oluşmaktadır. Bu iki bileşen, kor yapısı olarak kullanılmakta ve feldspatik porselenle veneerlenmektedir (Pröbster ve Diehl, 1992; Kelly ve ark., 1996; Rosenblum ve Schulman, 1997).

In-Ceram sistemi üç farklı alt yapı ile kullanılmaktadır. Bunlar In-Ceram Alümina, In-Ceram Spinell ve In-Ceram Zirkonyadır. **In-Ceram Alümina**, kor yapısında %90 oranında alümina partikülleri içermektedir, bu partiküller çatlak oluşumunu sınırlamaktadır. Bu sistem, anterior kronların ve anterior üç üyeli köprülerin üretilmesinde 1990' lardan itibaren kullanılmaktadır, yaklaşık olarak 450-600 MPa dayanca sahiptir (Pröbster ve Diehl, 1992; Guazzato ve ark., 2002; Giordano, 2006). Anterior, posterior kronların ve üç üyeli köprülerin 5-10 yıllık başarı oranları %95 ile %98 arasında değişmektedir (McLaren ve White, 2000; Segal, 2001; Vult von Steyern ve ark., 2001). Bindl ve Möhrman (2002), In-ceram alümina molar kronlarda %9,1 başarısızlık rapor etmiştir. **In-Ceram Spinell**, 1994 yılında alümina korun opasitesine alternatif olarak geliştirilmiştir ve majör kristalin fazı olarak magnezyum spinel ($MgAl_2O_4$) içermektedir, böylelikle alümina kora göre dayanıcı daha düşük ancak ışık geçirgenliği yüksek bir restorasyon elde edilmektedir (Heffernan ve ark., 2002a; Heffernan ve ark., 2002b). Estetik bölgelerdeki tek üye restorasyonlarda kullanımı endikedir ve yaklaşık olarak 350 Mpa dayanca sahiptir (Giordano, 2006). **In-Ceram Zirkonya**, tetragonal zirkonya ve alümina içermektedir, zirkonya ilavesi ile bükülme dayanıcı, kırılma dayanıcı ve yorulma direnci 620-700 MPa olacak şekilde arttırılmıştır (Blatz, 2002; Guazzato ve ark., 2002; Lüthy ve ark., 2005; Giordano, 2006). Kor yapısı opak olduğundan dolayı, posterior kron ve köprülerde endikedir (Guazzato ve ark., 2002; Raigrodski, 2004).

2.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE ISLANABİLİRLİK

2.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü; materyalin özelliklerine ya da elde edilme yöntemine bağlı olarak, yüzey dokusunda oluşan çok ince düzensizlikler olarak tanımlanır (Johnston ve ark., 2004).

2.2.1.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri

Materyal yüzey pürüzlülüğünü belirlemek amacıyla; görsel değerlendirme, taramalı elektron mikroskobu (SEM), profilometre, lazer aynasal yansıtma ve atomik kuvvet mikroskobu (AFM) kullanılabilir (Brewer ve ark., 1990; Whitehead ve ark., 1995; Jefferies, 1998). Yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek amacıyla tek bir metodun kullanılması yanıltıcı sonuçlar verebilir. Bu nedenle bir metodu diğerleriyle kıyaslamak gerekmektedir (Jefferies, 1998).

Profilometre

Yüzeylerin profilometre ile incelenmesinde en sık kullanılan parametreler Ra, Rz, Rpm ve Rz:Rpm oranıdır (Whitehead ve ark., 1999). **Ra** parametresi bir yüzeyin ortalama pürüzlülüğüdür ve pürüzlülük profilinin merkez çizgiye göre uzaklığının aritmetik ortalaması alınarak hesaplanır (Johnston ve ark., 2004). **Rz** parametresi yüzeyden en yüksek uçların ortalamalarını ifade ederken, **Rpm** yüzeydeki en derin noktaların ortalamalarıdır (Martinez-Gomis ve ark., 2003).

Yüzey pürüzlülüğü değerinin doğru belirlenebilmesi için uygun bir cut-off değeri (kesme uzunluğu dalga boyu) seçilmelidir. Cut-off değeri, ölçüm sırasında yüzey profilinin belirli aralıklara bölünerek verilerin elde edilmesi anlamına gelmektedir (Johnston ve ark., 2004).

Lazer aynasal yansıtma

İncelenecek olan yüzey, lazerle paralel olarak taranır. Tarama sonucu 2 değer elde edilir; Ra ortalama yüzey pürüzlülüğünü, LR (profile-length-ratio) doğru profil uzunluğu oranını belirler. LR boyutsal bir parametredir ve ideal pürüzsüz yüzey için değeri LR=1 olmalıdır (Jung, 2002).

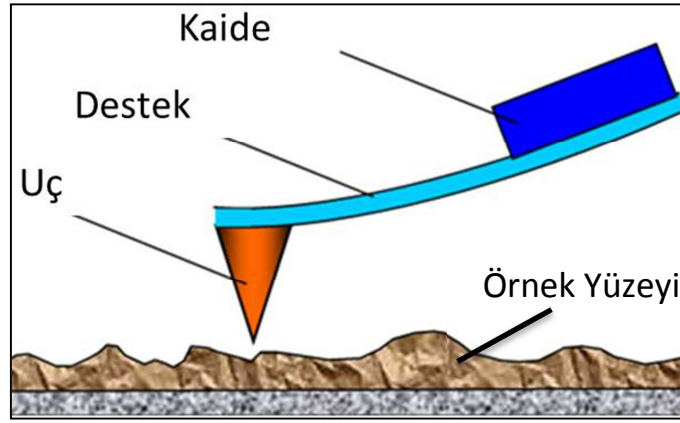
Taramalı elektron mikroskobu

SEM çok ince (10 µm) bir elektron demetinin incelenen yüzey boyunca bir noktadan bir noktaya ard arda hareket etmesi prensibiyle çalışır (Junqueira, 1992). Objenin yüzeyinden yansıyan elektronlar yardımıyla, yüzeyin üç boyutlu görüntüsünün elde edilmesine olanak tanır. İnceleme yapılmadan önce örnekler ince bir metal ile kaplanmalıdır. Bu metodda, incelenecek örnek, elektron demetleri gönderilerek satır satır taranır. Elektronlar belirli bir bölgeye çarptığı zaman yüzey atomları sekonder elektronlar olarak adlandırılan elektronlar yayar. Bunlar özel dedektörlerle yakalanırlar. Dedektöre giren sekonder elektronlar elektrik akımına çevrilir ve büyütülür. Bu

elektriksel sinyal katot tüpüne gönderilir ve görüntü bilgisayar ekranından kayıt edilir (Cengiz ve ark., 2004). SEM, yüzey topografisinin tanımlanmasında bir takım sınırlamalara sahiptir ve üçboyutlu yüzey özelliği görüntülenememektedir (Kakaboura ve ark., 2007).

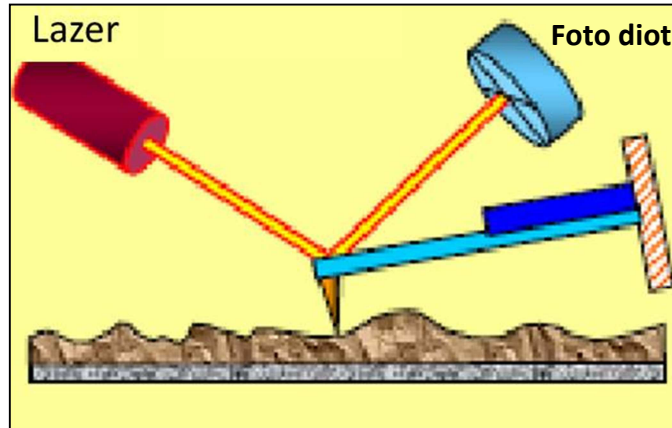
Atomik kuvvet mikroskobu

Atomik kuvvet mikroskobunun çalışma prensibi, uç ile örnek yüzeyi arasındaki etkileşimli kuvvetin, elastik bir destek üzerine yerleştirilmiş özel bir uç vasıtasıyla ölçülmesi temeline dayanır (Şekil 2.2.1.1.1.). Yüzey tarafından uca uygulanan kuvvet, destekte bir miktar eğilmeye sebep olmaktadır; destekteki eğilme miktarı ölçülerek yüzeyle uç arasındaki etkileşimli kuvvet değerlendirilebilir (Bourauel ve ark., 1998; Mironov, 2004).



Şekil 2.2.1.1.1. AFM ucunun şematik görünümü (Mironov' dan, 2004)

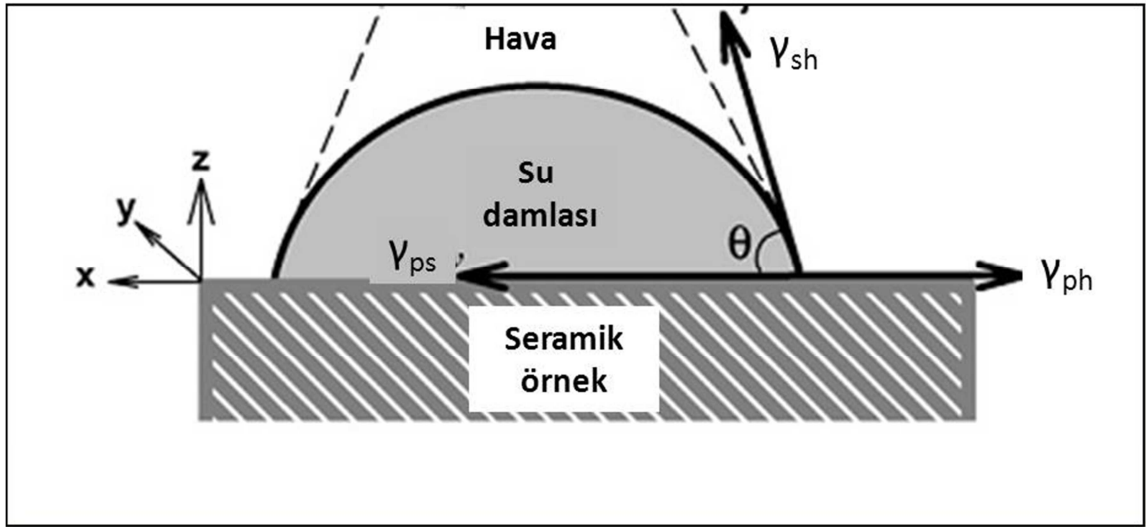
Elastik desteğin eğilmelerinin kaydı sayesinde, yüzey şekli elde edilebilmektedir. Bu amaçla, AFM' de görsel yöntem sıklıkla kullanılır (Şekil 2.2.1.1.2.).



Şekil 2.2.1.1.2. AFM görsel sisteminin şematik görünümü (Mironov' dan, 2004)

2.2.2. İslanabilirlik

Bir sıvı ile katı cisim temas ettiğinde katı, sıvı ve hava arasında 3 fazlı bir açı oluşur. Bu açı, temas açısı olarak tanımlanır (Şekil 2.2.2.). Temas açısının ölçümünde temas açısı tayin cihazı (contact angle goniometer) kullanılmaktadır (Oh ve ark., 2002). Temas açısının belirlenmesinde kullanılan temel yöntem sessile-drop tekniğidir. Bu teknik, mikro şırınga ile damlatılan su damlalarının görüntüsü alınarak katı, sıvı ve hava ara yüzünde oluşan açıların hesaplanması esasına dayanır (Lau ve ark., 2003).



Şekil 2.2.2. Bir sıvı ile katı cisim temas ettiğinde katı, sıvı ve hava arasında oluşan 3 fazlı temas açısı; γ_{sh} , γ_{ps} , γ_{ph} değerleri sırasıyla su-hava, porselen-su, porselen-hava arayüzlerinde oluşan gerilimlerdir (Aksoy ve ark.'dan, 2006)

Temas açısı değerleri; yüzey topografisine, sıvının yüzey gerilimine, katı cismin yüzey enerjisine ve katı ile sıvı arasındaki etkileşimin derecesine bağlı olarak değişir (Namen ve ark., 2008). Katı cismin yüzeyi pürüzlü olduğunda temas açısının azaldığı bildirilmiştir (Oh ve ark., 2002). Temas açısı bir yüzeyin hidrofilik ya da hidrofobik özellikleri ile ilişkilidir. Yüksek temas açısı hidrofobik, düşük temas açısı hidrofilik yüzeyi tanımlar (An ve Friedman, 1998; Buegers ve ark., 2007). Sıvı, hava ve katı ara yüzünde oluşan temas açısının ölçülmesi, katı materyallerin ıslanabilirlik özelliklerini değerlendirmek amacıyla oldukça sık başvurulan bir yöntemdir; düşük temas açısı daha iyi ıslanabilirlik özelliğini tanımlar (Namen ve ark., 2008).

Aksoy ve ark. (2006), Ceramco II porselen materyaline overglaze ve otoglaze yüzey işlemlerini uygulayarak, bu yüzey işlemlerinin porselen materyalinin ıslanabilirlik özelliğine etkilerini incelemiştir. Overglaze yapılan örneklerde ortalama

20° temas açısı gözlenirken; otoolaze yapılan örneklerde 35-55° arasında değişen temas açısı değerleri ölçülmüştür. Bu verilere dayanarak overglaze' in daha pürüzsüz, iyi ıslanabilir ve plak tutulumunu azaltacak yüzeyler oluşturacağını savunmuşlardır.

Bakteri tutulumu ile temas açısı arasında net bir ilişki kurulamamıştır. Bu konuda yapılan çalışmalarda bazı yazarlar hidrofobiklik arttıkça bakteri tutulumunun azalacağını savunurken (Olsson ve ark., 1992; Buegers ve ark., 2009), bazıları da artacağını (Chandra ve ark., 2005) ya da bu iki değişken arasında herhangi bir ilişki olmadığını savunmuşlardır (Waters ve ark., 1997; Baveja ve ark., 2004; Serrano-Granger ve ark., 2005; Davidi ve ark., 2008; Gyo ve ark., 2008).

2.3. DENTAL PORSELENLERDE YÜZEY BİTİRME İŞLEMLERİ VE POLİSAJ

Porselen yüzeyi parlak ve pürüzsüz olmalıdır. Porselen yüzeyinin pürüzsüzlüğü fonksiyon, estetik ve biyouyumluluk açısından önemlidir. Yeteri kadar pürüzsüz olmayan porselen yüzeyi, poroz yapısından dolayı estetik değildir, plak tutulumuna neden olur, dayanıcı azdır ve karşıt dişlerde aşınmaya neden olur (Bollen ve ark., 1997; Baharav ve ark., 1999; Kawai ve ark., 2000; Wright ve ark., 2004; Silva ve ark., 2005; Bottino ve ark., 2006; Saraç ve ark., 2006; Pereira ve ark., 2008; Prasad ve ark., 2009). Ayrıca yumuşak dokularda enflamasyon ve diş çürüğü oluşumuna da neden olmaktadır (Kawai ve ark., 2000; Wright ve ark., 2004).

Üstyapı porselenlerinin yüzey parlaklıkları glaze fırınlaması ya da polisaj ile sağlanır (Pereira ve ark., 2008).

2.3.1. Polisaj

Restorasyonlara uygun bitirme ve polisaj işlemlerinin yapılması, hem estetik avantaj sağlar, hem de restorasyonun ömrünü uzatır. Restorasyon yüzeyinin yeterli pürüzsüzlükte olmaması; plak tutulumuna, diş eti irritasyonuna, yüzey renklenmesine ve kabul edilemez estetik özelliklere neden olur (Jefferies, 1998).

Dental restorasyonlar, birbirini takip eden üç aşama sonucunda parlak bir yüzeye sahip olurlar. Bunlar; kaba düzeltme ve konturlama, ara bitirme, son parlatma aşamalarıdır (Jefferies, 1998).

2.3.1.1. Kaba Düzeltme ve Konturlama

Kaba düzeltme işlemi, iri grenli aşındırıcılar kullanılarak restorasyonun büyük yüzey bozukluklarının giderilmesidir. 100 µm ya da daha büyük partiküllü aşındırıcılar kullanılır. Bu amaçla, elmas frezler, yivli bitirme frezleri ve aşındırıcı bitirme diskleri kullanılır (Jefferies, 1998; O'Brien, 2002b).

2.3.1.2. Ara Bitirme

Bu aşama, restorasyonun sonuç şeklinin ve konturunun oluşmasını sağlayan düzeltme işlemidir. Ara bitirme işleminde, pürüzlü yüzeylerden pürüzsüzlüğe ilk geçiş sağlanır (Jung, 2002; Schmidlin ve Göhring, 2004).

Ara bitirmede, kaba düzeltme ve konturlama işleminin yarattığı çizikler ve yüzey kusurları kaldırılır. Ara bitirme için kullanılan aşındırıcıların grenleri 100 µm' den küçük, 15-20 µm' den büyüktür (Jefferies, 1998).

2.3.1.3. Son Parlatma

Son parlatma, genellikle çok küçük partikül büyüklüğüne sahip aşındırıcılar ile yapılır. Pürüzsüz bir yüzeyde çizik olmamalı, yüzey düzgün bir yapıya sahip olmalıdır (Shillingburg ve ark., 1997b; O'Brien, 2002b; Schmidlin ve Göhring, 2004).

Parlatma, yüzey parlak görünene kadar çiziklerin eşit olarak azaltıldığı yüzey aşındırma işlemidir (Schmidlin ve Göhring, 2004). Son derece ince aşındırıcılar kullanılır. Parlatma işleminin amacı, diş minesine benzer parlaklıkta bir restorasyon elde etmektir. Parlatma işlemi sonucunda, çizikler gözle görülmez hale gelse de ayrıntılı incelemede bazı çizikler farkedilebilir (Jung, 2002; O'Brien, 2002b; Anusavice ve Antonson, 2003). Porselen yüzeyi ara aşamalarda temizlenmez ise, biriken aşındırıcı partiküller yüzey çiziklerinin derinleşmesine neden olur (Anusavice ve Antonson, 2003).

Son aşamada, mine gibi parlak görünümlü bir yüzey oluşturmak için parlatma patları uygun bir enstrüman yardımıyla uygulanabilir. Parlatma patlarındaki aşındırıcıların partikülleri 0,3-20 µm boyutlarındadır (Jefferies, 1998; Jung, 2002).

2.3.2. Glaze

Genellikle simantasyondan önce son yüzey işlemi olarak önerilen glaze, porselene düzgün ve parlak bir yüzey kazandırırken, dental porselendeki mikro çatlakların ve porozitelerin elimine edilmesini de sağlamaktadır. Bununla birlikte plak tutulumu da azalmakta, doğal dişin yüzeyine yüksek oranda uyum sağlanmaktadır.

Glaze işlemi, glaze tozu ve likitlerinin karıştırılıp, porselen yüzeyine sürülerek fırınlanması (over glaze), ya da porselenin ısıtılarak yüzeyinde doğal glaze tabakası oluşturulması (natural glaze, otoglaze) yöntemleri ile yapılır.

Overglaze

Renksiz cam tozu içeren glaze tozunun, glaze likiti ile karıştırılarak üstyapı porseleni yüzeyine sürülmesini takiben, üreticilerin önerilerine uygun olarak fırınlanması işlemidir (Anusavice, 2003; Pereira ve ark., 2008).

Natural Glaze, Otolglaze

Herhangi bir parlaticı materyal kullanılmaksızın ısı yardımıyla doğal cilalı bir yüzey elde edilmektedir (Anusavice, 2003; Pereira ve ark., 2008).

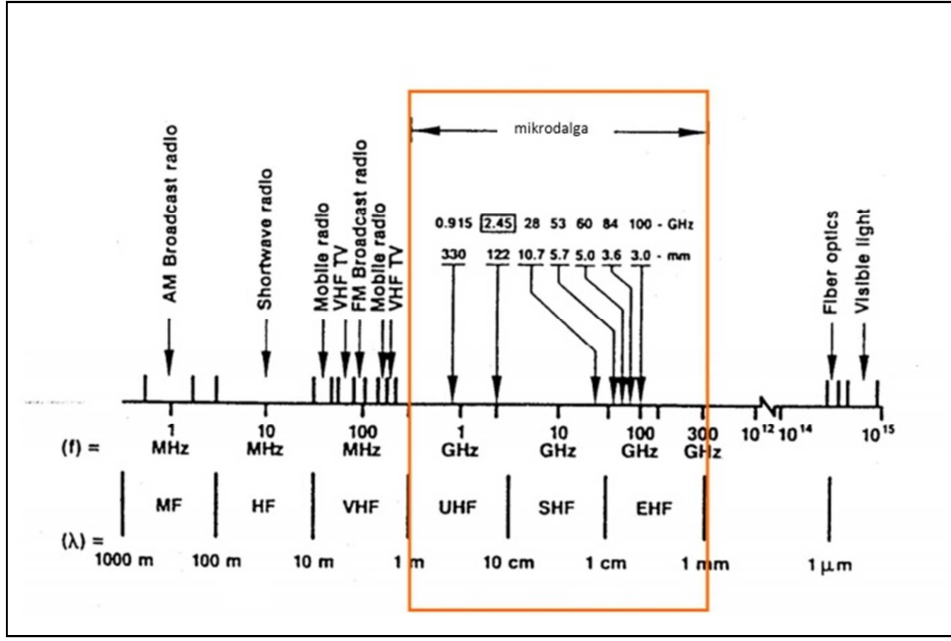
Her iki glaze yönteminde de porselenin fırınlanması gerekmektedir (Griggs ve ark., 1996; Frederick ve ark., 2000; Saraç ve ark., 2006; Pereira ve ark., 2008). Fırınlama sıcaklıkları kullanılan porselen materyaline bağlı olarak farklılıklar içermektedir ve ilgili porselen materyali için üreticinin önerilerine uygun olmalıdır.

2.3.2.1. Geleneksel Porselen Fırınında Glaze İşlemi

Glaze uygulaması için geleneksel porselen fırınlarının kullanımı yaygındır. Bu fırınların kullanımında homojen bir ısı ortaya çıkmamaktadır. Glaze fırınlanması, porselen materyaline göre değişmekle birlikte 400-600°C ile 725-930°C arasında yapılmaktadır. Bu ısı porselen yüzeyine uygulanarak, alt yapıya ısı iletilenlikle ulaşmakta, böylelikle porselende mikro çatlaklara neden olan ısı stresleri oluşmaktadır (Prasad ve ark., 2009).

2.3.2.2. Mikrodalga ile Glaze İşlemi

Mikrodalgalar elektromanyetik radyasyon spektrumunda, radyo dalgaları frekansı ile kızılötesi frekansları arasında yer alır (Şekil 2.3.2.2.1.) (Sutton, 1989; Stein ve ark., 1994). Lazerler haricindeki görülebilir dalgalardan farklı olarak polarize yapıdadır (Sutton, 1989). Mikrodalga enerji 0,3-300 GHz frekans aralığına sahip olmasına karşın (Chatterjee ve ark., 1998; Thostenson ve Chou, 1999), endüstriyel ve bilimsel uygulamalarda en sık kullanılan frekans 2,45 GHz' dir (Agrawal, 1998; Bykov ve ark., 2001).



Şekil 2.3.2.2.1. Mikrodalğanın elektromanyetik spektrumdaki aralığı (Stein ve ark.' dan, 1994)

Mikrodalga Enerjinin Kullanım Alanları

Mikrodalga ile ısıtma her ne kadar 65 yıl kadar önce tasarlanmış olsa da, materyallerin işlenmesi alanında oldukça yeni bir metottur. Gazlar, sıvılar ve katılar mikrodalga ile ısıtılabilirler (Clark ve Sutton, 1996). 1950' lerde yiyecekleri ısıtmak amacıyla Raytheon tarafından ilk ticari mikrodalga fırınlar piyasaya sürüldü. Ancak bu fırınların kullanımları 1962 yılında pratikleştirilene kadar yaygınlaşmadı. Bu endüstrideki en büyük gelişme 1970-1980' lerde ev tipi mikrodalga fırınların geliştirilmesi ile elde edildi. Günümüzde mikrodalga ile ısıtma, yiyecek endüstrisi haricinde kauçuk vulkanizasyonu, ahşap sertleştirilmesi, porselenlerin sinterlenmesi, kesici elmasların şekillendirilmesi, asfaltın geri dönüşümü ve yüzey adezivlerinin sertleştirilmesi gibi alanlarda da kullanılmaktadır (Clark ve Sutton, 1996).

Porselen ve polimerlerin işlenmesi, mikrodalga enerjinin kullanım alanlarından olup, 1980' lerin sonlarında yaygınlaşmaya başlamıştır (Clark ve Sutton, 1996). Porselenlerin sinterlenmesinde mikrodalga kullanımı, hızlı ısıtma, artmış yoğunlaşma oranı, mikro yapının daha ince partiküllü olması ve güçlendirilmesi gibi avantajlarından dolayı giderek yaygınlaşmaktadır (Booske ve ark., 1997; Agrawal, 1998; Chatterjee ve ark., 1998; Clark ve ark., 2000; Bykov ve ark., 2001; Vleugels ve ark., 2004; Huang ve ark., 2007). Mikrodalga sisteminde, elektromanyetik dalgalar dielektrik kayıp ile porselen materyaline etki ederek uniform ısınmasını sağlar. Geleneksel sinterlemede, ısı

porselenin yüzeyine uygulanır ve buradan ısı iletkenlikle alt tabakalara ulaşır. Böylelikle ısı farklılığı ve ısı stres oluşur. Mikrodalga ile yapılan sinterlemede, geleneksel sinterlemenin aksine daha uniform ve ince partiküllü mikro yapı oluşur (Huang ve ark., 2007). Mikrodalga enerjinin porselen materyallerinin sinterleme işleminde kullanılması, geçtiğimiz 20 yıllık süreçte dünya çapında oldukça sık araştırılan bir konudur (Vleugels ve ark., 2001).

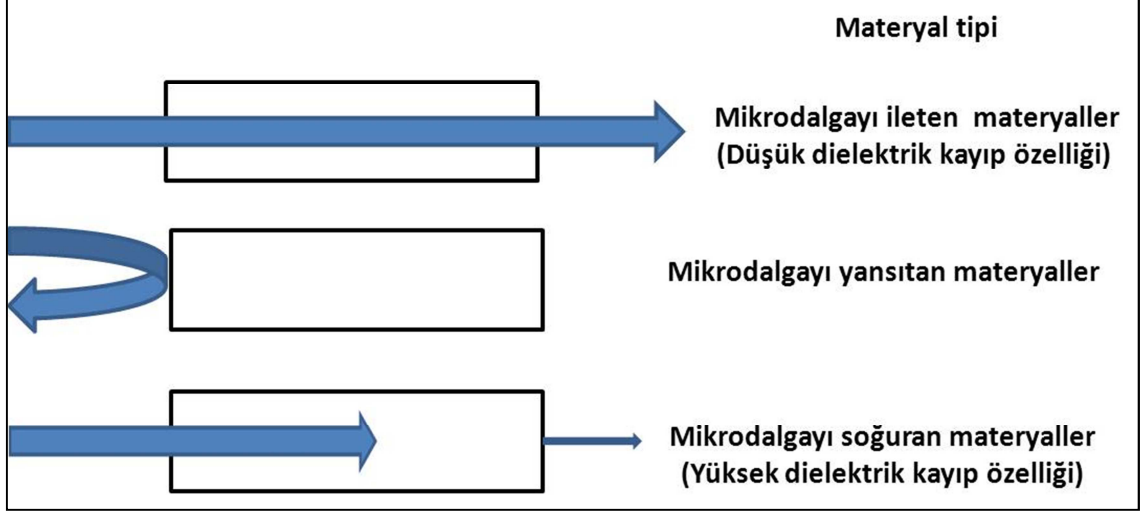
Mikrodalgalar ile Materyallerin Etkileşimi

Mikrodalga ile ısı işlem uygulanması, temelde elektromanyetik enerjinin soğurularak ısı enerjisine dönüştürülmesidir (Chatterjee ve ark., 1998; Thostenson ve Chou, 1999; Zhao ve ark., 2000; Bykov ve ark., 2001). Bir materyalin mikrodalga enerji ile uyumluluğu, dielektrik kayıp ile tanımlanır. Mikrodalga enerjinin materyal tarafından soğurulan kısmı enerjinin kaybı olarak nitelendirilir. Kaybolan bu enerji miktarı, materyalin dielektrik özellikleri ile ilgilidir. Materyalin dielektrik kayıp özelliği ne kadar iyi ise mikrodalga enerjisi o kadar iyi soğurur ve mikrodalgalar ile kolayca ısınabilir. Mikrodalgalar materyaller tarafından soğurulabilir (yüksek dielektrik kayıp özelliği), soğurulmadan iletilebilir (düşük dielektrik kayıp özelliği), yansıtılabilir ve/veya kısmen soğurulabilir (Zhao ve ark., 2000; Bykov ve ark., 2001; Sharma ve ark., 2001) (Şekil 2.3.2.2.2.). Materyal tarafından soğurulan mikrodalga enerji, hacimsel ısınmaya sebep olan enerjidir (Sharma ve ark., 2001).

Diş hekimliğinde kullanılan porselen materyallerinin içeriklerinde bulunan Al_2O_3 , MgO , SiO_2 ve ZrO_2 gibi materyaller oda sıcaklığında 2,45 GHz dalga boyunda, düşük dielektrik kayıp özelliğine sahiptir. Porselen gibi düşük dielektrik kayıp özelliğine sahip materyaller, oda sıcaklığında mikrodalga ile ancak çok uzun zamanda ısıtılabilirler. Porselenler kritik bir sıcaklığa kadar ısıtıldığında, dielektrik kayıp özelliği artar ve mikrodalga ile uyumlu hale gelirler (Clark ve ark., 2000; Zhao ve ark., 2000; Bykov ve ark., 2001).

Mikrodalga ile ısıtma öncesinde dıştan ısı uygulanması işlemi, hibrit ısıtma olarak tanımlanır (Clark ve ark., 2000; Zhao ve ark., 2000). Dıştan ısıtma elektrikle, gazla ya da radyasyonla sağlanmaktadır (Clark ve Sutton, 1996; Bykov ve ark., 2001). En sık kullanılan yöntem radyasyonla ısıtma olup, silikon karbit (SiC) ve molibden silikat ($MoSi_2$) gibi yüksek dielektrik kayıp özelliğine sahip olan ve oda sıcaklığında

mikrodalga enerji ile kolayca ısınabilen maddeler bu amaçla kullanılmaktadır (Clark ve Sutton, 1996; Clark ve ark., 2000; Zhao ve ark., 2000).



Şekil 2.3.2.2.2. Mikrodalgalar ile materyalin etkileşimi

Mikrodalga Sistemi Bileşenleri

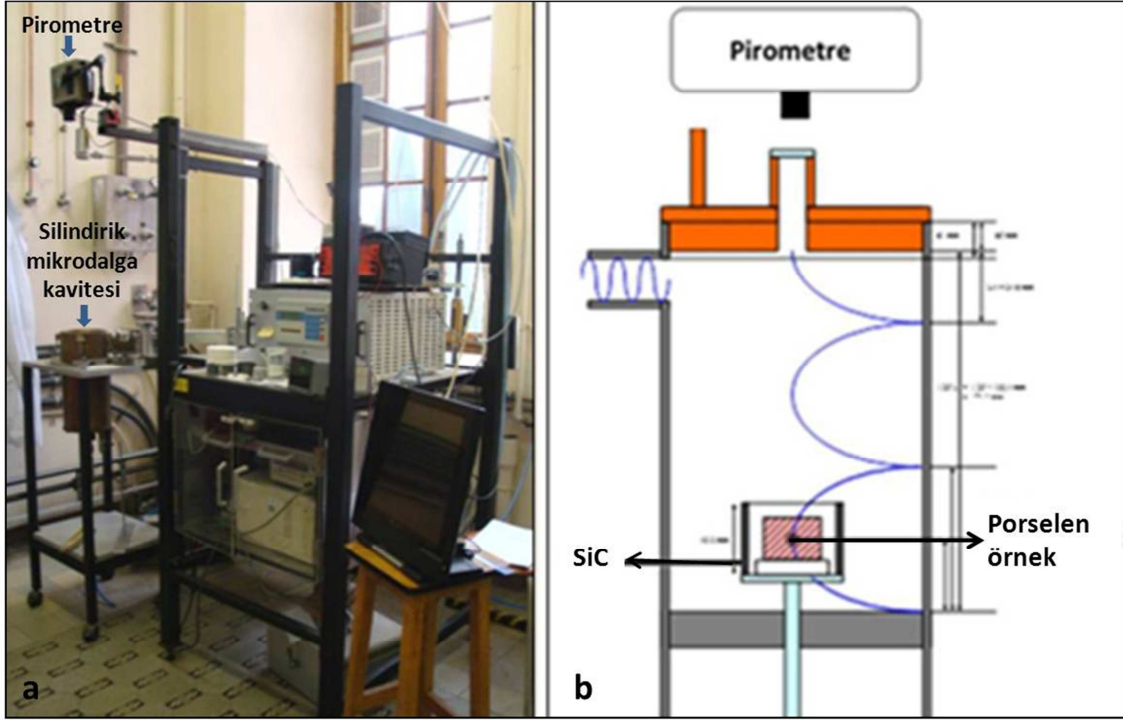
Bir mikrodalga sistemi tipik olarak mikrodalga üreten bir jeneratör, mikrodalgaları taşıyan dalga yönlendiricisi, spesifik amaçlar için mikrodalganın modifiye edilebileceği bir kavite ve bir kontrol (ayar, sıcaklık, güç) sisteminden oluşmaktadır (Clark ve Sutton, 1996). Sinterlenen materyalden yansıyan mikrodalgaların geri döndürülmesi amacıyla, mikrodalga kavitesi duvarları metalden oluşur (Bykov ve ark., 2001)

Mikrodalga fırınının iç sıcaklığının ölçülmesinde, temel olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlar, ısı uçu (termocouple) kullanımı ve optik yöntemdir. Optik yöntemde pirometreler kullanılır. Pirometre, örnekteki renk değişimini ölçerek, ısı artışını hesaplar. Mikrodalga kavitesinin dışına yerleştirilir. Isıtılacak materyalle arasında cam vardır. Camın buharlanması, pirometrenin kalibrasyonunu değiştirebileceğinden dolayı dikkatli olunmalıdır (Stein ve ark., 1994).

Çalışmamızda kullanılan hibrit mikrodalga fırın, MEAC (Microwave Energy Company, Leuven, Belçika) tarafından dizayn edilmiş ve üretilmiştir. 2,45 GHz dalga boyunda 0-2 kW ayarlanabilir güç çıkışına sahip, silindirik metal kaviteli, bilgisayar birimine bağlı bir sistemdir. Dıştan ısıtma SiC ile sağlanmaktadır. Mikrodalga sisteminin içindeki ısı pirometre yardımıyla ölçülmekte ve ölçülen ısı verileri bilgisayar

sistemine aktarılmaktadır (Vleugels ve ark., 2001). Çalışmamızda kullanılan mikrodalga fırın ve mikrodalga kavitesinin şematik görüntüsü Şekil 2.3.2.2.3.' de verilmiştir.

Çalışmamızda kullandığımız mikrodalga fırında metaller de işlem görebilmektedir (Put ve ark., 2003).



Şekil 2.3.2.2.3. a) Çalışmamızda kullanılan mikrodalga fırın b) Mikrodalga kavitesinin şeması

2.4. RENK KAVRAMI

Bir cismin renginin algılanması fiziksel bir uyarana karşı verilen psikolojik bir cevaptır. Algı subjektif bir durum iken, algıyı oluşturucu fiziksel uyarın olan ışık objektif bir durumdur. Cisimden yansıyan ya da geçen beyaz ışık, renk algısı oluşturur. 400 nm dalga boyuna sahip ışık mor renk, 700 nm dalga boyuna sahip ışık kırmızı renktir. Bu iki dalga boyu arasında mavi, yeşil ve sarı renk algılanır (Powers, 2002).

2.4.1. Renk Sistemleri

Diş hekimliğinde nesnelerin renklerinin objektif olarak değerlendirilmesinde kullanılan dünya çapında kabul görmüş iki temel renk sistemi vardır (Lou, 2004).

2.4.1.1. Munsell Renk Sistemi

Munsell renk sistemi, tutarlılık, esneklik, kullanım kolaylığı gibi özelliklerinden dolayı diş hekimliğinde renk seçiminde tercih edilen bir sistemdir (Tung, 2002; Lou, 2004).

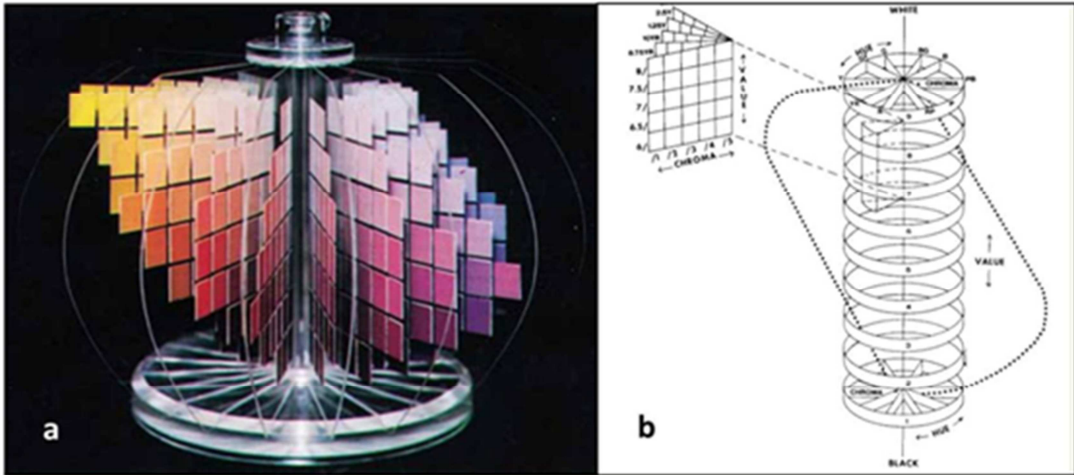
Sistem parlaklık derecesini temsil eden ve siyahtan beyaza doğru değişen bir eksen üzerinde, ana renklerin saat yönünde sıralandığı bir daireye benzer. Bu sistemde 5 ana renk ve 10 ara renk olduğu kabul edilir.

Renk tonu (Hue): Kırmızı, mavi ve yeşil gibi değişik renk ailelerinin ayrımını sağlar (Jahangiri ve ark., 2002; Nohl ve ark., 2002; Powers, 2002; Joiner, 2004).

Aydınlık değeri (Value): Saf siyah ve saf beyaz arasındaki parlaklık derecesidir (Jahangiri ve ark., 2002; Powers, 2002; Joiner, 2004). Birbirinden farklı iki renk, aynı value değerine sahip olabilir (Nohl ve ark., 2002).

Renk yoğunluğu (Chroma): Rengin doygunluk derecesidir ve güç ya da berraklık olarak da tanımlanmaktadır (Jahangiri ve ark., 2002; Powers, 2002; Joiner, 2004).

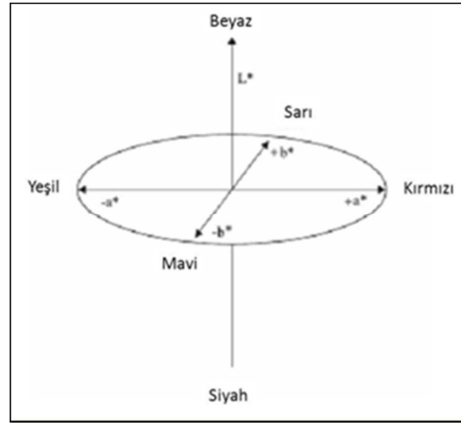
Hue boyutu; merkez eksen çevresinde sıralanmış on renk ile belirtilirken; chroma tekerlek diliminde yer alır. Renkler periferde en safken merkezdeki value eksenine yaklaştıkça soluklaşır. Value, rengin açıklık ve koyuluğunu belirler ve dokuz value değeri, renk ağacındaki dokuz tekerlek ile sembolize edilmektedir (Şekil 2.4.1.1.).



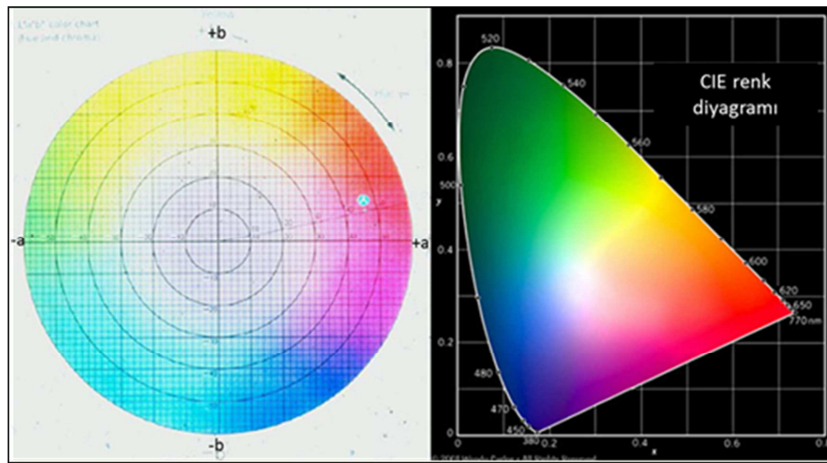
Şekil 2.4.1.1. a) Munsell renk ağacı b) Munsell renk sisteminin üç boyutlu sunumu (Sproull' dan, 2001)

2.4.1.2. CIE (Commission International de l'Eclairage/ International Commission on Illumination) Lab Renk Sistemi

CIE $L^*a^*b^*$; renk algılamasının insan gözündeki üç ayrı renk reseptörüne (kırmızı, yeşil, mavi) bağlı olduğunu kabul eden teoriyi destekler ve günümüzde en popüler renk sistemlerinden biridir. CIE $L^*a^*b^*$ renk sisteminde, bir rengin lokalizasyonu üç koordinatla belirlenir; bunlar L^* , a^* ve b^* değerleridir (Şekil 2.4.1.2.1.). L^* eksenini, rengin açıklık ve koyuluk koordinatlarını belirler. Mükemmel siyah rengin L^* değeri 0, mükemmel beyaz rengin L^* değeri ise 100'dür. a^* eksenini rengin; kırmızılık (pozitif a^*) veya yeşilliğini (negatif a^*), b^* eksenini ise sarılık (pozitif b^*) veya maviliğini (negatif b^*) tanımlamaktadır (Tung ve ark., 2002; Joiner, 2004). Cismin parlaklığını tanımlayan L^* değeri, Munsell sistemindeki value değerine benzerdir. a^* ve b^* değerleri ise chroma koordinatlarını belirler (Güler ve ark., 2005a; Güler ve ark., 2005b) (Şekil 2.4.1.2.2.).



Şekil 2.4.1.2.1. CIE Lab sisteminde rengin üç boyutu (Tung ve ark.' dan, 2002; Joiner' den, 2004)



Şekil 2.4.1.2.2. $a^* b^*$ yoğunluk diyagramı (Anusavice' den, 1996)

Toplam renk farklılığı, ΔE değeridir ve bu değer;

$\Delta E^* = [(L_1^* - L_0^*)^2 + (a_1^* - a_0^*)^2 + (b_1^* - b_0^*)^2]^{1/2}$ formülü ile hesaplanmaktadır. Bu formülde yer alan L_0^* , a_0^* ve b_0^* ilk renk ölçüm değerleri iken L_1^* , a_1^* ve b_1^* ikinci renk ölçüm değerleridir (Powers, 2002; Lou, 2004; Ertan ve Şahin, 2005; Karamouzou ve ark., 2007).

O'Brien (2002c) tarafından yapılan sınıflamada, ΔE değeri olarak 0' in mükemmel, 0,5-1' in çok iyi, 1-2' nin iyi ve 2-3,5' in kabul edilebilir değerler iken, 3,5' den yüksek değerlerin kabul edilemez olduğu belirtilmiştir.

2.4.2. Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Tespit Yöntemleri

Günümüzde diş renginin ölçülmesinde birçok metot kullanılmaktadır. Bunlar porselen veya akrilik rezin tonlarını içeren skalalar kullanılarak görsel subjektif renk ölçümü ve spektrofotometreler, kolorimetreler, imaj analiz teknikleri kullanılarak yapılan objektif renk ölçümüdür (Joiner, 2004; Chu ve ark., 2010).

2.4.2.1. Görsel Renk Ölçümü

Görsel renk analizinde en sık başvurulan yöntem renk skalalarının kullanımınıdır (Dancy ve ark., 2003; Chu ve ark., 2010). Lee ve ark. (2001), renk skalaları ile rezin kompozitlerin renk değerlerini karşılaştırdıkları çalışmada skalaların, kompozitlerdeki beyaz ve translüent renkler için yetersiz sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

1. Ortam koşulları: Aydınlatma tipi, ağız ortamının kuruluğu veya ıslaklığı, metamerizm (farklı ışık yansıtma özelliğine sahip olan cisimlerin herhangi bir aydınlatma koşulunda renk uyumu gösterirken, aydınlatma koşulu değiştiğinde renk uyumu göstermemesi).

2. Skalaya bağlı etkenler: Kıyas yapılacak skalanın güvenilirliği.

3. Kişiye bağlı etkenler: Psikolojik durum, yaş, görme kusurları, göze bağlı renk ayırt etme kusurları (Wee ve ark., 2002).

Ayrıca, renk skalalarında kullanılan porselenler, yapılacak restorasyondaki porselene oranla daha kalındır, bu nedenle dişin tam rengini belirlemek neredeyse imkansız hale gelmektedir (Dancy ve ark., 2003).

Bütün bu zorluklara rağmen insan gözü küçük renk farklılıklarını algılayabilecek kapasitede olsa da, bu farklılıkları derecelendirebilme konusunda yetersiz kalmaktadır (Chu ve ark., 2010).

2.4.2.2. Aletsel Renk Ölçümü

Aletli renk ölçümünde, renk hakkında tutarlı, güvenilir ve matematiksel veriler elde edilir. Bu amaçla kullanılacak malzemeler;

- 1) Kolorimetreler
- 2) Spektroradyometreler
- 3) Spektrofotometreler
- 4) Dijital fotoğraf makineleridir (Lou, 2004; Kim-Pusateri ve ark., 2009; Chu ve ark., 2010).

Renk analizinde kullanılan malzeme ne olursa olsun, avantajları ve sınırlamaları hakkında yeterince bilgi sahibi olunmalıdır.

Kolorimetre

Kolorimetre, ışığın dalga boyu ve yoğunluğuna göre renk ölçümü yapmaktadır (Anusavice ve Brantley, 2003).

Kolorimetreler rengin sayısal olarak değerlendirilebilmesine olanak tanır. Gözdeki algılayıcılarla aynı özellikteki üç renk filtresi yardımıyla yansıyan ışık ışınlarının kırmızı, yeşil ve mavi renk oranlarını çözümlyerek hesaplama yapmaktadır (Knispel, 1991; O'Brien, 2002c; Chu ve ark., 2010). Cisme ulaşan ışık miktarı fotodiyot filtreler ile kontrol edilir, cisimden yansıyan ışık miktarı ise bir sensör yardımıyla tekrar ölçülür (Kim-Pusateri ve ark., 2009).

Kolorimetrelerin kullanımları kolaydır ve spektrofotometre, spektroradyometre gibi cihazlardan daha ucuzdur. Ancak filtrelerin eskimesine bağlı olarak renk ölçümünün tekrarlanabilirliği iyi değildir. Ayrıca metamerizm etkisini ölçmek için kullanılamazlar (Lou, 2004).

Spektroradyometre

Spektroradyometreler rengin radyometrik değerlerin ölçümünde kullanılırlar. Renk ölçümünü, insan gözüne benzer şekilde nesneye temas etmeden yapmaktadırlar. Renk ölçümü için, aydınlatma kaynağı kullanılmaktadır. Ölçüm sonuçlarını gerçek görüş şartlarında gerçekleştirebilmeleri, bu aletlerin olumlu özelliğidir. Ancak ölçüm açısındaki ufak değişikliklerin bile sonuçlarda büyük sapmalara neden olması ve kullanım hassasiyeti bu aletlerin dezavantajlarından (Lou, 2004).

Spektrofotometre

Spektrofotometreler yüzey renginin ölçülmesinde en yaygın kullanılan aletlerdir. Temel çalışma prensibi, rengi ölçülecek nesneden ve standart beyaz zeminden yansıyan ışığı görülebilir spektrumda, 1-25 nm aralıklarla ölçmektir (Lou, 2004; Chu ve ark., 2010).

Spektrofotometreler, uzun dönemde tekrar edilebilen, doğru ve ayrıntılı sonuçlar verebilmelerinden dolayı kalite kontrolünde kullanılmaktadırlar. Ayrıca metamerizm etkisini değerlendirebilirler (Lou, 2004). Spektrofotometreler, kolorimetrelere göre daha uzun ömürlüdürler (Kim-Pusateri ve ark., 2009).

Paul ve arkadaşları (2002), spektrofotometrelerin 0,48 ΔE hata payı ile yüksek derecede tekrarlanabilir sonuçlar verdiğini rapor etmişlerdir. Çalışmada, spektrofotometre ile yapılan ölçüm tekrarlarının %83,3' ü eşleştirilen, üç gözlemci tarafından yapılan ölçümlerde sadece %26,6' lık bir eşleşme saptanmıştır.

Görsel renk analizi ve spektrofotometre ile renk analizinin karşılaştırıldığı çalışmalarda spektrofotometrelerin daha üstün olduğu savunulmaktadır (Da Silva ve ark., 2008; Gehrke ve ark., 2009).

Vita Easy Shade spektrofotometre (Vita Zahnarzt, Almanya) diş hekimliği kliniklerinde diş ve restorasyonların renk seçimi için üretilmiş bir cihazdır. Kablosuz, küçük, taşınabilir, temaslı tipte olan bir spektrofotometredir (Chu ve ark., 2010). Klasik spektrofotometrelerden en önemli farkı renk ölçümlerini CIE L*a*b* değerleri üzerinden ölçmekle kalmayıp, bu değerleri Vita renk skalası değerlerine çevirerek vermesidir (Eroğlu ve ark., 2007).

5 farklı renk belirleme cihazının (ShadeScan, Easyshade, Ikam, IdentaColor II, ShadeEye) karşılaştırmalı olarak incelendiği bir çalışmada, in vivo olarak en yüksek hassasiyet değerleri Easyshade ve Ikam için elde edilmiştir (Dozic ve ark., 2007).

Başka bir çalışmada ise SpectroShade, ShadeVision, VITA Easyshade ve ShadeScan cihazları değerlendirilmiş, VITA Easyshade ile yapılan ölçümlerde %96,4 güvenilirlik ve %92,6 doğruluk oranı olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmanın verilerine göre, değerlendirilen dört farklı renk belirleme cihazı arasında en yüksek güvenilirlik değeri VITA Easyshade için elde edilmiştir (Kim-Pusateri ve ark., 2009).

Dijital kamera

Rengin ölçülmesinde dijital kameraların kullanımı giderek artmaktadır. Bu sistemin en olumlu özelliği, cisim üzerindeki bir nokta veya bölgenin değil, tüm cismin renginin ölçülmesidir. Bu sistemde dişlerin görüntüleri standart şartlar altında dijital fotoğraf makinesi ile elde edilir, sonuçlar bilgisayar programları yardımıyla CIE L*a*b* değerleri cinsinden değerlendirilir. Sistem; dijital fotoğraf makinesi, bilgisayar, görüntüyü alan bir sürücü, bilgisayar programı ve renk sensöründen oluşmaktadır (Lou, 2004).

3. MATERYAL METOT

3.1. ÇALIŞMADA KULLANILAN MATERYALLER

Çalışmamızda kullanılan materyaller Tablo 3.1.' de listelenmektedir.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan porselen materyalleri, glaze tozları, glaze likitleri, polisaj kiti

Materyal	Marka	Lot Numarası	Üretici Firma
Alt yapısı ısı-basınç altında döküm yöntemi ile üretilen porselen	IPS e.max Ceram	M71573	Ivoclar, Schaan, İsviçre
Porselen altyapı ile kullanılan düşük ısı porseleni	VitaVM9	19390	Vita Zahnfabrik, Sackingen, Almanya
Kıymetli metal alt yapı ile kullanılan düşük ısı porseleni	VitaVM13	12030	Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya
Kıymetsiz metal altyapı ile kullanılan feldspatik porselen	VMK 95	7469	Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya
Glaze tozu	Vita Akzent	18090	Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya
Glaze likiti	Vita Akzent	24750	Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya
Glaze tozu	Ivoclar	N31510	Ivoclar, Schaan, İsviçre
Glaze likiti	Ivoclar	N31726	Ivoclar, Schaan, İsviçre
Polisaj kiti	Edenta Ceragloss Kit	X08.001	Edenta, Pflingst, New Jersey, Amerika

3.1.1. Porselen materyalleri

IPS e.maxCeram

IPS e.max Press ve IPS e.max CAD alt yapı porselenleri ile kullanılan veneer porselenidir (Şekil 3.1.1.).

IPS e.maxCeram' ın kimyasal yapısı %50–60 SiO₂-ZrO; %6-11 Na₂O; %4-8 K₂O; %16-22 Al₂O₃; %2-6 CaO-P₂O₅-F şeklinde olan (Guess ve ark., 2008), cam matris içinde ağırlık olarak %19-23 oranında floroapatit (Ca(PO₄)₃F) bulunduran üstyapı

materyalidir (Höland ve ark., 2003). Floropatit kristalleri 0,1-0,3 µm ve 1-2 µm boyutlarındadır (www.ivoclarvivadent.com., 2011a).

Isısal genişleme katsayısı $9,8\pm 0,25\times 10^{-6}\text{xK}^{-1}$, bükülme dayanıklılığı 90 ± 10 MPa, elastik modülüsü 65 ± 10 GPa'dır (Guess ve ark., 2008). Daha dirençli kor veya metal alt yapı üzerinde kullanılırlar. $490\pm 10^\circ\text{C}$ cam transisyon ısısına (Tg) sahiptir (www.ivoclarvivadent.com., 2011a).

VitaVM9

Isısal genişleme katsayısı $10,5\times 10^{-6}\text{xK}^{-1}$ olan zirkonyum oksit porselenler ile kullanılan feldspatik üstyapı porselenidir (Şekil 3.1.1.).

Kimyasal içeriği %60–64 SiO₂; %13-15 Al₂O₃; %7-10 K₂O; %4-6 Na₂O; %3-5 B₂O olan Vita VM 9' un (Guess ve ark., 2008) bükülme dayanıklılığı 100 MPa, elastik modülü 65 GPa'dır. $9\pm 0,2\times 10^{-6}\text{x K}^{-1}$ ısısal genişleme katsayısına sahiptir (Guess ve ark., 2008). Ortalama partikül büyüklüğü 18 µm' dir, böylelikle hem pürüzsüz yüzey elde edilir hem de mineye aşındırıcı etkisi azalır (www.vident.com, 2011a).

VitaVM13

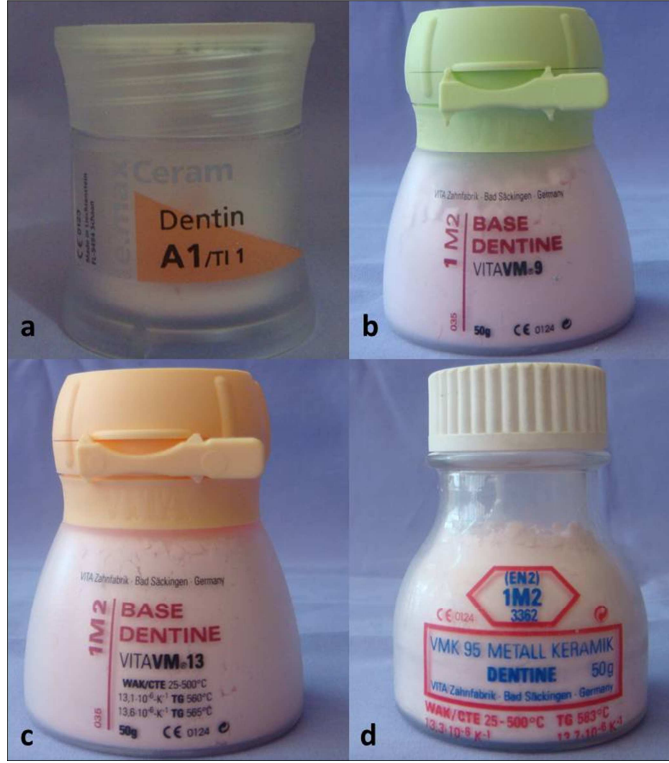
Isısal genişleme katsayısı $13,8-15,2\times 10^{-6}\text{xK}^{-1}$ olan metal alaşımları (yüksek altın içerikli, düşük altın içerikli, palladyum esaslı ve kıymetli olmayan alaşımlar) ile birlikte kullanılabilen üstyapı porselenidir (Şekil 3.1.1.), (www.vident.com, 2011b).

%59-63 SiO₂, %13-16 Al₂O₃, %9-11 K₂O ve % 4-6 Na₂O içerir. Bükülme dayanıklılığı 121 MPa, elastik modülü 63 GPa'dır. $13,1-13,6\times 10^{-6}\text{xK}^{-1}$ ısısal genişleme katsayısına sahiptir (Guess ve ark., 2008).

VitaVMK 95

Metal destekli veneer kron ve köprülerde, inley, onley ve jaket kronlarda kullanılan feldspatik porselendir (Şekil 3.1.1.).

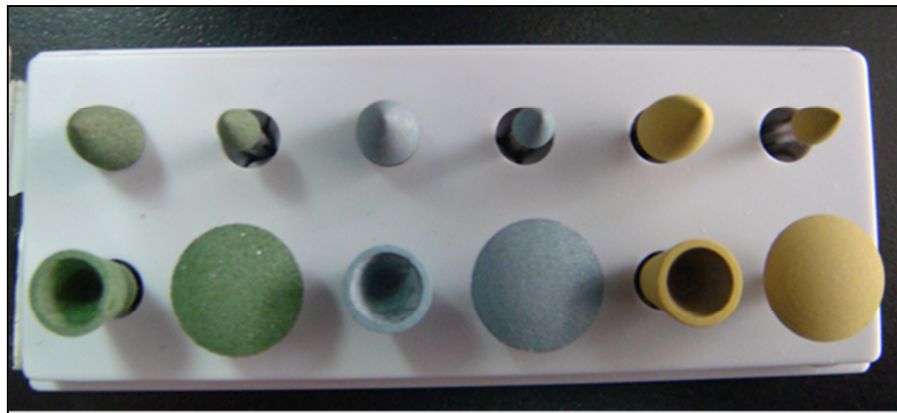
%19,3 lösit, %69 SiO₂, %8 Al₂O₃, %8-10 K₂O ve Na₂O içerirler. Lössit partikülleri 18 µm boyutundadır. Vickers sertliği 470 MPa, elastisite modülü 91 GPa, bükülme dayanıklılığı 85 MPa'dır. Bu yüzden ancak daha dirençli kor veya metal alt yapı üzerinde kullanılırlar. $13,5-13,8\times 10^{-6}\text{xK}^{-1}$ ısısal genişleme katsayısına sahiptir. Camsı geçiş ısısı 583°C ' dir(www.vident.com, 2011c).



Şekil 3.1.1. Çalışmamızda kullanılan üstyapı porselenleri a) IPS e.maxCeram b) Vita VM 9 c) Vita VM 13 d) Vita VMK 95

3.1.2. Polisaj Kiti

Tüm porselen tipleri için uygun, üç aşamalı polisaj kitidir. Polisaj lastikleri elmas içeriklidir. Uyumlamayı takiben ikinci bir glaze fırınlaması gerektirmez. Yeşil (bitirme), mavi (polisaj) ve sarı (yüksek hassasiyette polisaj) olmak üzere 3 farklı renkte polisaj lastiği içerir. Farklı bölgelere ulaşılabilirliğin sağlanması için 4 farklı formda (tersine konik, lobut, büyük lobut, disk) polisaj lastiği içermektedir (Şekil 3.1.2.).



Şekil 3.1.2. Üç aşamalı porselen polisaj kiti

3.1.3. Glaze Tozları ve Likitleri

VitaAkzent 25 Glaze Tozu ve Likidi

Çalışmamızda değerlendirilen Vita VMK 95, Vita VM 9, Vita VM 13 üstyapı porselenleri için kullanıma uygundur (Şekil 3.1.3.). Likiti 5-pentan-1,5-diol; tozu $K_2OAl_2O_26SiO_2$ içermektedir (www.vident.com., 2011d; www.vident.com., 2011e).

IvoclarGlaze Tozu ve Likidi

Çalışmamızda değerlendirilen IPS e.maxCeram porseleni için kullanıma uygundur (Şekil 3.1.3.). Tozu SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , CeO_2 , Na_2O , K_2O , B_2O_3 , ZnO , F , Li_2O , ZrO_2 , SrO , TiO_2 içerir. Likidi ise pentandioldür (www.ivoclarvivadent.com., 2011b; www.ivoclarvivadent.com., 2011c).

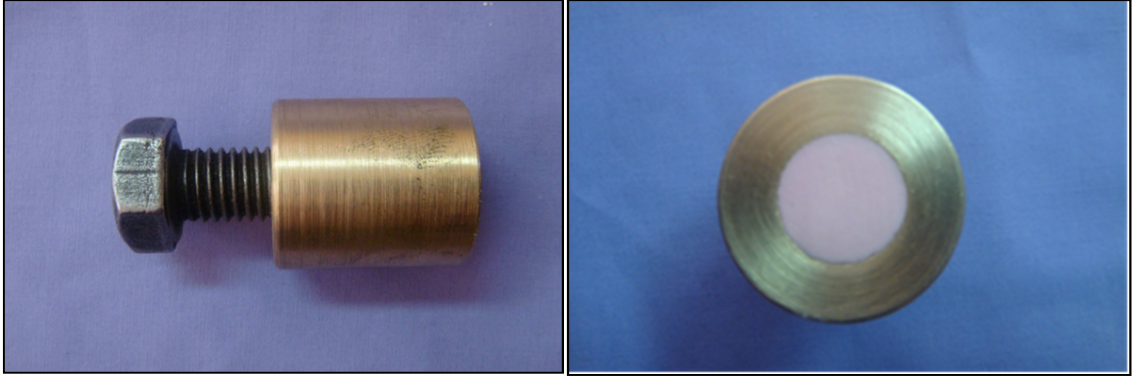


Şekil 3.1.3. Kullanılan glaze tozları ve likitleri a) VitaAkzent b) Ivoclar

3.2. ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

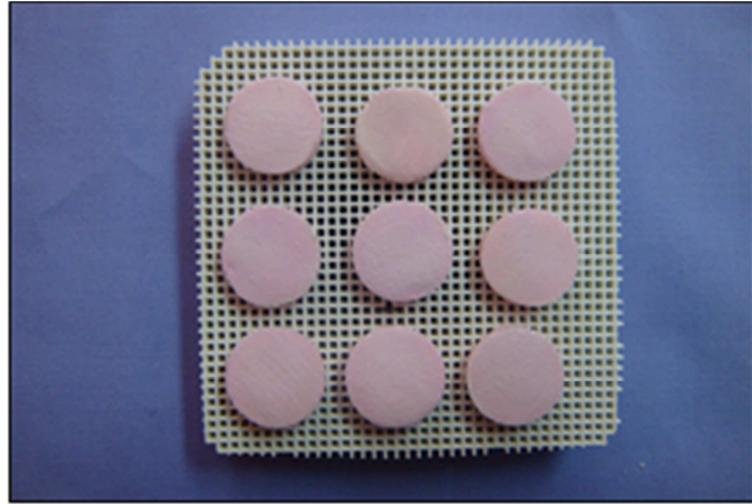
Çalışmamızda kullanılan 4 porselen materyalinin her biri için 33' er tane olmak üzere toplam 132 örnek hazırlandı.

Porselen materyallerinden disk şeklinde (2x11 mm) örnekler hazırlamak için Şekil 3.2.1.' de görülen 13 mm çapında, derinlik miktarı vida ile ayarlanabilen pirinç kalıp kullanıldı. Üreticinin önerilerine uygun toz/likit oranı kullanılıp hazırlanan porselen hamuru kalıp içine yerleştirildikten sonra, yüzeydeki fazla likit, emici kağıt (Selpak; Eczacıbaşı Grup, Kocaeli, Türkiye) kullanılarak uzaklaştırıldı (Sarac ve ark., 2006). Porselende porozite oluşmasını önlemek amacıyla vibrasyon yöntemi kullanıldı.



Şekil 3.2.1. Örneklerin hazırlanmasında kullanılan pirinç kalıp

Kalıp içerisinde hazırlanan porselen hamuru, vidalı düzenek yardımıyla, zarar görmeden taşıyıcı üzerine yerleştirildi (Şekil 3.2.2.). Tüm örnekler geleneksel porselen fırınına (IvoclarProgramat P90; VITA Zahnfabrik) yerleştirilerek, üreticinin önerilerine göre sinterlendi (Şekil 3.2.3.).



Şekil 3.2.2.Taşıyıcı üzerine yerleştirilen porselen hamuru

Örneklerin soğumasını takiben, 10000 rpm hızda mikromotor kullanılarak (NBBW-E; NSK Nakanishi Inc, Kanuma, Japonya) su soğutması altında düz uçlu elmas laboratuvar frezi (Brasseler, Savannah, Amerika Birleşik Devletleri) ile yüzey düzensizlikleri kaldırıldı. Dijital kumpas kullanılarak örneklerin kalınlıkları ölçüldü ve tüm örneklerin 2 mm kalınlıkta olması sağlandı (Şekil 3.2.4.). Uygulanacak yüzey bitirme işlemlerinden önce standardizasyon sağlamak için örnekler, zımpara makinesinde (Phoenix Beta, Buehler, Amerika Birleşik Devletleri) 300 rpm sabit devirde, sırasıyla 320, 400, 600 ve 1200 grid' lik silikon karbid zımparalarla su

soğutmalı olarak 20' şer sn süreyle zımparalandı (Oh ve ark., 2002). Örnekler 10 dk ultrasonik temizleyicide (EuroSonicEnergy, Euronda, İtalya) temizlendi (Scurria ve Powers, 1994).

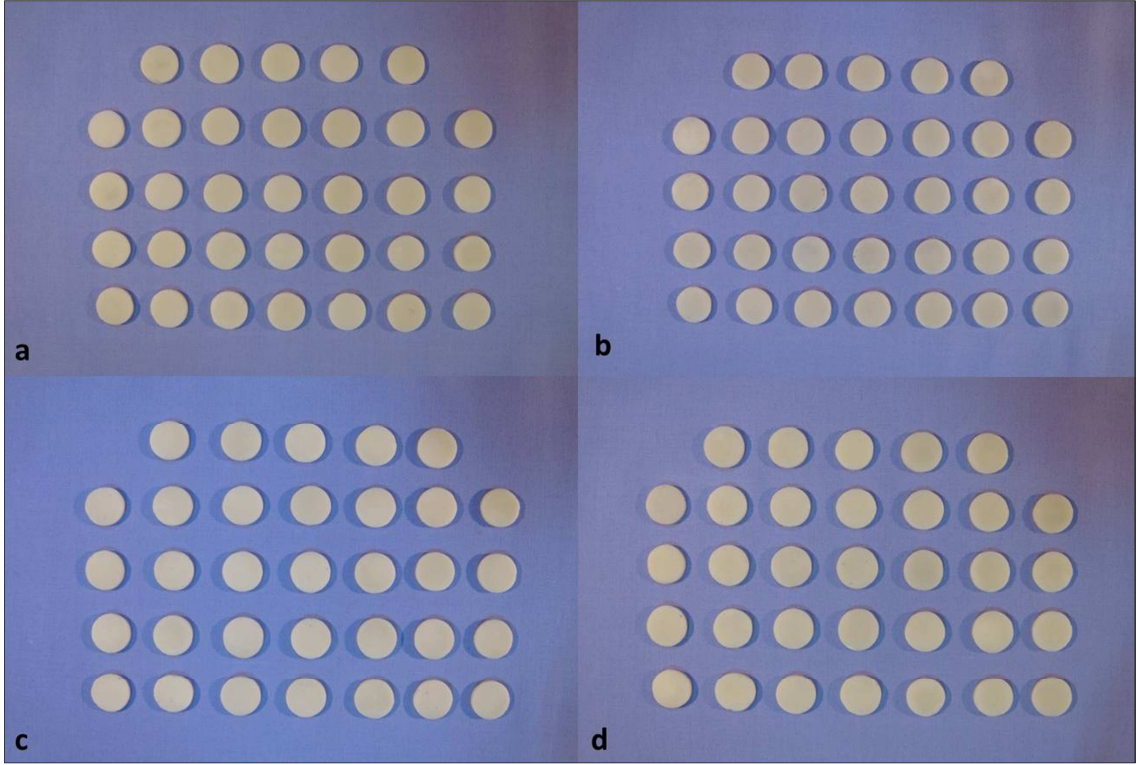


Şekil 3.2.3. Geleneksel porselen fırınına yerleştirilerek üretici talimatlarına göre sinterlenen örnekler

Çalışmada kullanılacak her porselen materyali için hazırlanan 33 örnek Şekil 3.2.5.' de görülmektedir. Tüm örneklerin ilk yüzey pürüzlülükleri profilometre (Perthometer M2, MahrGmbH, Almanya) ile sayısal olarak belirlendi ve Ra_0 değerleri olarak kaydedildi.



Şekil 3.2.4. Dijital kumpasla örnek kalınlığı ölçümü



Şekil 3.2.5. 4 farklı porselen materyalinden hazırlanmış örnekler **a)** Vita VMK 95 **b)** Vita VM 9
c) Vita VM 13 **d)** IPS e.maxCeram

3.3. UYGULANAN YÜZEY İŞLEMLERİ

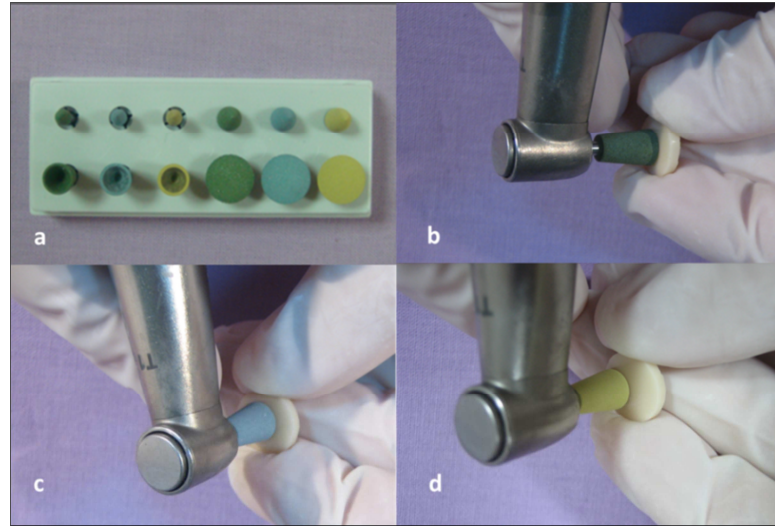
4 porselen materyali için hazırlanan 33' er örnek, uygulanacak yüzey işlemine bağlı olarak 3 alt gruba ayrıldı. Her porselen materyali için yüzey işlemi uygulanan örneklerden 1' er tanesi SEM incelemesi için ayrıldı. Çalışma grupları Tablo 3.3.' de listelenmiştir.

Tablo 3.3. Dört farklı porselen materyaline, üç farklı yüzey işlemi uygulamasına ait gruplar

Materyal	Yüzey İşlemi	Grup kodu	n
VitaVMK 95	Polisaj	V95P	10
	Geleneksel fırında glaze	V95GG	10
	Mikrodalga ile glaze	V95MG	10
Vita VM9	Polisaj	V9P	10
	Geleneksel fırında glaze	V9GG	10
	Mikrodalga ile glaze	V9MG	10
Vita VM13	Polisaj	V13P	10
	Geleneksel fırında glaze	V13GG	10
	Mikrodalga ile glaze	V13MG	10
IPS e.maxCeram	Polisaj	IP	10
	Geleneksel fırında glaze	IGG	10
	Mikrodalga ile glaze	IMG	10

3.3.1. Polisaj İşleminin Uygulanması

V95P, V9P, V13P ve IP grupları için, örneklere üretici firmanın önerileri doğrultusunda, mikromotor kullanılarak 12000 rpm sabit hızda 90 sn süreyle yeşil CeraGloss “finishing”, mavi CeraGloss “polishing” ve sarı CeraGloss “high-lustrepolishing” lastikleri uygulandı (Şekil 3.3.1.1.). 12000 rpm hızın sabit olarak ayarlanabilmesi için Technobox (BienAir SA, Bienne, İsviçre) kullanıldı (Şekil 3.3.1.2.).

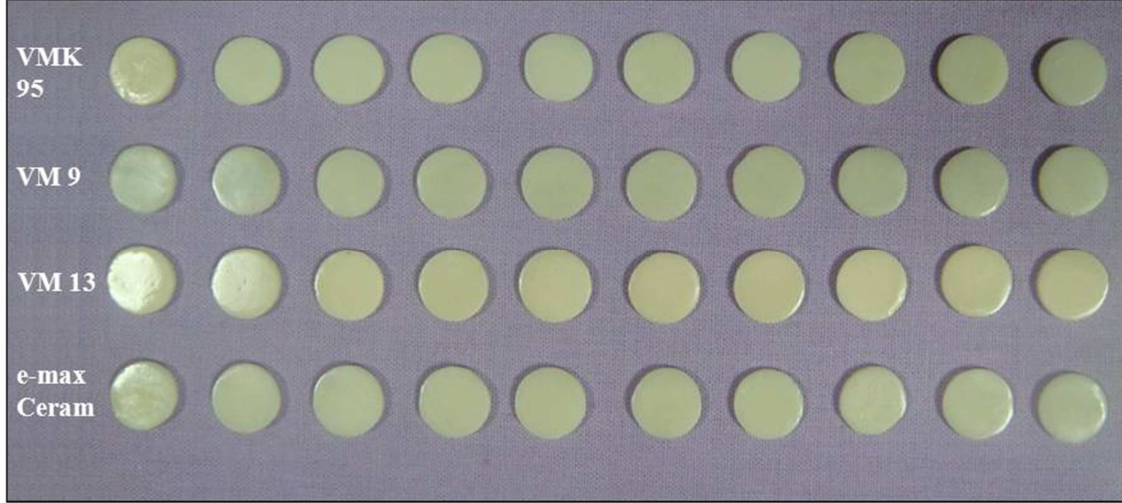


Şekil 3.3.1.1. a) Yeşil, mavi ve sarı olmak üzere üç farklı renkte lastikten oluşan EdentaCeraGloss porselen polisaj seti b) Yeşil CeraGloss “finishing” c) Mavi CeraGloss “polishing” d) Sarı CeraGloss “high-lustrepolishing” lastiklerin uygulanması



Şekil 3.3.1.2. 12000 rpm ayarlanmış Technobox

VitaVMK 95, VitaVM9, Vita V13 ve IPS e.maxCeram porselenleri için hazırlanan örnekler Şekil 3.3.1.3.'de görülmektedir.



Şekil 3.3.1.3. VitaVMK 95, VitaVM9, VitaV13 ve IPS e.maxCeram porselenleri için hazırlanan örnekler

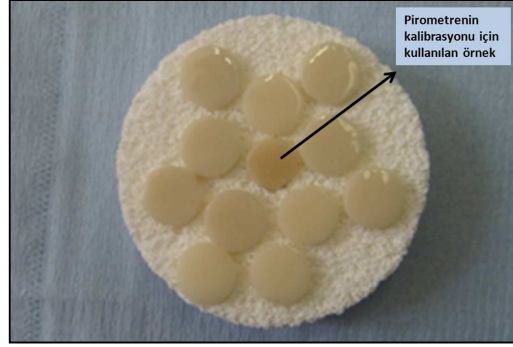
3.3.2. Mikrodalga ile Glaze İşleminin Uygulanması

Vita VMK 95, Vita VM 9, Vita VM 13 örnekler için Vita Akzent (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya); IPS e.maxCeram örnekler için Ivoclar (Ivoclar, Schaan, İsviçre) glaze tozu ve likidi ince bir cam üzerinde karıştırıldı, örnek yüzeylerine tek bir uygulayıcı tarafından, homojen bir kıvamda ve çok kalın olmamasına dikkat edilerek sürüldü (Şekil 3.3.2.1.).

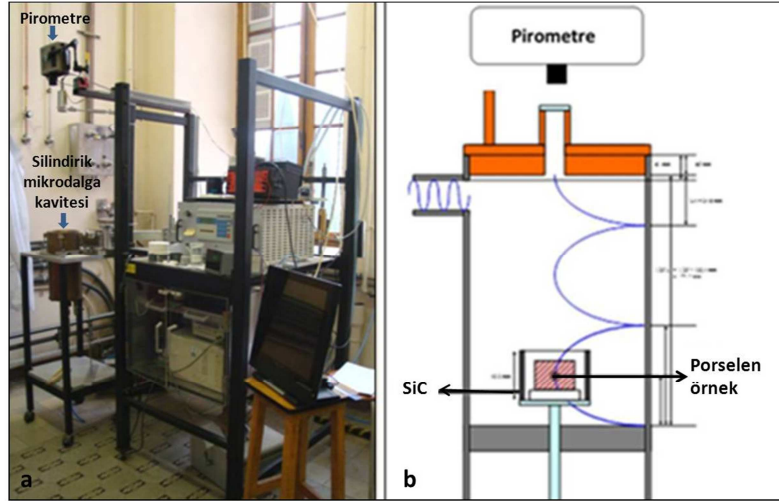
Örneklerin mikrodalga ile glaze işlemi için Belçika Leuven Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Araştırma Laboratuvarı' nda bulunan mikrodalga fırın (Ceralab II, MEAC, Leuven, Belçika) (Şekil 3.3.2.2.) kullanıldı. Tüm örnekler, özel bir tabla üzerinde mikrodalga fırınına yerleştirildi (Şekil 3.3.2.3.).

Çalışmamızda kullanılan mikrodalga fırınında, fırın içindeki ısının ölçümü, pirometre yardımıyla yapılmaktadır. Pirometre, mikrodalga fırının dışına yerleştirilmekte, cam bölme aracılığı ile fırının içinde bulunan tabla üzerine yerleştirilen en ortadaki porselen örneğin renk değişimini ölçerek ısı değişimini hesaplamaktadır (Şekil 3.3.2.2.). Çalışmamızda glaze işleminden önce, pirometrenin kalibrasyonu Şekil 3.3.2.1.'de görülen tablanın en ortasındaki örnek kullanılarak yapıldı. Pirometre, bu örnek esas alınarak kalibre edildiğinden dolayı tüm porselen gruplarının glaze işlemi esnasında tablanın en ortasına bu örnek yerleştirildi. Pirometre bu örnekteki renk

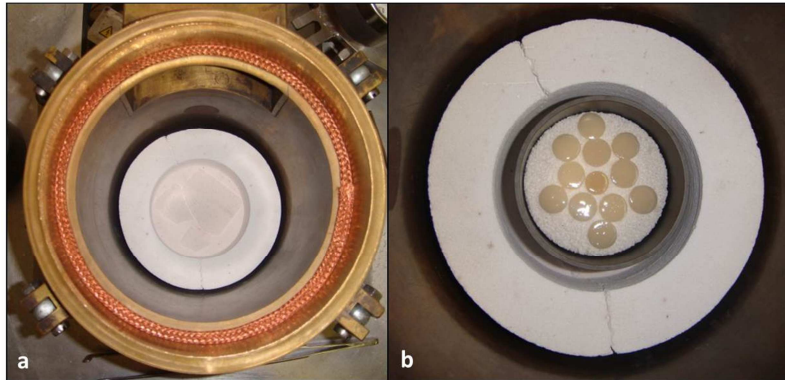
değişimini ölçerek, fırının iç ısını hesapladı. Glaze işlemi, firmanın önerdiği fırınlama sıcaklıklarında gerçekleştirildi (Tablo 3.3.2.). Örneklerin bir yüzeylerine, sadece bir defa glaze işlemi uygulandı. Mikrodalga ile glaze uygulanan örneklerin tümü Şekil 3.3.2.4.' de görülmektedir.



Şekil 3.3.2.1. Örnek yüzeylerine sürülmüş glaze tabakası



Şekil 3.3.2.2. a) Çalışmamızda kullanılan mikrodalga fırın düzeneği b) Pirometre ve kalibrasyon için kullanılan örneğin şematik gösterimi



Şekil 3.3.2.3. a) Mikrodalga kavitesi b) Kaviteye örnekler ve SiC yerleştirildikten sonra



Şekil 3.3.2.4. Mikrodalga ile glaze uygulanan VMK 95, VM9, VM13, IPS e.maxCeram örnekler

Tablo 3.3.2. VitaVMK 95, VitaVM9, VitaVM13 ve IPS e.maxCeram örneklerin glaze fırınlanması sıcaklıkları

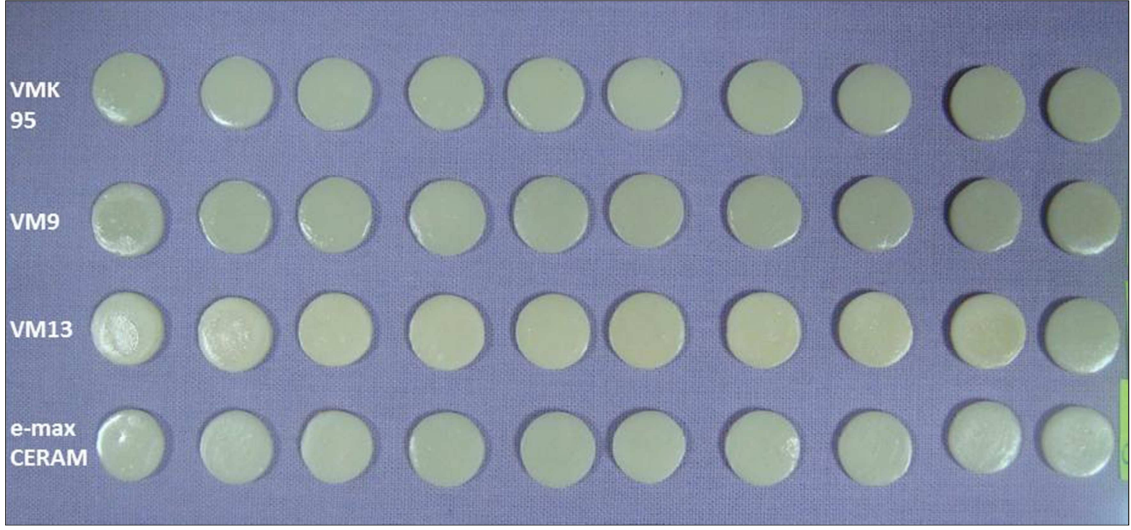
Porselen materyali	Başlangıç sıcaklığı	Sıcaklık artışı	Son sıcaklık	Sonuç sıcaklıkta bekleme	Vakum
VitaVMK 95	600 ⁰ C- 4 dk	75 ⁰ C/dk	900 ⁰ C	1 dk	–
Vita VM9	500 ⁰ C- 4 dk	80 ⁰ C/dk	900 ⁰ C	1 dk	–
Vita VM13	500 ⁰ C- 4 dk	80 ⁰ C/dk	880 ⁰ C	1 dk	–
IPS e.maxCeram	403 ⁰ C - 6 dk	60 ⁰ C/dk	725 ⁰ C	1 dk	–

3.3.3. Geleneksel Porselen Fırınında Glaze İşleminin Uygulanması

Vita VMK 95, Vita VM 9, Vita VM 13 örnekler için Vita Akzent; IPS e.maxCeram örnekler için Ivoclar glaze tozu ve likidi ince bir cam levha üzerinde karıştırıldı, örnek yüzeylerine tek bir uygulayıcı tarafından, homojen bir kıvamda ve çok kalın olmamasına dikkat edilerek sürüldü.

Tüm örnekler, özel bir tabla üzerinde geleneksel porselen fırınına (IvoclarProgramat P90; VITA Zahnfabrik) yerleştirildi. Glaze işlemi, firmanın önerdiği fırınlama sıcaklıklarında gerçekleştirildi (Tablo 3.3.3.). Örneklerin bir yüzeylerine, sadece bir defa glaze işlemi uygulandı.

Geleneksel fırında glaze işlemi uygulanan örneklerin tümü Şekil 3.3.3.' de görülmektedir.



Şekil 3.3.3. Geleneksel porselen fırınında glaze uygulanan VMK 95, VM9, VM13, IPS e.maxCeram örnekler

Tablo 3.3.3. Vita VMK 95, Vita VM9, Vita VM13 ve IPS e.maxCeram örneklerin glaze fırınlaması sıcaklıkları

Porselen materyali	Başlangıç sıcaklığı	Sıcaklık artışı	Son sıcaklık	Sonuç sıcaklıkta bekleme	Vakum
VitaVMK 95	600 ⁰ C- 4 dk	75 ⁰ C/dk	900 ⁰ C	1 dk	-
Vita VM9	500 ⁰ C- 4 dk	80 ⁰ C/dk	900 ⁰ C	1 dk	-
Vita VM13	500 ⁰ C- 4 dk	80 ⁰ C/dk	880 ⁰ C	1 dk	-
IPS e.maxCeram	403 ⁰ C - 6 dk	60 ⁰ C/dk	725 ⁰ C	1 dk	-

3.4. PROFİLOMETRE İLE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ANALİZİ

Çalışmamızda, yüzey pürüzlülüğü değerlendirmesinde, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Laboratuvarı' nda bulunan Perthometer M2 profilometre cihazı kullanıldı (Şekil 3.4.1.).

150 µm' e kadar ölçüm limiti, 1'den 5' e kadar seçilebilir örnekleme uzunluğu 0,25 mm, 0,8 mm, 2,5 mm seçilebilir cut-off aralığı; Ra, Rz, Rt, Rp, Rpm gibi DIN/ISO/REP standartlarına uygun ölçüm parametreleri; 5,6 mm, 1,75 mm ve 17,5 mm olmak üzere DIN EN ISO 4288 /ASME B461 standartlarına uygun ölçüm aralıkları; seçilen ölçüm aralığına göre otomatik olarak profil tanımlaması; 100 µm ölçüm menzilli ve NHT-6 tarayıcı uca sahip olması cihazın bazı önemli teknik özellikleridir.



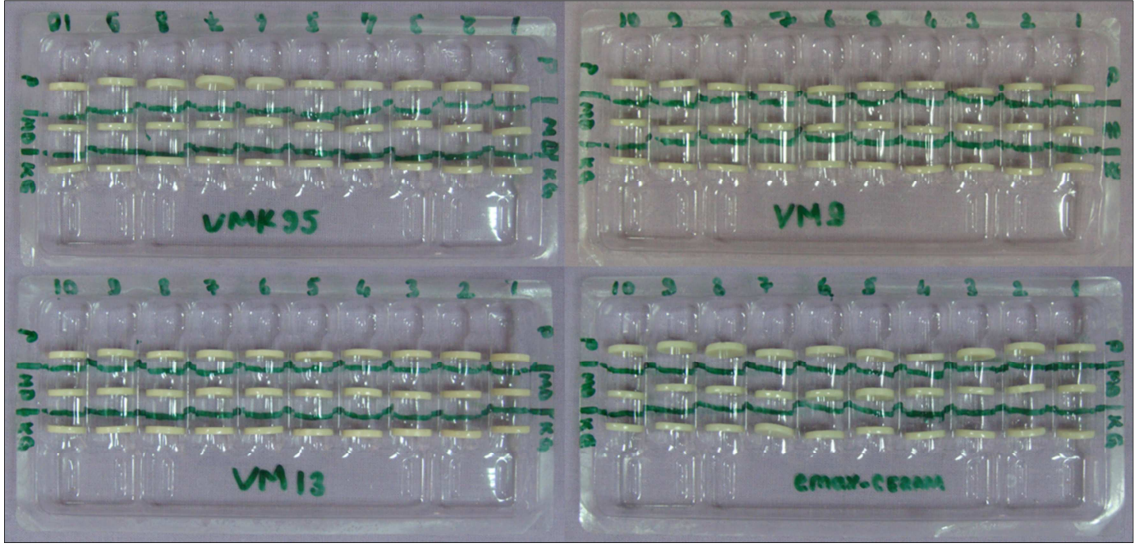
Şekil 3.4.1. Perthometer M2 profilometre cihazı

Cihaz kalibre edildikten sonra “cut-off” değeri 0,25 mm olarak ayarlanmıştır (Fuzzi ve ark., 1996).

Ölçme ucu olarak NHT-6 tarayıcı iğne kullanıldı. Tarayıcı uç, yaklaşık 0,7 mN ölçme kuvvetine sahip ve EN ISO 3274 standardına uygundur.

Ölçüm esnasında poliasetatdan hazırlanan kalıp kullanıldı. Kalıp, profilometrenin zeminine sabitlendi. Örnekler, kalıpta hazırlanan yuva içine yerleştirildikten sonra yüzey ölçümleri yapıldı ve Ra_1 değerleri olarak kaydedildi.

Profilometre ile yüzey pürüzlülüğü belirlenen örnekler, renk değişimi analizinde aynı sıra ile ölçüm yapabilmek amacıyla, ölçüm sırasına göre kutulara yerleştirildi (Şekil 3.4.2.).



Şekil 3.4.2. Profilometrik ölçüm sırasına göre kutulara yerleştirilen örnekler

3.5. RENK DEĞİŞİMİNİN BELİRLENMESİ

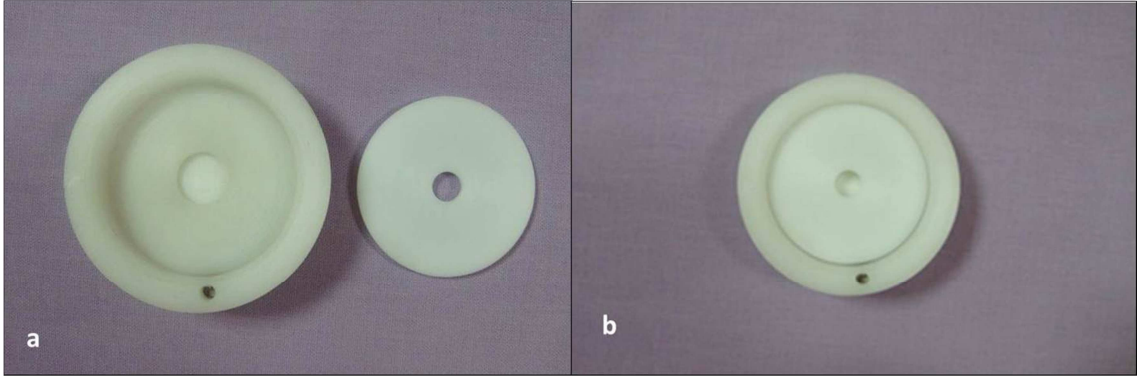
3.5.1. İlk Renk Ölçümü

Örnekler, renklenme için kullanılacak kahve solüsyonunda bekletilmeden önceki ilk renk ölçümleri, klinikte kullanılabilen bir spektrofotometre olan Vita Easyshade (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) ile yapılmıştır (Şekil 3.5.1.1.).

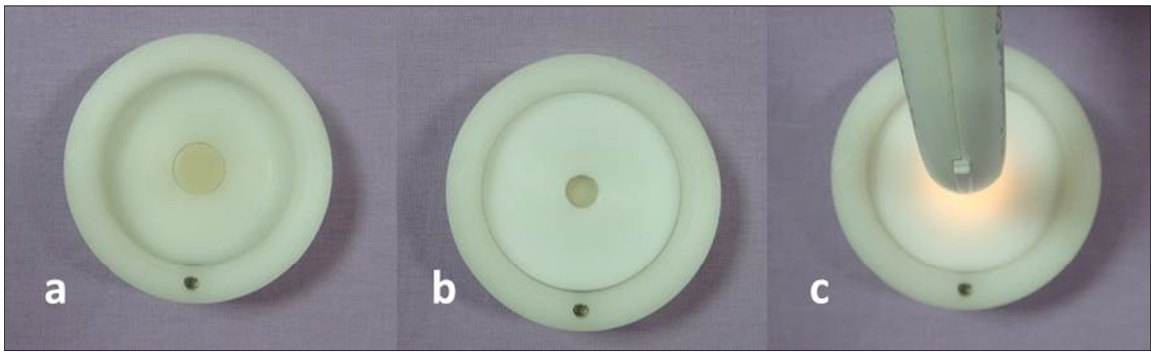
Ölçümler için merkezinde 11 mm çapta, 2mm kalınlıkta boşluk bulunan poliasetat kalıp hazırlandı. Kalıbın üzerine merkezi, 11 mm' lik boşluğun merkezi ile çakışacak şekilde, 6,5 mm çapta boşluk içeren 4 mm kalınlıkta poliasetat disk hazırlandı (Şekil 3.5.1.2.). Böylelikle, her örnek için renk ölçümlerinin merkezden yapılması sağlandı (Şekil 3.5.1.3.). Ölçümler, CIE Lab renk sisteminde standart beyaz arka plan kullanılarak yapıldı. Ölçümler her örnek için üç kez tekrarlanarak, ortalamaları L_0^* , a_0^* ve b_0^* değerleri olarak kaydedildi (Güler ve ark., 2005a; Güler ve ark., 2005b).



Şekil 3.5.1.1. Renk ölçümlerinde kullanılan spektrofotometre cihazı



Şekil 3.5.1.2. a) Merkezinde 11 mm çapta, 2mm kalınlıkta boşluk bulunan poliasetat kalıp ve 6,5 mm çapta boşluk içeren 4 mm kalınlıkta poliasetat disk b) Poliasetat disk, kalıbın içine yerleştirilmiş



Şekil 3.5.1.3. a) Poliasetat kalıba yerleştirilen örnek b) Poliasetat disk yerleştirildikten sonra c) Poliasetat diskteki boşluğun merkezine spektrofotometre ucunun yerleştirilerek renk ölçümü yapılması

3.5.2. Kahve Solüsyonunun Hazırlanması ve Örneklerin Kahvede Bekletilmesi

Çalışmamızda; 7,2 g çözünebilir hazır kahve (Nescafe Classic, Nestle, İsviçre) için 600ml kaynamış distile su üreticinin önerisi doğrultusunda hazırlanıp 10 dk karıştırıldıktan sonra filtre kâğıdı ile filtre edildi (Güler ve ark., 2005a, 2005b; Ertaş ve ark., 2006; Güler ve ark., 2009) ve kapları ile birlikte örnekler, içlerinde kahve bulunan metal küvetlere yerleştirildi (Şekil 3.5.2.1.). Metal küvetler, etüv cihazında (EN025, Nüve A. Ş., Türkiye) 7 gün, 37°C' de bekletildi (Şekil 3.5.2.2.). Metal küvetlerin içinde bulunan kahve solüsyonu 2 günde bir yenilendi. Bu sürenin sonunda örnekler, içinde buldukları kahve solüsyonundan alınarak akan su altında yumuşak uçlu fırça ile 1 dk yıkandı ve kurutma kağıdı ile kurulandı (Samra ve ark., 2008).



Şekil 3.5.2.1. Kapları ile birlikte, içlerinde kahve bulunan metal küvetlere yerleştirilen porselen örnekler



Şekil 3.5.2.2. Örneklerin kahve solüsyonunda 37°C' de bekletilmesinde kullanılan etüv cihazı

3.5.3. Örneklerin Son Renk Ölçümü ve Renk Değişimlerinin Belirlenmesi

Örneklerin sonuç renkleri, ilk renk ölçümü için tanımlanan şekilde ölçüldü. Ölçümler her örnek için üç kez tekrarlanarak, ortalamaları L_1^* , a_1^* ve b_1^* değerleri olarak kaydedildi (Güler ve ark., 2005a, 2005b).

Örneklerin kahvede bekletilmesi sonrasında oluşan renk değişimi $\Delta E^* = [(L_1^* - L_0^*)^2 + (a_1^* - a_0^*)^2 + (b_1^* - b_0^*)^2]^{1/2}$ formülü ile hesaplandı (Lou, 2004; Ertan ve Şahin, 2005; Karamouzou ve ark., 2007).

3.6 TEMAS AÇISI ÖLÇÜMLERİ

Çalışmamızda 1200 grid zımpara uygulaması sonrasında, en düşük R_{a0} değerine sahip olan porselen materyali için mikrodalga ve geleneksel porselen fırınında glaze yapılan örneklerin temas açıları ölçüldü. Temas açılarının ölçümleri Tübitak Marmara Araştırma Merkezi (MAM) bünyesinde bulunan temas açısı tayin cihazı (DropShape Analyzer DSA100, KRUSS GmbH, Hamburg, Almanya) kullanılarak sessile-drop tekniği ile yapıldı. Temas açısının ölçümünden önce 16 örnek asetonla temizlenip kurutuldu. Ölçümler için örnek üzerine 0,2 µl saf su damlatılarak sağ ve sol temas açıları ölçüldü (Buegers ve ark., 2009).

3.7. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU GÖRÜNTÜLERİ

Her porselen materyali için uygulanan yüzey işlemleri sonrasında ayrılan birer örneğin yüzey morfolojilerinin x2500 büyütmede mikroskopik görüntüsü Tübitak Marmara Araştırma Merkezi (MAM) bünyesinde bulunan JEOL/JSM-6335F taramalı elektron mikroskobu (Jeol Ltd., Tokyo, Japonya) kullanılarak kaydedildi.

3.8. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Dört farklı porselen materyalinin Ra_0 ve Ra_1 değerlerinin normal dağılıma uygunlukları Shapiro-Wilk testi ile araştırıldığında, \log_{10} dönüşümü yapıldıktan sonra normal dağılıma uygun olduğu görüldü. Ortalamaların çoklu karşılaştırılmasında Tukey HSD testi kullanıldı.

Farklı yüzey işlemleri uygulanan porselen materyalleri için 7 gün kahvede bekletme sonrasında hesaplanan ΔE değerlerinin Shapiro-Wilk testi ile normal dağılıma uygunluğu araştırıldığında, normal dağılıma uygun olduğu görüldü. Ortalamaların çoklu karşılaştırılmasında Tukey HSD testi kullanıldı.

Yüzey pürüzlülüğü ile renk değişimi arasındaki ilişki regresyon analizi ile incelendi.

4. BULGULAR

4.1. PORSELEN MATERYALLERİNİN İLK YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİ

Vita VMK 95, Vita VM9, Vita VM13 ve IPS e.maxCeram porselen materyalleri için, yüzey pürüzlülüğü ortalamaları (Ra_0), standart sapmaları (SS) ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.1.' de verilmektedir.

Tablo 4.1. Tukey HST testi sonuçlarına göre 4 farklı porselen materyalinin Ra_0 , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

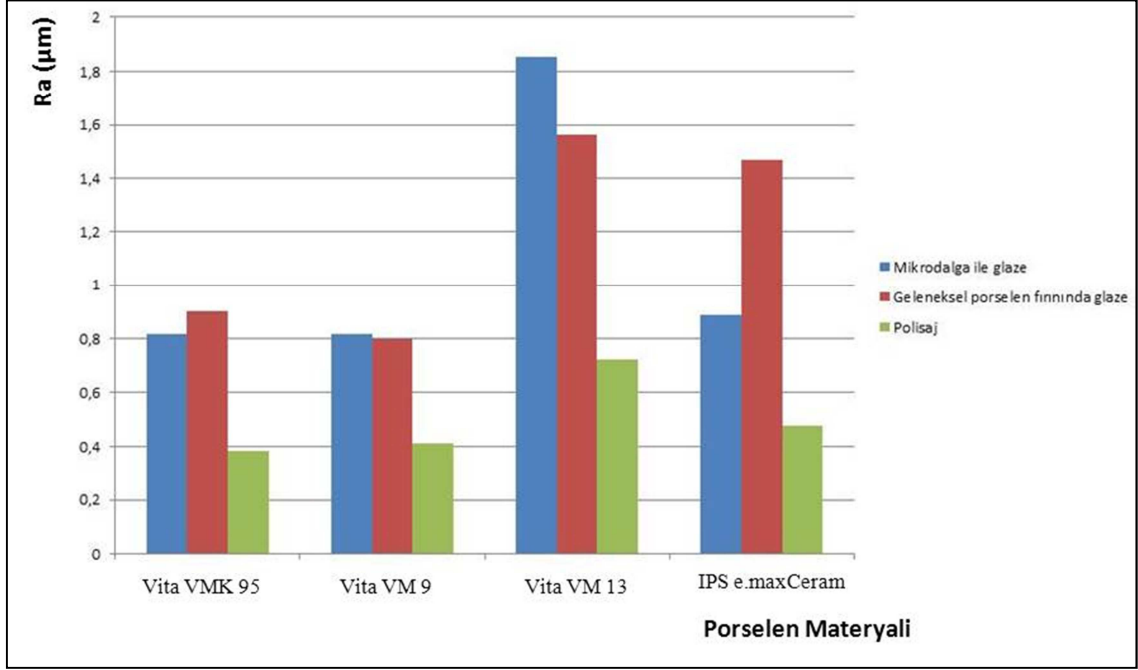
Porselen	Ra_0 (SS)	Farklılık
Vita VMK 95	0,35 (0,38)	a
Vita VM 9	0,32 (0,12)	a
Vita VM 13	1,03 (0,36)	b
IPS e.maxCeram	0,41 (0,32)	a

*Aynı harflerle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$)

En düşük Ra_0 değerleri sırasıyla Vita VM 9 ($0,32\pm 0,12$) ve Vita VMK 95 ($0,35\pm 0,38$) ve IPS e.maxCeram ($0,41\pm 0,32$) porselenleri için tespit edilmiş olup, bu porselenler arasında yüzey pürüzlülüğü açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). En yüksek Ra_0 değeri ise Vita VM 13 porseleni için tespit edilmiş olup, diğer üç porselen materyali ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p<0,05$).

4.2. GRUPLARIN SONUÇ YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Farklı yüzey bitirme işlemleri uygulanan Vita VMK 95, Vita VM9, Vita VM13 ve IPS e.maxCeram porselen materyallerinin ortalama Ra₁ değerleri Şekil 4.2.' de görülmektedir.



Şekil 4.2. İncelenen porselen materyallerinin yüzey bitirme işlemleri sonrasındaki, ortalama Ra₁ değerleri

4.2.1. Vita VMK 95 İçin Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi

Farklı yüzey bitirme işlemleri uygulanan Vita VMK 95 porseleni için ortalama Ra₁, SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.2.1.' de gösterilmiştir.

Tablo 4.2.1. Tukey HSD testi sonuçlarına göre farklı polisaj işlemleri uygulanan Vita VMK 95 porseleni için Ra₁, SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

Gruplar	Ra ₁ (SS)	Farklılık
P	0,384 (0,024)	a
MD	0,819 (0,092)	b
GG	0,902 (0,081)	b

*Aynı harflerle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p>0,05)

En yüksek Ra_1 değerleri sırasıyla GG (0,902±0,081) ve MD (0,819±0,092) gruplarında tespit edilmiş olup, bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

En düşük Ra_1 değeri P (0,384±0,024) grubunda tespit edildi. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).

4.2.2. Vita VM 9 İçin Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi

Farklı yüzey bitirme işlemleri uygulanan Vita VM 9 porseleni için ortalama Ra_1 , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.2.2.' de gösterilmiştir.

Tablo 4.2.2. Tukey HSD testi sonuçlarına göre farklı polisaj işlemleri uygulanan Vita VM 9 porseleni için Ra_1 , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

Gruplar	Ra_1 (SS)	Farklılık
P	0,412 (0,0199)	a
MD	0,817 (0,0335)	b
GG	0,798 (0,0797)	b

*Aynı harflerle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$)

En yüksek Ra_1 değerleri sırasıyla MD (0,817±0,0335) ve GG (0,798±0,0797) gruplarında tespit edilmiş olup, bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

En düşük Ra_1 değeri P (0,412±0,0199) grubunda tespit edildi. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).

4.2.3. Vita VM 13 İçin Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi

Farklı yüzey bitirme işlemleri uygulanan Vita VM 13 porseleni için ortalama Ra_1 , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.2.3.' de gösterilmiştir.

Tablo 4.2.3. Tukey HSD testi sonuçlarına göre farklı polisaj işlemleri uygulanan Vita VM 13 porseleni için Ra_1 , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

Gruplar	Ra_1 (SS)	Farklılık
P	0,726 (0,109)	a
MD	1,854 (0,142)	b
GG	1,564 (0,156)	b

*Aynı harflerle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$)

En yüksek Ra_1 değerleri sırasıyla MD ($1,854\pm0,142$) ve GG ($1,564\pm0,156$) gruplarında tespit edilmiş olup, bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). İstatistiksel olarak anlamlı şekilde, en düşük Ra_1 değeri P ($0,726\pm0,109$) grubunda tespit edildi ($p<0,05$).

4.2.4. IPS e.max Ceram İçin Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi

Farklı yüzey bitirme işlemleri uygulanan IPS e.maxCeram porseleni için ortalama Ra_1 , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.2.4.' de gösterilmiştir.

Tablo 4.2.4. Tukey HSD testi sonuçlarına göre farklı polisaj işlemleri uygulanan IPS e.maxCeram porseleni için Ra_1 , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

Gruplar	Ra_1 (SS)	Farklılık
P	0,475 (0,073)	a
MD	0,888 (0,088)	b
GG	1,47 (0,098)	c

*Aynı harflerle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$)

En yüksek Ra_1 değeri GG ($1,47\pm0,098$) grubunda tespit edilmiş olup, sırasıyla MD ($0,888\pm0,088$) ve P ($0,475\pm0,073$) takip etmektedir. Üç grup arasındaki farklar, istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$).

4.2.5. Mikrodalga ile Glaze Uygulanan Porselen Materyalleri İçin Yüzey Pürüzlülüğü Değerlendirilmesi

Mikrodalga ile glaze işlemleri uygulanan Vita VMK 95, Vita VM 9, Vita VM 13, IPS e.maxCeram porselen materyalleri için R_{a1} , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.2.5.' de gösterilmektedir.

Tablo 4.2.5. Tukey HSD testi sonuçlarına göre mikrodalga ile glaze işlemleri uygulanan porselen materyalleri için R_{a1} , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

Porselen	R_{a1} (SS)	Farklılık
Vita VMK 95	0,819 (0,092)	a
Vita VM 9	0,817 (0,0335)	a
Vita VM 13	1,854 (0,142)	b
IPS e.maxCeram	0,888 (0,088)	a

*Aynı harflerle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$)

En düşük R_{a1} değerleri Vita VM 9 ($0,817\pm0,0335$), Vita VMK 95 ($0,819\pm0,092$) ve IPS e.maxCeram ($0,888\pm0,088$) porselenlerinde tespit edilmiş olup; gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

En yüksek R_{a1} değeri ise Vita VM 13 ($1,854\pm0,142$) porseleninde tespit edildi. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$).

4.2.6. Geleneksel Porselen Fırınında Glaze Uygulanan Porselen Materyalleri İçin Yüzey Pürüzlülüğü Değerlendirilmesi

Geleneksel porselen fırınında glaze işlemleri uygulanan Vita VMK 95, Vita VM 9, Vita VM 13, IPS e.maxCeram porselen materyalleri için R_{a1} , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.2.6.' da gösterilmektedir.

Tablo 4.2.6. Tukey HSD testi sonuçlarına göre geleneksel porselen fırınında glaze işlemi uygulanan porselen materyalleri için Ra_1 , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

Porselen	Ra_1 (SS)	Farklılık
Vita VMK 95	0,902 (0,081)	a
Vita VM 9	0,798 (0,0797)	a
Vita VM 13	1,564 (0,156)	b
IPS e.maxCeram	1,47 (0,098)	b

* Aynı harflerle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$)

En düşük Ra_1 değerleri Vita VM 9 ($0,798\pm0,0797$), Vita VMK 95 ($0,902\pm0,081$) ve IPS ($1,47\pm0,098$) porselenlerinde tespit edilmiş olup; gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$). En yüksek Ra_1 değeri ise Vita VM 13 ($1,564\pm0,156$) porseleninde tespit edildi. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$).

4.2.7. Polisaj Yapılan Porselen Materyalleri İçin Yüzey Pürüzlülüğü Değerlendirilmesi

Polisaj işlemi uygulanan Vita VMK 95, Vita VM 9, Vita VM 13, IPS e.maxCeram porselen materyalleri için Ra_1 , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.2.7.' de gösterilmektedir.

Tablo 4.2.7. Tukey HSD testi sonuçlarına göre polisaj işlemi uygulanan porselen materyalleri için Ra_1 , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

Porselen	Ra_1 (SS)	Farklılık
Vita VMK 95	0,384 (0,024)	a
Vita VM 9	0,412 (0,0199)	a
Vita VM 13	0,726 (0,109)	b, c
IPS e.maxCeram	0,475 (0,073)	a, c

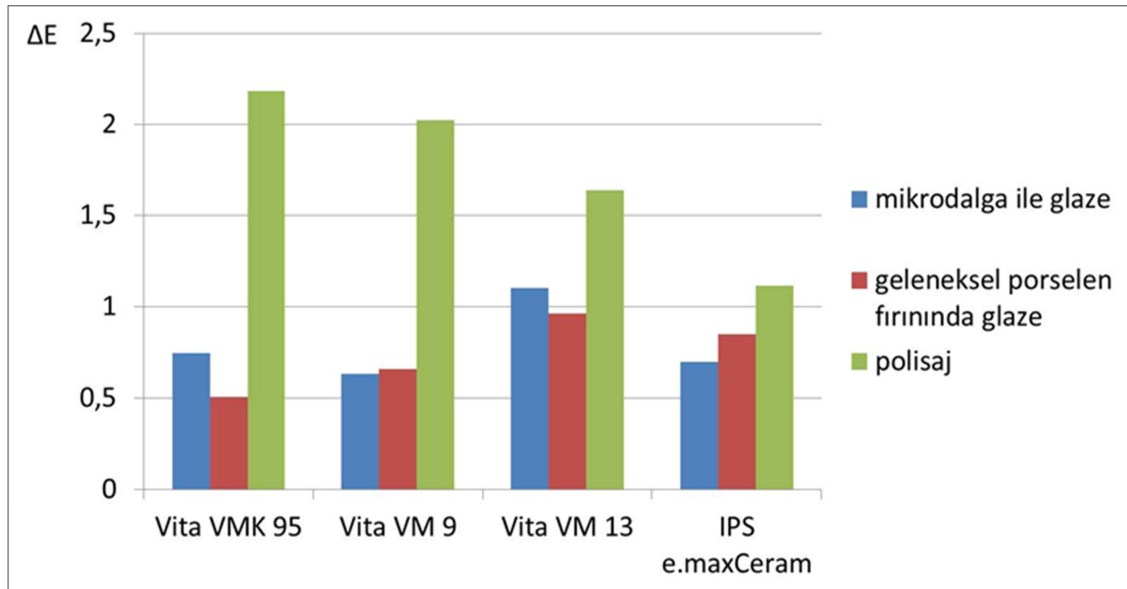
* Aynı harflerle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$)

En düşük Ra_1 değerleri, Vita VMK 95 ($0,384\pm0,024$), Vita VM 9 ($0,412\pm0,0199$) ve IPS e.maxCeram ($0,475\pm0,073$) porselenlerinde tespit edilmiş olup;

aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$). En yüksek R_{a1} değeri ise Vita VM 13 ($0,726\pm 0,109$) grubunda tespit edildi. Vita VM 13 ile Vita VMK 95 ve Vita VM 9 arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenirken ($p<0,05$), Vita VM 13 ile IPS e.maxCeram porselenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

4.3. ÇALIŞMA GRUPLARININ RENK STABİLİTESİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmamızda değerlendirilen farklı yüzey bitirme işlemleri uygulanmış porselen materyallerinin 7 gün kahvede bekletilmesi sonucu hesaplanan ortalama renk değişimi (ΔE) değerleri Şekil 4.3.' de görülmektedir.



Şekil 4.3. Farklı yüzey bitirme işlemleri uygulanmış porselen materyallerinin 7 gün kahvede bekletme sonrasında ortalama ΔE değerleri

4.3.1. Vita VMK 95 Porselen Materyali için Uygulanan Yüzey İşlemlerinin Renk Stabilesine Etkisinin İncelenmesi

Farklı yüzey bitirme işlemleri uygulanan Vita VMK 95 porselen materyalinin kahvede 7 gün bekletilmesinden sonra hesaplanan ΔE , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.3.1.' de görülmektedir.

Tablo 4.3.1. Tukey HSD testi sonuçlarına göre farklı yüzey işlemleri uygulanan Vita VMK 95 porselen materyalinin, kahvede 7 gün bekletilmesinden sonra ΔE , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

Yüzey işlemi	ΔE (SS)	Farklılık
MD	0,741 (0,328)	a
GG	0,505 (0,47)	a
P	2,182 (0,265)	b

*Aynı harfler ile gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

Vita VMK 95 porselen materyali için, 7 gün kahvede bekletme sonrası yapılan ölçümlerde en düşük ΔE değerleri sırasıyla GG (0,505±0,47) ve MD (0,741±0,328) grupları için hesaplanmış olup, iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamakta ($p>0,05$) iken; P (2,182±0,265) grubu için hesaplanan ΔE değeri bu iki gruptan daha yüksektir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).

4.3.2. Vita VM 9 Porselen Materyali için Uygulanan Yüzey İşlemlerinin Renk Stabilitesine Etkisinin İncelenmesi

Farklı yüzey bitirme işlemleri uygulanan Vita VM 9 porselen materyalinin kahvede 7 gün bekletilmesinden sonra hesaplanan ΔE , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.3.2.' de görülmektedir.

Tablo 4.3.2. Tukey HSD testi sonuçlarına göre farklı yüzey işlemleri uygulanan Vita VM 9 porselen materyalinin, kahvede 7 gün bekletilmesinden sonra ΔE , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

Yüzey işlemi	ΔE (SS)	Farklılık
MD	0,632 (0,407)	a
GG	0,657 (0,191)	a
P	2,023 (1,153)	b

*Aynı harfler ile gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

Vita VM 9 porselen materyali için, 7 gün kahvede bekletme sonrası yapılan ölçümlerde en düşük ΔE değerleri sırasıyla MD (0,632±0,407) ve GG (0,657±0,191) grupları için hesaplanmış olup, iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark

bulunmamakta ($p>0,05$) iken; P ($2,023\pm 1,153$) grubu için hesaplanan ΔE değeri bu iki gruptan daha yüksektir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).

4.3.3. Vita VM 13 Porselen Materyali için Uygulanan Yüzey İşlemlerinin Renk Stabilitesine Etkisinin İncelenmesi

Farklı yüzey bitirme işlemleri uygulanan Vita VM 13 porselen materyalinin kahvede 7 gün bekletilmesinden sonra hesaplanan ΔE , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.3.3.' de görülmektedir.

Tablo 4.3.3. Tukey HSD testi sonuçlarına göre farklı yüzey işlemleri uygulanan Vita VM 13 porselen materyalinin, kahvede 7 gün bekletilmesinden sonra ΔE , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

Yüzey işlemi	ΔE (SS)	Farklılık
MD	1,1 (0,278)	a
GG	0,964 (0,343)	a
P	1,634 (0,41)	a

*Aynı harfler ile gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

Vita VM 13 porselen materyali için, 7 gün kahvede bekletme sonrası yapılan ölçümlerde en düşük ΔE değerleri sırasıyla GG ($0,964\pm 0,343$) ve MD ($1,1\pm 0,278$) grupları; en yüksek ΔE değeri ise P ($1,634\pm 0,41$) grubu için hesaplandı. Yapılan istatistiksel analizde, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görüldü ($p>0,05$).

4.3.4. IPS e.maxCeram Porselen Materyali için Uygulanan Yüzey İşlemlerinin Renk Stabilitesine Etkisinin İncelenmesi

Farklı yüzey bitirme işlemleri uygulanan IPS e.maxCeram porselen materyalinin kahvede 7 gün bekletilmesinden sonra hesaplanan ΔE , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.3.4.' de görülmektedir.

Tablo 4.3.4. Tukey HSD testi sonuçlarına göre farklı yüzey işlemleri uygulanan IPS e.maxCeram porselen materyalinin, kahvede 7 gün bekletilmesinden sonra ΔE , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

Yüzey işlemi	ΔE (SS)	Farklılık
MD	0,696 (0,531)	a
GG	0,851 (0,718)	a
P	1,115 (0,265)	a

*Aynı harfler ile gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

Vita VM 13 porselen materyali için, 7 gün kahvede bekletme sonrası yapılan ölçümlerde en düşük ΔE değerleri sırasıyla MD (0,696±0,531) ve GG (0,851±0,718) grupları; en yüksek ΔE değeri ise P (1,115±0,265) grubu için hesaplandı. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görüldü ($p>0,05$).

4.3.5. Mikrodalga ile Glaze İşlemi Uygulanan Porselen Materyalleri İçin Renk Stabilitelerinin Değerlendirilmesi

Mikrodalga ile glaze işlemi uygulanan Vita VMK 95, Vita VM 9, Vita VM 13, IPS e.maxCeram için kahvede 7 gün bekletmeden sonra hesaplanan ΔE , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.3.5.' de görülmektedir.

Tablo 4.3.5. Tukey HSD testi sonuçlarına göre, mikrodalga ile glaze işlemi uygulanan porselen materyallerinin, kahvede 7 gün bekletilmesinden sonra ΔE , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

Porselen	ΔE (SS)	Farklılık
Vita VMK 95	0,741 (0,328)	a
Vita VM 9	0,632 (0,407)	a
Vita VM 13	1,1 (0,278)	a
IPS e.maxCeram	0,696 (0,531)	a

*Aynı harfler ile gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

Mikrodalga ile glaze işlemi uygulanan porselen materyalleri için en düşük ΔE değerleri sırasıyla Vita VM 9 (0,632±0,407), IPS e.maxCeram (0,696±0,531), Vita VMK 95 (0,741±0,328) için elde edilirken en yüksek ΔE değeri Vita VM 13

(1,1±0,278) porselen materyali için hesaplanmıştır. ΔE değerleri açısından porselen materyalleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

4.3.6. Geleneksel Fırında Glaze Uygulanan Porselen Materyalleri İçin Renk Stabilitelerinin Değerlendirilmesi

Geleneksel porselen fırınında glaze işlemi uygulanan Vita VMK 95, Vita VM 9, Vita VM 13, IPS e.maxCeram için kahvede 7 gün bekletmeden sonra hesaplanan ΔE , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.3.6.' da görülmektedir.

Tablo 4.3.6. Tukey HSD testi sonuçlarına göre, geleneksel porselen fırınında glaze işlemi uygulanan porselen materyallerinin, kahvede 7 gün bekletilmesinden sonra ΔE , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

Porselen	ΔE (SS)	Farklılık
Vita VMK 95	0,505 (0,47)	a
Vita VM 9	0,657 (0,191)	a
Vita VM 13	0,964 (0,343)	a
IPS e.maxCeram	0,851 (0,718)	a

*Aynı harfler ile gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

Geleneksel porselen fırınında glaze işlemi uygulanan porselen materyalleri için en düşük ΔE değerleri sırasıyla Vita VMK 95 (0,505±0,47), Vita VM 9 (0,657±0,191) ve IPS e.maxCeram (0,851±0,718) için; en yüksek ΔE değeri ise Vita VM 13 (0,964±0,343) porselen materyali için hesaplanmıştır. ΔE değerleri açısından porselen materyalleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

4.3.7. Polisaj Yapılan Porselen Materyalleri İçin Renk Stabilitelerinin Değerlendirilmesi

Polisaj yapılan Vita VMK 95, Vita VM 9, Vita VM 13, IPS e.maxCeram için kahvede 7 gün bekletmeden sonra hesaplanan ΔE , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.3.7.' de görülmektedir.

Tablo 4.3.7. Tukey HSD testi sonuçlarına göre polisaj yapılan porselen materyallerinin, kahvede 7 gün bekletilmesinden sonra ΔE , SS değerleri ve gruplar arası farklılıklar

Porselen	ΔE (SS)	Farklılık
Vita VMK 95	2,182 (0,265)	a
Vita VM 9	2,023 (1,153)	a,b
Vita VM 13	1,634 (0,41)	a,b
IPS e.maxCeram	1,115 (0,265)	b

*Aynı harfler ile gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

En yüksek ΔE değeri Vita VMK 95 ($2,182\pm 0,265$) için, en düşük ΔE değerleri ise IPS e.maxCeram ($1,115\pm 0,265$) porselen materyali için hesaplanmıştır. Bu iki değer arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Vita VM 13 ($1,634\pm 0,41$) ve Vita VM 9 ($2,023\pm 1,153$) porselenleri ile Vita VMK 95 ve IPS e.maxCeram porselenlerinin ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

4.3.8. Yüzey Pürüzlülüğünün Renk Stabilitesine Etkisinin İncelenmesi

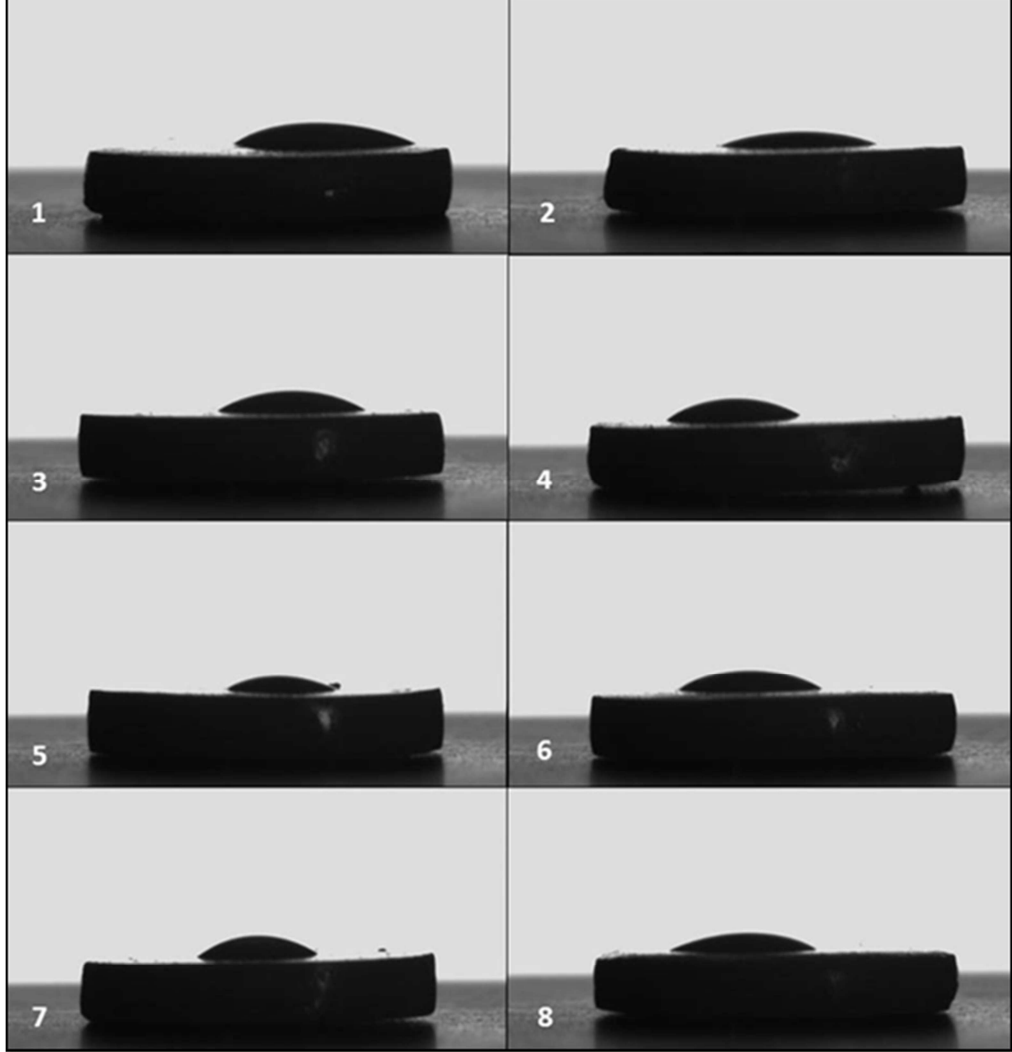
Yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimi arasındaki ilişkinin tespiti için yapılan regresyon analizinde korelasyon katsayısı ($r(Ra_1\Delta E)=0,221$) istatistiksel olarak anlamlı olsa da ($p<0,05$), belirtme katsayısı ($r^2(Ra_1\Delta E)=0,049$) çok küçük olduğundan dolayı, açıklanan varyans önem taşımamaktadır (Tablo 4.3.8.).

Tablo 4.3.8. Ra_1 ile ΔE arasında regresyon analizi sonuçları

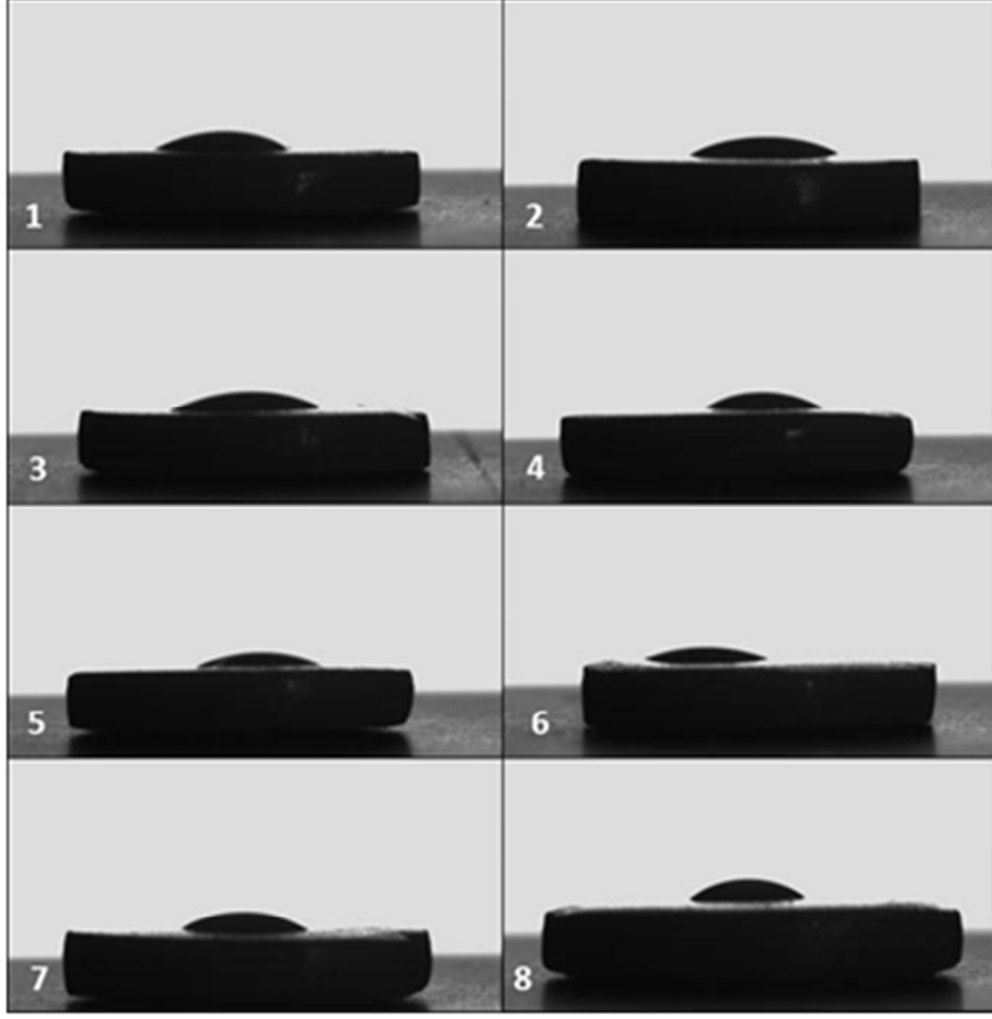
	$Ra_1-\Delta E$
r	0,221
r^2	0,049
p	0,015

4.4. TEMAS AÇISI ÖLÇÜMLERİ

Vita VM 9 porselen materyali için mikrodalga ve geleneksel fırında glaze yapılan örnekler için elde edilen temas açısı görüntüleri Şekil 4.4.1. ve Şekil 4.4.2.' dedir. Sayısal olarak temas açısı değerleri ise Tablo 4.4.' de listelenmiştir.



Şekil 4.4.1. Mikrodalga ile glaze fırınlaması yapılan örneklerin temas açısı görüntüleri



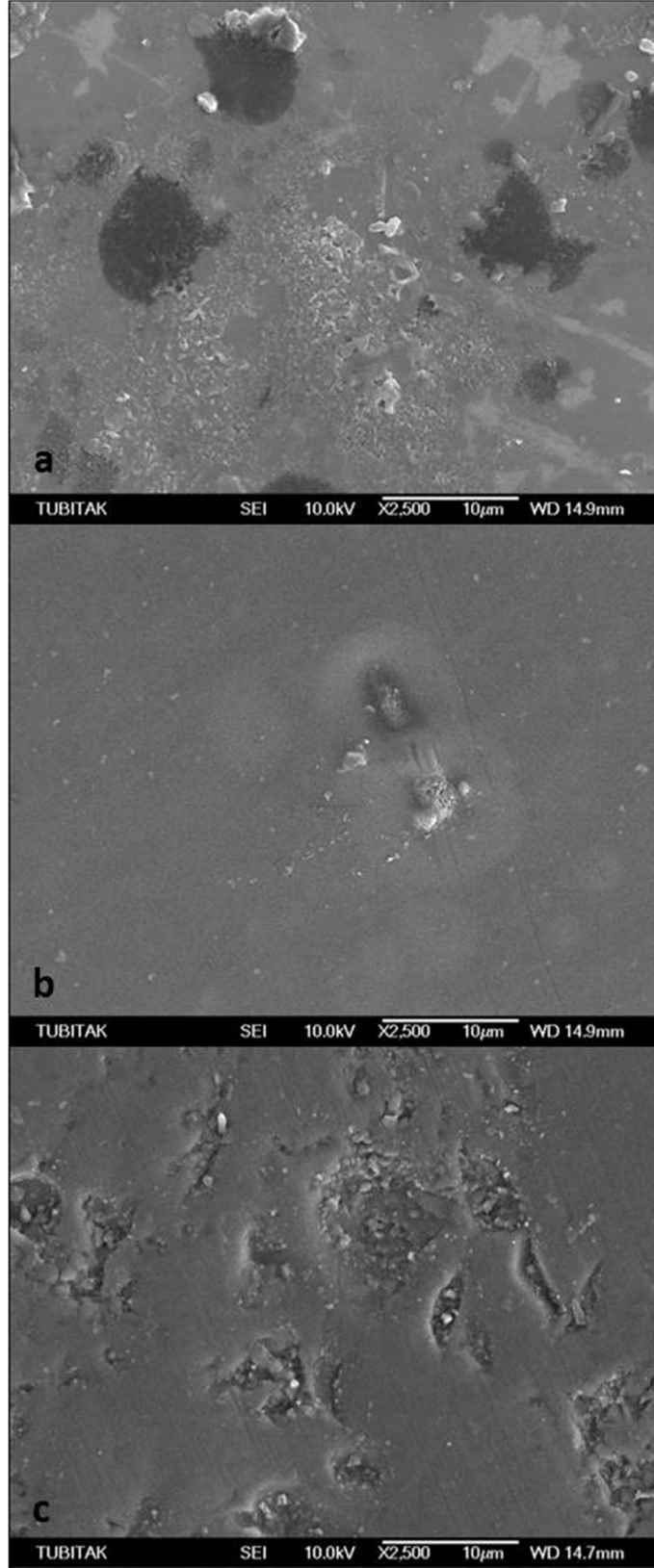
Şekil 4.4.2. Geleneksel fırında glaze yapılan örneklerin temas açısı görüntüleri

Tablo 4.4. Mikrodalga fırında ve geleneksel porselen fırınında glaze uygulanan Vita VM 9 porselenleri için elde edilen temas açıları

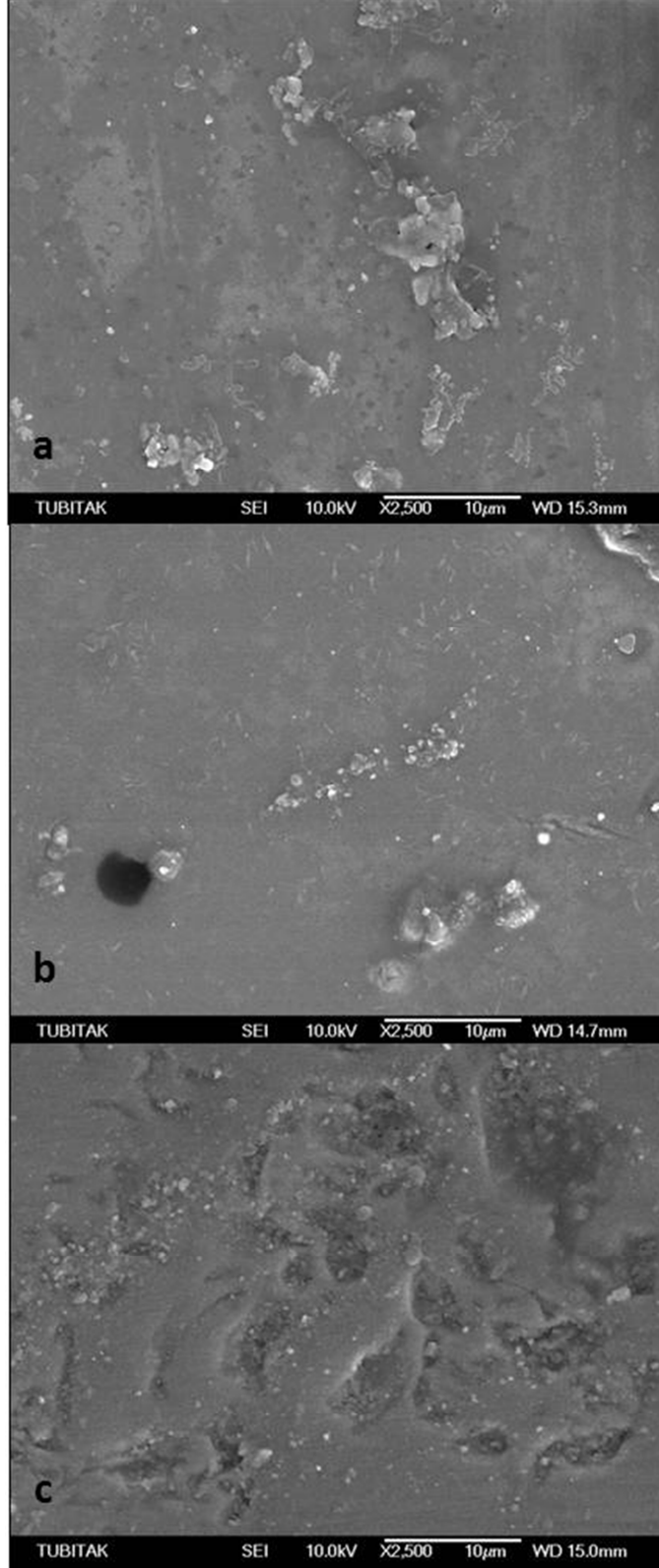
Mikrodalga fırında glaze	Geleneksel fırında glaze
29,6	24,2
28,4	29,2
25,9	31,4
31,1	31,1
25,3	25,7
22,3	30,7
34,9	36,6
28,12	24,5

4.5. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU GÖRÜNTÜLERİ

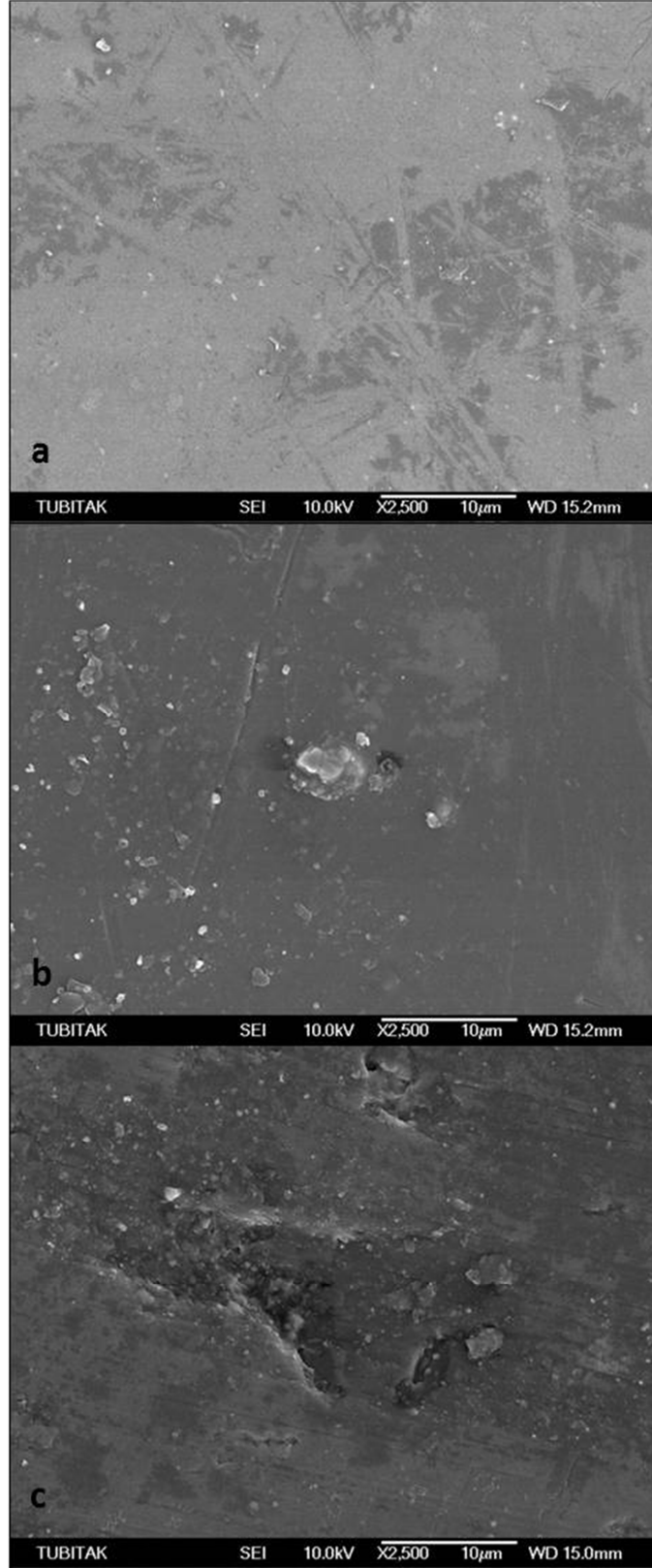
Vita VMK 95, Vita VM 9, Vita VM 13, IPS e.maxCeram porselen materyalleri için geleneksel porselen fırınında glaze yapılan, mikrodalga fırında glaze uygulanan ve polisaj yapılan örnek yüzeylerine ait x2500 büyütmede elde edilen SEM görüntüleri sırasıyla Şekil 4.5.1., 4.5.2., 4.5.3. ve 4.5.4.' de görülmektedir.



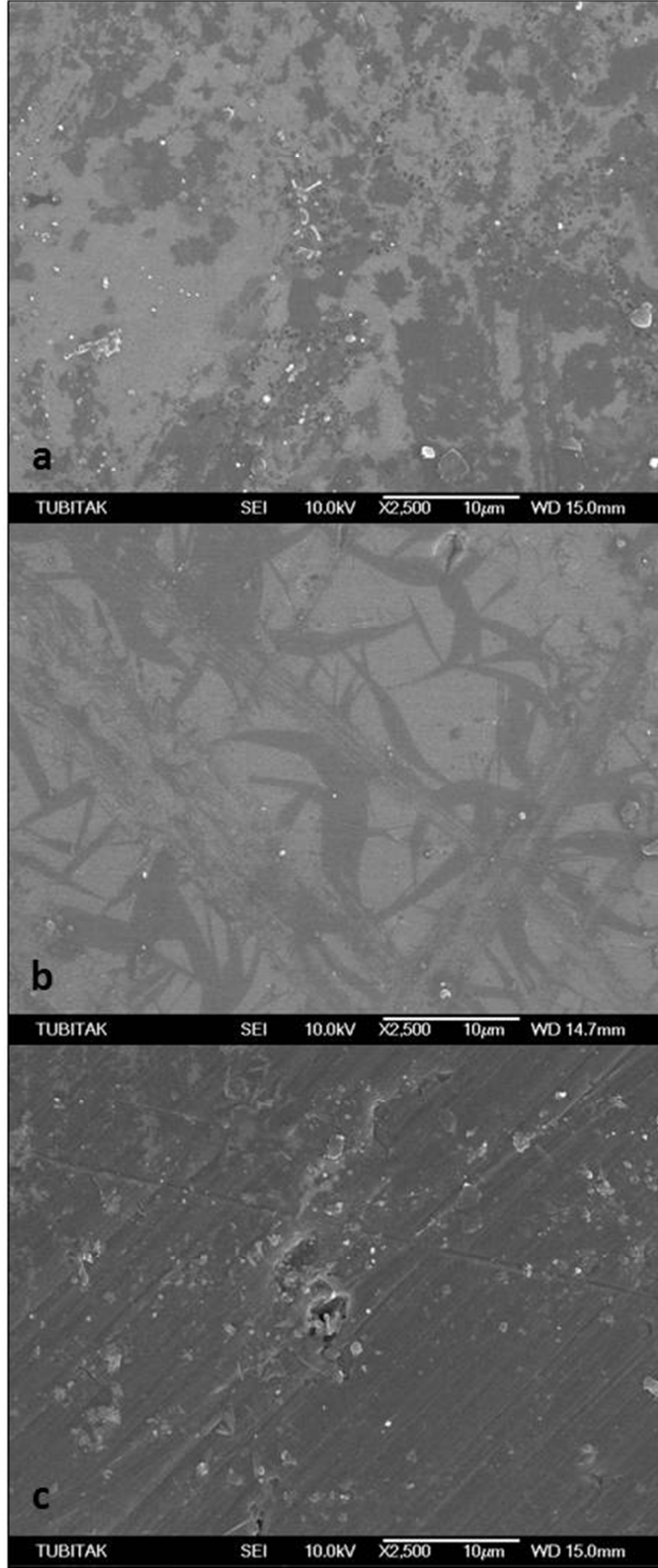
Şekil 4.5.1. Vita VMK 95 örnekler için x2500 büyütmede elde edilen taramalı elektron mikroskobu görüntüleri **a)** Geleneksel porselen fırınında glaze yapılan **b)** Mikrodalga fırında glaze yapılan **c)** Polisaj kiti kullanılan örnek yüzeyi



Şekil 4.5.2. Vita VM9 örnekler için x2500 büyütmede elde edilen taramalı elektron mikroskobu görüntüleri **a)** Geleneksel porselen fırınında glaze yapılan **b)** Mikrodalga fırında glaze yapılan **c)** Polisaj kiti kullanılan örnek yüzeyi



Şekil 4.5.3. Vita VM 13 örnekler için x2500 büyütmede elde edilen taramalı elektron mikroskobu görüntüleri **a)** Geleneksel porselen fırınında glaze yapılan **b)** Mikrodalga fırında glaze yapılan **c)** Polisaj kiti kullanılan örnek yüzeyi



Şekil 4.5.4. IPS e.maxCeram örnekler için x2500 büyütmede elde edilen taramalı elektron mikroskobu görüntüleri **a)** Geleneksel porselen fırınında glaze yapılan **b)** Mikrodalga fırında glaze yapılan **c)** Polisaj kiti kullanılan örnek yüzeyi

5. TARTIŞMA

Geleneksel porselen fırınında yapılan glaze, mikrodalga ile glaze ve polisaj işlemlerinin, farklı porselen materyallerinde yüzey pürüzlülüğü, ıslanabilirlik ve renk stabilitesi özelliklerine etkisinin incelendiği çalışmamızda, hipotezimiz kısmi olarak kabul edilmiştir.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan porselen materyalinin yüzeyinin pürüzsüz olması fonksiyon, estetik, plak retansiyonu ve biyouyumluluk özellikleri açısından önemli bir kriterdir. Rutin diş hekimliği uygulamalarında, porselen materyaline pürüzsüz ve parlak bir yüzey sağlamak için, simantasyon işleminden önce glaze fırınlaması yapılır (Prasad ve ark., 2009).

Geleneksel porselen fırınında glaze işlemi ile ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda glaze işleminin, porselen materyalinin **yüzey pürüzlülüğüne** (Chu ve ark., 2000; Kim ve ark., 2003; Wright ve ark., 2004; Aksoy ve ark., 2006; Al-Wahadni, 2006; Bottino ve ark., 2006; Sarac ve ark., 2006; Cury-Saramago ve ark., 2009; Artopoulou ve ark., 2010; Flury ve ark., 2010; Sarıkaya ve Güler, 2010), **ısıtma işlemi sonucu renk değişimine** (Kim ve ark., 2003; Ertan ve Şahin, 2005; Sarac ve ark., 2006; Pires-de-Souza ve ark., 2009; Yuzugullu ve ark., 2009), **yaşlandırma sonucu renk değişimine** (Atay ve ark., 2008; Pires-de-Souza ve ark., 2009), **renklendirici solüsyonlarda bekletilmesi sonrası renk stabilitesine** (Esquivel ve ark., 1995; Samra ve ark., 2008; Yılmaz ve ark., 2008; Günay ve ark., 2009; Artopoulou ve ark., 2010), **bakteri tutulumuna** (Pereira ve ark., 2008), **ıslanabilirliğine** (Aksoy ve ark., 2006), **dayancına** (Brackett ve ark., 1989; Fairhurst ve ark., 1992; Giordano ve ark., 1994; Giordano ve ark., 1995; Griggs ve ark., 1996; Williamson ve ark., 1996; Baharav ve ark., 1999; Alkhiary ve ark., 2003; Guazzato ve ark., 2003; Ahmad ve ark., 2005) olan etkileri incelenmiştir.

Geleneksel fırınlara göre kontrollü, hassas ve hacimsel ısıtma sağlaması, yüksek sıcaklıklara kısa sürede ulaşabilmesi, düşük enerji tüketimi, porselen materyalinin özelliklerini geliştirici avantajlarından dolayı, mikrodalga fırınlar porselen sinterlemede kullanılabilir (Clark ve Sutton, 1996; Booske ve ark., 1997; Agrawal, 1998; Thostenson ve Chou, 1999; Clark ve ark., 2000; Bykov ve ark., 2001; Huang ve ark., 2007; Prasad ve ark., 2009).

Mikrodalga enerjinin diş hekimliğinde kullanımı ile ilgili pek çok çalışma bulunsa da bu çalışmalarda genel olarak; diş hekimliğinde kullanılan aletlerin **sterilizasyonu sonrası kesme etkinlikleri** (Fais ve ark., 2009); **akrilik kaide plaklarının mikrodalga ile polimerizasyonu sonrası yapay dişlerle bağlantıları, yumuşak doku uyumları, mantar üremesi, renk değişimi, sertlikleri ve yüzey pürüzlülükleri** (Assuncao ve ark., 2009; Machado ve ark., 2009; Montagner ve ark., 2009; Rizzatti-Barbosa ve Ribeiro-Dasilva, 2009; Consani ve ark., 2010; Ghani ve ark., 2010; Korkmaz ve ark., 2011); **akrilik kaide plaklarının ve astar maddelerinin mikrodalga ile dezenfeksiyonu** (Consani ve ark., 2009; Basso ve ark., 2010); **indirekt rezin restorasyonların sertliğine ve marjinal uyumlarına etkileri** (Poskus ve ark., 2009) değerlendirilmiştir.

Prasad ve ark. (2009), mikrodalga fırında glaze uygulanmasının iki farklı porselen materyalinin yüzey pürüzlülüğüne ve bükülme dayancına etkisini incelemişlerdir, ancak bu çalışmada mikrodalgaın renk stabilitesi ve ıslanabilirlik özelliklerine etkisi değerlendirilmemiştir. Ayrıca, bu çalışmada sadece iki porselen materyalinin incelenmiş olması, araştırmacılar tarafından çalışmanın bir sınırlaması olarak değerlendirilmiş ve mikrodalga ile glaze işleminin farklı porselen materyallerinde farklı etki gösterebileceği belirtilmiştir.

Çalışmamızda kıymetsiz metal, IPS e.max Press ve IPS e.max CAD, kıymetli metal ve zirkonyum oksit alt yapılar ile kullanılan dört farklı üstyapı porseleni değerlendirilmiştir. 13 mm çapında ve derinliği vida ile ayarlanabilen pirinç kalıp kullanılarak porselen örneklerin boyutları 11 mm çapta ve 2 mm kalınlıkta olacak şekilde standardize edilmiş (Kim ve ark., 2003) ve açık renkte porselen materyalinde renklendirici solüsyonun etkisinin daha fark edilebilir olacağı düşüncesi ile, tüm örnekler A1 (1M2) renkte porselen tozu kullanılarak yapılmıştır.

Porselen materyalleri arasında üretim yöntemleri açısından fark olması örneklerin içsel poroziteleri arasında farklılık oluşturacağından dolayı, çalışmamızda seçilen üstyapı porselenlerinin, elde hazırlanan porselenler olmasına dikkat edilmiştir. Dökülebilir, preslenebilir ve hazır bloklardan aşındırma ile elde edilen porselenler açıklanan nedenle çalışma dışında bırakılmıştır.

Çalışmamızda porselen örneklerin polisajı için Edenta Ceragloss polisaj kiti kullanılmıştır. Seçilen kit, tüm porselen materyalleri için kullanıma uygun olup, ikinci

glaze fırınlaması gerektirmeden pürüzsüz yüzeyler sağlamaktadır. Bu polisaj sistemi hızlı ve kolay uygulanabilen, etkili polisaj sağlayan ve kolay ulaşılabilen bir sistem olduğu için tercih edilmiştir. Yapılan literatür incelemesinde, polisaj pastası kullanımının yüzey pürüzlülüğü değerini anlamlı oranda azaltmadığı görülmüştür (Hulterström ve Bergman, 1993; Fuzzi ve ark., 1996; Saraç ve ark., 2006, 2007; Sarıkaya ve Güler, 2010). Bu nedenle polisaj setine ek olarak polisaj pastası kullanımı düşünülmemiştir.

Çalışmalarda, materyallerin yüzey pürüzlülüklerini belirlemek amacıyla; **görsel değerlendirme** (Goldstein ve ark., 1991), **SEM** (Goldstein ve ark., 1991; Fuzzi ve ark., 1996; Aksoy ve ark., 2006; Kou ve ark., 2006; Sarac ve ark., 2006; Cury-Saramago ve ark., 2009; Ersu ve ark., 2009; Endo ve ark., 2010; Janus ve ark., 2010; Sarıkaya ve Güler, 2010), **profilometre** (Goldstein ve ark., 1991; Fuzzi ve ark., 1996; Bourauel ve ark., 1998; Al-Wahadni, 2006; Kou ve ark., 2006; Sarac ve ark., 2006; Cury-Saramago ve ark., 2009; Ersu ve ark., 2009; Endo ve ark., 2010; Flury ve ark., 2010; Sarıkaya ve Güler, 2010), **lazer aynasal yansıtma** (Bourauel ve ark., 1998; Jung, 2002) ve **AFM** (Aksoy ve ark., 2006; Wilder ve ark., 2000; Janus ve ark., 2010) kullanılabilir. Yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek amacıyla tek bir metodun kullanılması yanıltıcı sonuçlar verebilir. Bu nedenle bir metodu diğerleriyle kıyaslamak gerekmektedir (Jefferies, 1998).

Pek çok çalışmada yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde profilometre ölçümlerinden sonra SEM' le yüzey incelenmesi yapılmıştır (Goldstein ve ark., 1991; Fuzzi ve ark., 1996; Kou ve ark., 2006; Sarac ve ark., 2006; Cury-Saramago ve ark., 2009; Ersu ve ark., 2009; Endo ve ark., 2010). Çalışmamızda çeşitli yüzey bitirme işlemleri uygulanan örneklerin yüzey pürüzlülükleri profilometre ile nicel, SEM ile de nitel olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda porselen örneklerin yüzey pürüzlülüğünün nicel olarak değerlendirilmesinde kullanılan profilometre cihazı kalibre edildikten sonra "cut-off" değeri 0,25 mm olarak ayarlanmıştır. Bu değer, konuyla ilgili daha önce yapılmış çalışmalar esas alınarak belirlenmiştir (Goldstein ve ark., 1991; Ward ve ark., 1995; Fuzzi ve ark., 1996; Chu ve ark., 2000; Neme ve ark., 2002; Al-Wahadni, 2006; Tholt ve ark., 2006; Endo ve ark., 2010).

Profilometre yüzeyi iki boyutlu olarak değerlendirirken, AFM üç boyutlu yüzey incelemesi yapmaktadır. Ancak yüzeyin değerlendirilmesi için yüzey üzerinde temsili noktalar seçilip (20 µm x 20 µm, 10 µm x 10 µm ya da 5 µm x 5 µm gibi) tarama yapılarak bu sonuçlar tüm örnek yüzeyine mal edilmektedir (Heintze ve ark., 2006). Bununla beraber, hazırlanan örnekler her zaman homojen olmayabilir ve taranan alan örneğin tamamını temsil edemeyebilir. Bu durumda oldukça hassas olan bu yöntemle yanlış sonuçlar elde edilebilmektedir (Janus ve ark., 2010). Buna karşın Yuzugullu ve ark. (2009) ise, AFM ile profilometre sonuçlarının uyumlu olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda oldukça hassas, maliyetli, zaman alıcı ve örnek hakkında kısmi bilgi veren AFM yerine; AFM ile uyumlu sonuçlar veren, örneğin geneli hakkında bilgi verebilen, daha az maliyetli ve daha az zaman alıcı bir yöntem olan profilometre kullanımı tercih edilmiştir.

Çalışmamızda, kullanılan dört porselen materyali için polisaj yapılan örneklerin, mikrodalga ve geleneksel fırında glaze uygulanan örneklere göre Ra₁ değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı oranda daha düşük olduğu bulundu (p<0,05). Bu konuda bulgularımızı destekleyen ve desteklemeyen çalışmalar bulunmaktadır. Glaze işleminin daha pürüzsüz yüzeyler oluşturduğunu savunan (Hulterström ve Bergman, 1993; Chu ve ark., 2000; Al-Wahadni, 2006) yazarlar olduğu gibi, polisajın glaze ile eşit (Aykent ve ark., 2001; Al-Wahadni, 2006; Bottino ve ark., 2006; Sarac ve ark., 2006; Yuzugullu ve ark., 2009) ya da daha pürüzsüz yüzeyler oluşturacağını (Scurrica ve Powers, 1994; Kim ve ark., 2003; Wright ve ark., 2004; Artopoulou ve ark. 2010; Flury ve ark., 2010) belirtenler de bulunmaktadır.

Çalışmamızın sonuçları ile uyumlu olarak, Flury ve ark. (2010), iki freze edilebilir porselen materyaline (Cerec Vitablocks Mark II ve Cerec IPS Empress CAD) yüzey bitirme işlemi olarak polisaj sistemi (Sof-Lex ve JOTA) uygulanmasının glaze işlemine göre daha pürüzsüz yüzeyler oluşturduğunu rapor etmiştir. Bu çalışmada örneklere 2 defa glaze fırınlaması yapılmıştır. Benzer şekilde Wright ve ark. (2004), ultra düşük ısı porseleni (Finesse) kullanarak hazırladıkları örneklerde glaze ve üç farklı polisaj kitinin (Axis Dental, Jelenko, Brasseler) yüzey pürüzlülüğüne etkisini inceledikleri çalışmada, üç polisaj kitinin de otoglaze yapılan örneklerden daha pürüzsüz yüzeyler oluşturduğunu bulmuşlardır.

Cury-Saramago ve ark. (2009), glaze uygulanmış porselen yüzeyine (Ceramco II) Edenta polisaj kiti uygulanması sonrasında $0,45\pm 0,30$ μm pürüzlülük değeri elde etmiştir. Çalışmamızda, polisaj uygulanan Vita VM 13 porselen materyali haricinde, bu pürüzlülük değerine benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada (Saraç ve ark., 2006) feldspatik porselen (Vitadur Alpha) örneklerle polisaj lastiği (Cera Master, Shofu Dental GmbH) ve polisaj lastiğini takiben polisaj patı (Ultra II, Shofu Dental GmbH) veya elmas içerikli polisaj patı (Diamond Stick, Shofu Dental GmbH) uygulamalarının glaze uygulamasına eşit R_a değerleri sağladığı bildirilmiştir. Bu çalışmada örneklerin polisajından önce porselen yüzeyine sadece elmas frezle bitirme işlemi uygulanmıştır. Bizim çalışmamızda ise örnekler 320, 400, 600 ve 1200 grid silikon karbid zımparalarla su soğutmalı olarak 20' şer sn süreyle zımparalanmıştır. Aradaki pürüzlülük farklarının, çalışmamızda yaptığımız ön yüzey işlemine ve farklı porselen polisaj kitlerinin kullanılmasına bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamızda polisaj uygulanan 4 porselen materyali için en düşük R_a değerleri Vita VMK 95 ve Vita VM 9 için elde edilirken, IPS e.maxCeram ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$). Buna karşın, Vita VM 13 için elde edilen R_a değeri Vita VMK 95 ve Vita VM 9' dan istatistiksel olarak anlamlı şekilde yüksek bulundu ($<0,05$). Aynı yüzey bitirme işlemi uygulanmasına karşın farklı porselen materyallerinde elde edilen pürüzlülük değeri farklılık göstermektedir. Bu bulgumuz üç farklı porselen materyali (Vitadur Alpha, IPS Empress 2 ve AllCeram) ile yaptıkları çalışmada polisaj tekniklerinin her porselen sisteminde etkinliğinin farklı olduğu tespit eden Tholt ve ark. (2006) ile uyumludur.

Kim ve ark. (2003), Vita Omega 900 porselen örneklere 200, 400, 1000, 1500 grid zımpara ve glaze uygulamasının yüzey pürüzlülüğüne etkisini değerlendirmişlerdir. 400, 1000 ve 1500 grid zımpara uygulanan yüzeylerin glaze uygulanan porselen yüzeyine göre daha pürüzsüz olduğu ancak istatistiksel olarak yüzey pürüzlülükleri arasında anlamlı fark olmadığı sonucunu elde etmişlerdir. Artopoulou ve ark. (2010), IPS Empress porselen materyali kullanarak hazırladıkları örneklere yüzey işlemi olarak 600 grid zımpara ve glaze uygulamışlardır. Zımpara uygulanan grubun, glaze uygulanan gruptan daha pürüzsüz ve daha parlak olduğu bulunmuştur. Bu bulgular çalışmamız ile uyumludur. Çalışmamızda değerlendirilen porselen materyalleri için 1200 grid zımpara

ile zımparalanan örnekler glaze uygulamasına göre daha düşük Ra değerlerine sahiptir. İlk yüzey pürüzlülüğü ölçümünün yapılma amacı temas açısı ölçümünün hangi porselen materyalinde yapılacağını belirlemek olduğundan dolayı Ra₀ değerleri, polisaj ve glaze uygulamaları sonrası ölçülen Ra₁ değerleri ile istatistiksel olarak karşılaştırılmamıştır.

Prasad ve ark. (2009), çalışmalarında porselen örneklerde (IPS d.Sign ve Vita Omega 900) mikrodalga ile glaze işleminin, geleneksel porselen fırınında glaze işleme oranla daha pürüzsüz yüzey oluşturduğu sonucunu elde etmişlerdir. Bu sonuç çalışmamızla kısmen uyumludur. Çalışmamızda yapılan yüzey pürüzlülüğü değerlendirmesinde, Vita VMK 95 ve IPS e.maxCeram porselenleri için mikrodalga ile glaze işlemi geleneksel porselen fırınında glaze uygulanan örneklerden daha pürüzsüz bulunmuştur. Bu fark IPS e.maxCeram için istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05). Vita VM 9 ve Vita VM 13 porselenleri için ise geleneksel fırında glaze yapılan örnekler daha pürüzsüz olmakla birlikte, istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0,05). Flury ve ark. (2010), farklı porselen materyallerinde glaze işleminin yüzey pürüzlülüğünü farklı etkilediği görüşünü savunmuşlardır. İki çalışma arasındaki kısmi farkın porselen materyallerinin farklı olmasına bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

Sarıkaya ve Güler (2010), Vita VMK 95 porselen örnekler için geleneksel porselen fırınında glaze işlemi sonucunda yüzey pürüzlülüğü değerinin 0,724 µm olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmamızda Vita VMK 95 örnekler için geleneksel fırında glaze işlemi sonrasında yapılan ölçüm sonucunda elde edilen pürüzlülük değeri 0,902 µm' dir. Elde edilen değerler birbirlerine oldukça yakındır.

Yuzugullu ve ark. (2009), Vita VMK 95 ve Vita VM 9 porselenleri ile benzer sıcaklıklarda fırınlanan porselen materyalinin (Noritake Super Porcelain EX-3) yüzey pürüzlülüğünün geleneksel porselen fırınında glaze uygulaması sonrasında 0,89±0,22 olduğunu rapor etmişlerdir. Bu bulgu Vita VMK 95 ve Vita VM 9 porselenleri için çalışmamızda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri ile uyumludur.

Yaptığımız yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde, mikrodalga ve geleneksel fırında glaze uygulanan Vita VMK 95 ve Vita VM 9 porselen materyalleri arasında yüzey pürüzlülüğü açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yok iken (p>0,05), Vita VM 13' ün iki porselen materyalinden de istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha pürüzlü olduğu bulunmuştur (p<0,05). Vita VMK 95, Vita VM 9, Vita VM 13 porselen materyallerine aynı glaze tozu ve likidi kullanılarak, sırasıyla 900°C, 900°C ve 880°C' de glaze

uygulanmaktadır. Cheung ve Darvell (2002), yüksek fırınlama sıcaklıklarında porozitenin daha az olduğunu savunmuştur. Bu bilgi ile ilişkili olarak, glaze işlemi uygulanan Vita VM 13 porselen örneklerin Vita VM 9 ve Vita VMK 95 örneklerinden daha pürüzlü olmasının, glaze fırınlamasının daha düşük sıcaklıkta yapılmasına bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamızda yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi amacıyla profilometre incelemesine ek olarak SEM de kullanılmıştır. Bazı çalışmalarda profilometre verileri ve SEM görüntüleri birbiri ile uyumlu iken (Goldstein ve ark 1991; Reddy ve ark 2007), bazı çalışmalarda ise uyumluluk tespit edilmemiştir (Fuzzi ve ark., 1996). Çalışmamızda profilometrik analizde, tüm porselen materyalleri için, polisaj yapılan örnekler mikrodalga ve geleneksel fırında glaze uygulanan örneklerle göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha pürüzsüz bulundu. Bununla beraber, SEM incelemesinde polisaj yapılan örneklerin yüzeyinde birbirine paralel çizikler ve poroz bir yapı izlenirken, her iki yöntemle glaze uygulanan örneklerin daha pürüzsüz olduğu görüldü.

Günay ve ark. (2009)' nın yaptığı bir çalışmada, SEM incelemesinde overglaze ve otoglaze uygulanan örnekler daha pürüzsüz iken, polisaj ve iyon değişimi yapılan gruplarda kısmen daha pürüzlü yüzey gözlemlenmişlerdir. Benzer şekilde, Wright ve ark. (2004) da, polisaj yapılmış örneklerin Ra değerlerinin glaze grubundan daha düşük olduğunu, ancak SEM incelemesinde yüzey düzensizlikleri ve oyuklar içerdiklerini belirtmişlerdir. Fuzzi ve ark. (1996), profilometrik analizde polisaj uygulanan örneklerle glaze uygulanan örnekler arasında fark olmamasına rağmen, SEM analizinde glaze yapılan örneklerin daha pürüzsüz görüldüğünü belirtmişlerdir. Bu bulgular, yüzey pürüzlülüğü bulgularımızı destekler niteliktedir.

Porselen örneklerin alt yapı ile desteklenmemiş olması çalışmamız için bir sınırlamadır. Glaze işleminde ısı uygulanması ya da polisaj yapılması sırasında ortaya çıkan mikro çatlakların sonuç yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi olabilir.

Çalışmamızda yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinin ardından, örneklerin renk stabiliteilerinin değerlendirilmesi için boyayıcı ajan olarak çözünebilir hazır kahve (Nescafe Classic, Nestle, İsviçre) kullanılmıştır. Yapılan renk çalışmalarında, örneklerin renklenme miktarlarını değerlendirmek amacıyla kahve oldukça sık kullanılan bir maddedir (Güler ve ark., 2005a; Ertaş ve ark., 2006; Samra ve ark., 2008; Güler ve ark., 2009).

Çalışmamızda örnekler kahve solüsyonunda 7 gün bekletilmiş, solüsyon 2 günde bir yenilenmiştir. Üreticiler, bir bardak kahve içilmesinin ortalama 15 dk sürmekte olduğunu ve kahve içenlerin günde ortalama 3,2 bardak kahve tükettiğini bildirmektedir (Güler ve ark., 2009). Böylelikle örnekleri 7 gün kahvede bekletmek, yaklaşık olarak 7 aylık kullanıma eşittir.

Renk değişimi miktarlarını sayısal olarak değerlendirmek amacıyla kolorimetre (Sarac ve ark., 2006; Uludag ve ark., 2007; Yılmaz ve ark., 2008), ya da spektrofotometre (Obregon ve ark., 1981; Dozic ve ark., 2003; Kim ve ark., 2003; Atay ve ark., 2008; Ozturk ve ark., 2008; Günay ve ark., 2009; Yuzugullu ve ark., 2009) kullanılabilir.

Gehrke ve ark. (2009), peş peşe yapılan iki ölçümde aynı sonucu elde etme açısından spektrofotometre ve kolorimetreyi karşılaştırdıklarında, spektrofotometre %81,7 uyum gösterirken, kolorimetrenin %70 uyum gösterdiğini bulmuşlardır.

Çalışmamızda renk değişiminin ölçülmesi için klinikte kullanıma uygun bir spektrofotometre olan Vita EasyShade kullanılmıştır.

5 farklı renk belirleme cihazının (ShadeScan, Easyshade, Ikam, IdentaColor II, ShadeEye) karşılaştırmalı olarak incelendiği bir çalışmada, in vivo olarak en yüksek hassasiyet değerleri EasyShade ve Ikam için elde edilmiştir (Dozic ve ark, 2007). Başka bir çalışmada ise SpectroShade, ShadeVision, VITA Easyshade ve ShadeScan cihazları değerlendirilmiş, VITA Easyshade ile yapılan ölçümlerde %96,4 güvenilirlik ve %92,6 doğruluk oranı olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmanın verilerine göre, değerlendirilen dört farklı renk belirleme cihazı arasında en yüksek güvenilirlik değeri VITA Easyshade için elde edilmiştir (Kim-Pusateri ve ark., 2009).

İnsan gözü tarafından klinik olarak algılanabilir renk farklılığı sınırını (ΔE); 1 (Wee ve ark., 2002; Ertan ve Şahin, 2005), 2 ile 3 arasında (Dancy ve ark., 2003; Cal ve ark., 2006), 3,3 (Kim ve ark., 2003; Sarac ve ark., 2006; Samra ve ark., 2008; Yuzugullu ve ark., 2009; Corciolani ve ark., 2011) ya da 3,7 (Ertaş ve ark., 2006; Sarıkaya ve Güler, 2011) olarak kabul eden çalışmalar mevcuttur.

O'Brien' ın (2002c) yaptığı bir sınıflamada; ΔE değeri olarak, 0' ın mükemmel, 0,5-1' in çok iyi, 1-2' nin iyi ve 2-3,5' in kabul edilebilir, 3,5' den yüksek değerlerin kabul edilemez olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda ΔE değerinin kabul edilebilirlik sınırı 3,3 olarak belirlenmiştir.

Elde ettiğimiz sonuçlara göre, polisaj yapılan örnekler tüm porselen materyalleri için her iki yöntemle glaze yapılan örneklerle göre istatistiksel olarak anlamlı oranda daha pürüzsüzken ($p<0,05$), polisaj yapılan örneklerde daha fazla renk değişikliği olmuştur. Bu fark Vita VMK 95 ve Vita VM 9 porselenleri için istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).

Artopoulou ve ark. (2010), 600 grid zımpara ile polisaj yapılan grubun, glaze uygulanan gruptan daha pürüzsüz ve daha parlak olduğunu, ancak flor preparatında bekletme sonrasında daha fazla renk değişimi gösterdiğini rapor etmiştir. Benzer şekilde Günay ve ark. (2009), Vita VMK 95 porseleni ile hazırlanan örneklerle otoglaze, overglaze, iyon değişimi ve polisaj uygulanmasının renk stabilitesine etkisini değerlendirmişlerdir. Kahvede 30 gün bekletme sonrasında polisaj uygulanan örneklerin glaze uygulanan örneklerle göre daha fazla renklendiği sonucuna ulaşmışlardır.

Artopoulou ve ark. (2010), glaze uygulanmış porselen yüzeyinin polisaj yapılmış yüzeye göre daha dalgalı yapı sergilediğini ve yüzey pürüzlülüğünün daha fazla olduğunu; ancak polisaj yapılmış porselen yüzeyinde bulunan ufak porozite ve defektlerden dolayı renklendirici solüsyona bir retansiyon kaynağı sağlayarak daha fazla renklenmeye neden olduğunu savunmuşlardır. Çalışmamızda SEM incelemesinde polisaj yapılan örneklerde yüzeyde oluklu yapı gözlenirken her iki yöntemle glaze yapılan örneklerin daha pürüzsüz olması, bu görüşü destekler niteliktedir.

Al-Wahadni ve Martin (1998), polisaj işlemi sırasında porselen yüzeyinden uzaklaşan partiküllerin, aşındırıcı etki yaparak yüzey tabakasında çizikler oluşturduğunu savunmuşlardır. Böylelikle, daha küçük partikül boyutuna sahip olan porselenlerin yüzeyinde polisaj işlemi sonrasında daha az çizik oluşacağını ve buna bağlı olarak daha iyi renk stabilitesi olacağını düşünmek mümkündür. Çalışmamızda polisaj yapılan örneklerde 7 gün kahvede bekletme sonrası renk stabiliteyi incelendiğinde, elde edilen tüm değerler klinik olarak kabul edilebilir limitler içinde iken ($<3,3$), küçük partikül boyutuna sahip olan IPS e.maxCeram en düşük, nispeten daha büyük partikül boyutuna sahip Vita VMK 95 en yüksek ΔE değerine sahiptir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).

Çalışmamızın sonuçlarına göre, incelenen porselen materyallerinin 7 gün kahvede bekletilmesi sonrasında elde edilen ΔE değeri açısından mikrodalga ve geleneksel fırında glaze işlemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark

bulunmamaktadır. O'Brien (2002c) tarafından yapılan sınıflamaya göre mikrodalga ve geleneksel fırında glaze işlemi uygulanan porselen materyallerinin renk stabilitelelerini çok iyi olarak nitelendirebilmek mümkündür.

Çalışmamızda geleneksel fırında glaze işlemi uygulanan Vita VMK 95 porselen materyalinin 7 gün kahve solüsyonunda bekletilmesi sonrasında elde edilen ΔE değeri $0,505 \pm 0,47$ dir. Elde edilen bu sonuç, glaze uygulanan Vita VMK 95 örneklerin kahve solüsyonunda 7 gün bekletilmesinden sonra yapılan renk ölçümlerinde ΔE değerini $0,5634 \pm 0,091$ olarak hesaplayan Günay ve ark. (2009) ile uyumludur.

Esquivel ve ark. (1995), üç ultra düşük ısı porselen materyalini (Vita VMK 68, Procera ve Duceratin) metilen mavisinde 24 saat beklettikten sonra ΔE değerlerini sırasıyla $0,67 \pm 0,14$, $0,63 \pm 0,18$ ve $0,56 \pm 0,19$ olarak hesaplamıştır. Çalışmamızda, bu porselen materyalleri ile yakın sıcaklıklarda glaze fırınlaması yapılan IPS e.maxCeram porseleni için 7 gün kahvede bekletme sonrasında hesaplanan ΔE değeri $0,851 \pm 0,718$ ' dir. Daha önce de değinildiği gibi, en fazla renk değişimi 7. günde oluşmaktadır (Samra ve ark. 2008). Esquivel ve ark. (1995), örnekleri renklendirici solüsyonda 24 saat bekletirken, çalışmamızda 7 günlük bekletme süresi kullanılmasının yanında, renklendirici solüsyonların farklı olması da göz ardı edilemez.

Samra ve ark. (2008) çalışmalarında geleneksel fırında glaze işlemi uygulanan Empress II porselen örnekleri için elde edilen ΔE değerlerinin, kahve solüsyonunda 7 günlük bekletilme sonrasında $1,15 \pm 0,56$ olduğunu bildirilmişlerdir. Çalışmamızda geleneksel porselen fırınında glaze işlemi uygulanan IPS e.maxCeram, Vita VM 9, Vita VM 13, Vita VMK 95 porselenleri için 7 gün kahve solüsyonunda bekletilme sonrasında hesaplanan ΔE değerleri, Samra ve ark. (2008)' nin belirttikleri değerden daha düşüktür. Samra ve ark. (2008), 250 ml suya 25 g kahve (Cafe Lontrinha, Ponta Grossa, PR, Brazil) ekleyerek solüsyon hazırlarken, çalışmamızda 600 ml kaynamış distile suya 7,2 g çözünebilir hazır kahve (Nescafe Classic, Nestle, İsviçre) eklenerek hazırlanmıştır. İki çalışma arasındaki ΔE değeri farklılığının, kullanılan kahve markasının ve oranının aynı olmamasına bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

Mikrodalga ile glaze yapılan örnekler için çalışmamızda elde ettiğimiz ΔE değerleri ile kıyaslama yapabileceğimiz çalışmalar bulunmamaktadır.

Elde ettiğimiz sonuçlara göre, yüzey pürüzlülüğü ile renk değişimi arasında istatistiksel ilişki olmadığı görülmektedir. Bu bulgumuz Yuzugullu ve ark. (2009)' nın

bulguları ile uyumludur. Yuzugullu ve ark.(2009), Ra değerleri ile renk değişimi arasında doğrusal bir ilişki bulunmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Sıvı, hava ve katı ara yüzünde oluşan temas açısının ölçülmesi, katı materyallerin ıslanabilirlik özelliklerini değerlendirmek amacıyla oldukça sık başvurulan bir yöntemdir (Namen ve ark., 2008). Temas açısının belirlenmesinde kullanılan temel yöntem sessile-drop tekniğidir (Lau ve ark., 2003). Çalışmamızda temas açıları bu teknik kullanarak belirlenmiştir.

Aksoy ve ark. (2006), Ceramco II porselen materyaline geleneksel porselen fırınında overglaze ve otoolaze yüzey işlemlerini uygulayarak, bu yüzey işlemlerinin porselen materyalinin ıslanabilirlik özelliğine etkilerini incelemiştir. Ra değerleri düşük olan overglaze grubunda ortalama 20° temas açısı gözlenirken; daha yüksek Ra değerleri elde edilen otoolaze grubunda 35-55° arasında değişen temas açısı değerleri ölçülmüştür. Çalışmamızda Vita VM 9 porselen materyali için geleneksel fırında glaze yapılan örneklerin temas açıları 28,21° iken, mikrodalga fırında glaze işlemi yapılan örneklerin temas açıları 29,09° olarak hesaplanmıştır. Ra₁ değerleri incelendiğinde, geleneksel fırında glaze yapılan örneklerin 0,798±0,08 µm, mikrodalga fırında glaze uygulanan örneklerin 0,817±0,033 µm pürüzlülüğe sahip olduğu görülmektedir. Aksoy ve ark. (2006) ile uyumlu olarak, çalışmamızda yüzey pürüzlülüğü az olan örneklerin temas açıları daha küçük bulunmuştur.

Çalışmamızda Vita VM 9 porseleni için, geleneksel fırında glaze yapılan örneklerin temas açıları ortalaması 28,21° ve ortalama ΔE değeri 0,657±0,191 iken; mikrodalga fırında glaze işlemi uygulanan örneklerin temas açıları ortalamasının 29,09° ve ortalama ΔE değerinin 0,632±0,407 olduğu belirlenmiştir. Mikrodalga ile glaze yapılan örneklerin ΔE değerleri istatistiksel olarak anlamlı olmasa da (p>0,05) daha düşük bulunmuştur. Temas açısı bir yüzeyin hidrofilik ya da hidrofobik özellikleri ile ilişkilidir. Yüksek temas açısı hidrofobik, düşük temas açısı hidrofilik yüzeyi tanımlar (An ve Friedman, 1998; Buegers, 2007). Hidrofobik yüzey, renklendirici solüsyon tarafından daha az ıslanacağından dolayı, daha az renklenmesi beklenen bir sonuçtur.

Çalışmamızın temas açısı sonuçlarına dayanarak porselen materyallerinin bakteriyel tutulum miktarları ile ilgili yorum yapabilmemiz oldukça zordur. Bu konuda bazı yazarlar hidrofobiklik arttıkça bakteri tutulumunun azalacağını savunurken (Olsson ve ark., 1992; Buegers ve ark., 2009), artacağını (Chandra ve ark., 2005) ya da arada

bir ilişki olmadığını savunanlar da vardır (Waters ve ark., 1997; Baveja ve ark., 2004; Serrano-Granger ve ark., 2005; Davidi ve ark., 2008; Gyo ve ark., 2008). Genel olarak, hidrofobik özelliklere sahip olan bakteriler hidrofobik yüzeylere, hidrofilik özelliklere sahip olan bakteriler hidrofilik yüzeylere tutunurlar (Satou ve ark., 1988). Ağızdaki patojen mikroorganizmaların materyal yüzeylerine tutunmaları, kimyasal içerik, yüzey enerjisi, yüzey pürüzlülüğü, yüzeyde bakterinin tutunabileceği fonksiyonel grupların bulunmasıyla da ilişkilidir (Kondo ve ark., 2010).

Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda incelenen porselen materyallerinin bakteriyel tutulum oranlarının değerlendirilmemiş olması, çalışmamız için bir sınırlamadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızın sınırlamaları dahilinde elde edilen sonuçlar ve yapılan öneriler şu şekildedir;

1. İncelenen tüm porselen materyalleri için polisaj yapılan örnekler, mikrodalga ve geleneksel fırında glaze uygulanan örneklerden daha pürüzsüzdür, ancak daha düşük renk stabilitesi göstermiştir.
2. İncelenen porselen materyallerinden sadece IPS e.maxCeram porseleni için mikrodalga ile glaze, geleneksel fırında glaze göre daha pürüzsüz yüzeyler oluşturdu. Bununla beraber, incelenen porselen materyalleri için iki glaze yöntemi arasında renk stabilitesi açısından fark bulunmadı.
3. Vita VM 9 porseleni için mikrodalga fırında glaze uygulanan örnekler, geleneksel fırında glaze yapılan örneklere göre daha düşük ıslanabilirlik özelliği gösterdi.
4. Çalışmamızda değerlendirilen tüm örnekler incelendiğinde yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimi arasında doğrusal ilişki bulunmadığı tespit edildi.
5. Polisaj işlemi glaze için bir alternatif olsa da, özellikle estetik bölgelerde düşük renk stabilitesi nedeniyle tercih edilmemelidir.
6. Mikrodalga ile glaze, geleneksel fırında glaze işlemi ile kıyaslandığında yüzey pürüzlülüğü, ıslanabilirlik ve renk değişimi açısından istatistiksel olarak anlamlı katkı sağlamasa da, zaman ve enerji tasarrufu, hacimsel ısınma sağlaması gibi avantajlarından dolayı alternatif bir yöntem olarak değerlendirilebilir.

7. KAYNAKLAR

- Agrawal DK. Microwave processing of ceramics. *Curr Opin Solid St M.* 1998;3(5):480-485.
- Ahmad R, Morgano SM, Wu BM, Giordano RA. An evaluation of the effects of handpiece speed, abrasive characteristics and polishing load on the flexural strenght of polished ceramics. *J Prosthet Dent.* 2005;94(5):421-429.
- Akın E. Diş hekimliğinde porselenin günümüze kadar geçirdiği aşamalar. Akın E. Editör, *Diş hekimliğinde porselen’de*, 3. Baskı, İstanbul; İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi. 1999;11-30.
- Aksoy G, Polat H, Polat M, Coskun G. Effect of various treatment and glazing (coating) techniques on the roughness and wettability of ceramic dental restorative surfaces. *Colloid Surface B*, 2006;53(2):254-259.
- Albakry M, Guazzato M, Swain MV. Biaxial flexural strength, elastic moduli, and x-ray diffraction characterization of three pressable all-ceramic materials. *J Prosthet Dent.* 2003;89(4):374-380.
- Albakry M, Guazzato M, Swain MV. Influence of hot pressing on the microstructure and fracture toughness of two pressable dental glass-ceramics. *J Biomed Mater Res-A.* 2004;71(1):99-107.
- Alkhiary YM, Morgano SM, Giordano RA. Effects of acit hydrolysis and mechanical polishing on surface residual stresses of low-fusing dental ceramics. *J Prosthet Dent.* 2003;90(2):133-142.
- Altunsoy S. Farklı post-core materyalleri ve siman renkleri kullanılarak, In-Ceram ve IPS Empress tam seramik restorasyonlardaki renk değişikliğinin incelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Doktora Tezi, 2001.
- Al-Wahadni A, Martin DM. Glazing and finishing dental porcelain: A literature review. *J Can Dent Assoc.* 1998;64(8):580-583.
- Al-Wahadni A. An in vitro investigation into the surface roughness of 2 glazed, unglazed and refinished ceramic materials. *Quintessence Int.* 2006;37(4):311-317.
- An YH, Friedman RJ. Concise review of mechanisms of bacterial adhesion to biomaterial surfaces. *J Biomed Mater Res.* 1998;43(3):338-348.
- Anusavice KJ, Hojjatie B. Effect of thermal tempering on strenght and crack propagation behavior of feldspathic porcelains. *J Dent Res.* 1991;70(6):1009-1013.
- Anusavice KJ. Dental ceramics. In: Anusavice KJ, editor. *Phillips’ science of dental materials*, 11th Ed., St. Louis; WB Saunders Company. 2003;655-719.

- Anusavice KJ, Antonson SA. Finishing and polishing materials. In: Anusavice KJ, editor. Phillips' science of dental materials, 11th Ed., St. Louis; WB Saunders Company. 2003;351-380.
- Anusavice KJ, Brantley LA. Physical properties of dental materials. In: Anusavice KJ, editor. Phillips' science of dental materials, 11th Ed., St. Louis; WB Saunders Company. 2003;41-72.
- Artopoulou II, Powers JM, Chambers MS. In vitro staining effects of stannous fluoride and sodium fluoride on ceramic material. J Prosthet Dent. 2010;103(3):163-169.
- Assuncao WG, Barao VA, Pita MS, Goiato MC. Effect of polymerization methods and thermal cycling on color stability of acrylic resin denture teeth. J Prosthet Dent. 2009;102(6):385-92.
- Atay A, Oruç S, Özen J, Sipahi C. Effect of accelerated aging on the color stability of feldspathic ceramic treated with various surface treatments. Quintessence Int. 2008;39(7):603-609.
- Aykent F, İnan Ö, Üşümez A, Sevimay M. Farklı polisaj yöntemleri uygulanan seramiklerde yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi. Gazi Üniv Diş Hek Fak Derg. 2001;18(2):63-67.
- Baharav H, Laufer B, Pilo R, Cardash HS. Effect of glaze thickness on the fracture toughness and hardness of alumina-reinforced porcelain. J Prosthet Dent. 1999;81(5):515-519.
- Basso MF, Giampaolo ET, Vergani CE, Machado AL, Pavarina AC, Ribeiro RC. Influence of microwave disinfection on the dimensional stability of denture relined polymers. J Prosthodont. 2010;19(5):364-368.
- Baveja JK, Willcox MD, Hume EB, Kumar N, Odell R, Poole-Warren LA. Furanones as potential anti-bacterial coatings on biomaterials. Biomaterials. 2004;25(20):5003-5012.
- Baydaş S. Diş hekimliğinde porselen. In: Baydaş S. Editör, Kron-köprü protezleri'nde, 1. Baskı, Ankara; Özyurt matbaacılık. 2005;202-206.
- Bayne SC, Heymann HO. CAD/CAM in dentistry: Present and future applications. Quintessence Int. 1996;27(6):431-437.
- Bello A, Jarvis RH. A review of esthetic alternatives for the restoration of anterior teeth. J Prosthet Dent. 1997;78(5):437-440.
- Bindl A, Mörmann WH. Clinical and SEM evaluation of all-ceramic chair-side CAD/CAM-generated partial crowns. Eur J Oral Sci. 2003;111(2):163-169.

- Bindl A, Mörmann WH. An up to 5 year clinical evaluation of posterior In-ceramCAD/CAM core crowns. *Int J Prosthodont.* 2002;15(5):451-456.
- Bindl A, Richter B, Möhrmann WH. Survival of ceramic computer-aided design/manufacturing crowns bonded to preparations with reduced macroretention geometry. *Int J Prosthodont.* 2005;18(3):219-224.
- Blatz MB. Long-term clinical success of all-ceramic posterior restorations. *Quintessence Int.* 2002;33(6):415-426.
- Booske JH, Cooper RF, Freeman SA. Microwave enhanced reaction kinetics in ceramics. *Mat Res Innovat.* 1997;1(2):77-84.
- Bollen C, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater.* 1997;13(4):258-269.
- Bottino MC, Valandro LF, Kantorski KZ, Bressiani JC, Bottino MA. Polishing Methods of an Alumina-Reinforced Feldspar Ceramic. *Braz Dent J.* 2006;17(4):285-289.
- Bourauel C, Fries T, Drescher D, Plietsch R. Surface roughness of orthodontic wires via atomic force microscopy, laser specular reflectance and profilometry. *Eur J Orthodont.* 1998;20(1):79-92.
- Brackett SE, Leary JM, Turner KA, Jordan RD. An evaluation of porcelain strength and the effect of surface treatment. *J Prosthet Dent.* 1989;61(4):446-451.
- Brewer JD., Garlapo DA, Chipps EA, Tedesco LA. Clinical discrimination between autoglazed and polished porcelain surfaces. *J Prosthet Dent.* 1990;64(6):631-635.
- Buergers R, Rosenritt M, Handel G. Bacterial adhesion of streptococcus mutans to provisional fixed prosthodontic material. *J Prosthet Dent.* 2007;98(6):461-469.
- Buergers R, Schneider-Brachert W, Hahnel S, Rosentritt M, Handel G. Streptococcal adhesion to novel low-shrink silorane-based restorative. *Dent Mater.* 2009;25:269-275.
- Bykov YV, Rybakov KI, Semenov VE. High-temperature microwave processing of materials. *J Phys D: Appl Phys.* 2001;34(13):55-75.
- Cal E, Güneri P, Köse T. Comparison of digital and spectrophotometric measurements of color shade guides. *J Oral Rehab.* 2006;33:221-228.
- Ccahuana VZS, Özcan M, Mesquita AMM, Nishioka RS, Kimpara ET, Bottino MA. Surface degradation of glass ceramics after exposure to acidulated phosphate fluoride. *J Appl Oral Sci.* 2010;18(2):155-65.

- Cengiz T, Mısırlıgil A, Aydın M. Tıp ve diş hekimliğinde genel ve özel mikrobiyoloji. Ankara; Güneş Kitabevi Ltd. Şti. 2004.
- Chandra J, Patel JD, Li J, Zhou G, Mukherjee P, McCormick TS, Anderson JM, Ghannoum MA. Modification of surface properties of biomaterials influences the ability of candida albicans to form biofilms. *Appl Environ Microbiol.* 2005;71(12):8795–8801.
- Chatterjee A, Basak T, Ayappa KG. Analysis of microwave sintering of ceramics. *AIChE J.* 1998;44(10):2303-2311.
- Cheung KC, Darvell BW. Sintering of dental porcelain: effect of time and temperature on appearance and porosity. *Dent. Mater.* 2002;18:163-173.
- Chu FC, Frankel N, Smales RJ. Surface roughness and flexural strength of self-glazed, polished and reglazed in-ceram/vitadur alpha porcelain laminates. *Int J Prosthodont.* 2000;13(1):66-71.
- Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent.* 2010;38(2):2-16.
- Clark DE, Sutton WH. Microwave processing of materials. *Annu Rev Mater Sci.* 1996;26:299-331.
- Clark DE, Folz DC, West JK. Processing materials with microwave energy. *Mater Sci Eng.* 2000;A287:153–158.
- Conrad HJ, Seong W, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: A systematic review. *J Prosthet Dent.* 2007;98(5):389-404.
- Consani RL, Azevedo DD, Mesquita MF, Mendes WB, Saquy PC. Effect of repeated disinfections by microwave energy on the physical and mechanical properties of denture base acrylic resins. *Braz Dent J.* 2009;20(2),132-137.
- Consani RL, Carmignani MR, Mesquita MF, Correr-Sobrinho L, Guiraldo RD. Effect of microwave treatment on the shear bond strength of different types of commercial teeth to acrylic resin. *Gerodontol.* 2010;27(3):236-242.
- Corciolani G, Vichi A, Louca C, Ferrari M. Color match of two different ceramic systems to selected shades of one shade guide. *J Prosthet Dent.* 2011;105(3):171-176.
- Coşkun A, Yaluğ S. Metal desteksiz porselen sistemleri. *Cumhuriyet Üniv Diş Hek Fak Derg.* 2002;5(2):97-102.
- Craig RG. Ceramic-metal systems. In: Craig RG, Powers JM, editors. *Restorative dental materials.* 11th Ed., St Louis; Mosby Year Book Inc.. 2002;575-592.

- Cury-Saramago AA, Coimbra PR, Izquierdo AM, Elias CN, Ruellas ACO, Sant'Anna EF. Ceramic surface polishing techniques after removal of orthodontic adhesive. *Angle Orthodont.* 2009;79(4):790-795.
- Dancy WMK, Yaman P, Dennison JB, O'Brien WJ, Razzoog ME. Color measurements as quality criteria for clinical shade matching of porcelain crowns. *J Esthet Restor Dent.* 2003;15(2):114-122.
- Da Silva JD, Park SE, Weber HP, Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometer system on tooth color reproduction. *J Prosthet Dent.* 2008;99(5):361-368.
- Davidi MP, Beyth N, Weiss EI, Eilat Y, Feuerstein O, Sterer N. Effect of liquid-polish coating on in biofilm accumulation on provisional restorations: part 2. *Quintessence Int.* 2008;39(1):45-49.
- Della Bona A, Mecholsky JJ, Anusavice KJ. Fracture behaviour of lithia disilicate and leucite-based ceramics. *Dent Mater.* 2004;20:956-962.
- Denry IL. Ceramics. In: Craig RG, Powers JM, editors. *Restorative dental materials*, 11th Ed., St Louis; Mosby Year Book Inc. 2002;550-574.
- Denry I. Recent advances in ceramics for dentistry. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1996;7(2):134-143.
- Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Scharer P. Heat-pressed ceramics: technology and strength. *Int J Prosthodont.* 1992;5(1):9-16.
- Donovan TE. Factors essential for successful all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc.* 2008;139(9):14-18.
- Dozic A, Kleverlaan CJ, Meegdes M, van der Zel J, Feilzer AJ. The influence of porcelain layer thickness on the final shade of ceramic restorations. *J Prosthet Dent.* 2003;90(6):563-570.
- Dozic A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *J Prosthodont.* 2007;16(2):93-100.
- Endo T, Finger WJ, Kanehira M, Utterodt A, Komatsu M. Surface texture and roughness of polished nanofill and nanohybrid resin composites. *Dent Mater J.* 2010;29(2):213-223.
- Eroğlu E, Küçükeşmen HC, Uluhan B. S.D.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi kliniğine müracaat eden hastaların diş rengi dağılımının saptanması. *SDÜ Tıp Fak Derg.* 2007;14(2):28-32.

- Ersu B, Yuzugullu B, Yazici R, Canay S. Surface roughness and bond strengths of glass infiltrated alumina-ceramics prepared using various surface treatments. *J Dent.* 2009;37(11):848-856.
- Ertan AA, Şahin E. Colour stability of low fusing porcelains: an in vitro study. *J Oral Rehab.* 2005;32(5):358-361.
- Ertuş E, Güler AU, Yücel AÇ, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J.* 2006;25(2):371-376.
- Esquivel JF, Chai J, Wozniak W. Color stability of low-fusing porcelains for titanium. *Int J Prosthodont.* 1995;8(5):479-485.
- Fairhurst CW, Lockwood PE, Ringle RD, Thompson WO. The effect of glaze on porcelain strength. *Dent Mater.* 1992;8(3):203-207.
- Fais LM, Pinelli LA, Adabo GL, Silva RH, Marcelo CC, Guaglianoni DG. Influence of microwave sterilization on the cutting capacity of carbide burs. *J Appl Oral Sci.* 2009;17(6):584-589.
- Fasbinder DJ, Dennison JB, Heys D, Neiva G. A clinical evaluation of chairside lithium disilicate CAD/CAM crowns: A two-year report. *J Am Dent Assoc.* 2010;141(2):10-14.
- Flury S, Lussi A, Zimmerli B. Performance of different polishing techniques for direct CAD/CAM ceramic restorations. *Oper Dent.* 2010;35(4):470-481.
- Frederick CS, Frankel N, Smales RJ. Surface roughness and flexural strength of self glazed, polished and reglazed in-ceram vitadur alpha porcelain laminates. *Int J Prosthodont.* 2000;13(1):66-71.
- Fuzzi M, Zaccheroni Z, Vallania G. Scanning electron microscopy and profilometer evaluation of glazed and polished dental porcelain. *Int J Prosthodont.* 1996;9(5):452-458.
- Garbelini WJ, Henriques GEP, Junior MT, Mesquita MF, Dezan CC. Evaluation of low-fusing ceramic systems combined with titanium grades II and V by bending test and scanning electron microscopy. *J Appl Oral Sci.* 2003;11(4):354-360.
- Gehrke P, Riekeberg U, Fackler O, Dhom G. Comparison of in vivo visual, spectrophotometric and colorimetric shade determination of teeth and implant-supported crowns. *Int J Comput Dent.* 2009;12(3):247-263.
- Ghani F, Kikuchi M, Lynch CD, Watanabe M. Effect of some curing methods on acrylic maxillary denture base fit. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2010;18(3):132-138.

- Giordano RA, Campbell S, Pober R. Flexural strenght of feldspathic porcelain treated with ion exchange, overglaze and polishing. *J Prosthet Dent.* 1994;71(5):468-472.
- Giordano R, Cima M, Pober R. Effect of surface finish on the flexural strenght of feldspathic and aluminous dental ceramics. *Int J Prosthodont.* 1995;8(4):311-319.
- Giordano R. Materials for chairside CAD/CAM-produced restorations. *J Am Dent Assoc.* 2006;137(1):14-21.
- Goldstein GR, Barnhard BR, Penugonda B. Profilometer, SEM and visual assessmeny of porcelain polishing methods. *J Prosthet Dent.* 1991;65(5):627-634.
- Griggs JA, Thompson JY, Anusavice KJ. Effects of flaw size and auto glaze treatment on porcelain strenght. *J Dent Res.* 1996;75(6):1414-1417.
- Guazzato M, Albakry M, Swain MV, Ironside J. Mechanical properties of in-ceram alümina and in-ceram zirconia. *Int J Prosthodont.* 2002;15:339-346.
- Guazzato M, Albakry M, Quach L, Swain MV. Influence of grinding, sandblasting, polishing and heat treatment on the flexural strenght of a glass-infiltrated alümina-reinforced dental ceramic. *Biomater.* 2003;25(11):2153-2160.
- Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strenght, fracture toughness and microstructure of all-ceramic materials. Part I. Pressable and alümina glass-infiltrated ceramics. *Dent Mater.* 2004;20(5):441-448.
- Guess PC, Kulisa A, Witkowski S, Wolkewitz M, Zhang Y, Strub JR. Shear bond strengths between different zirconia cores andveneering ceramics and their susceptibility to thermocycling. *Dent Mater.* 2008;24(11):1556-1567.
- Güler AU, Kurt S, Kulunk T. Effect of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2005a;93(5):453-458.
- Güler AU, Yılmaz F, Külünk T, Güler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2005b;94(2):118-124.
- Güler AU, Güler E, Yücel AÇ, Ertaş E. Effects of polishing procedures on color stability of composite resins. *J Appl Oral Sci.* 2009;17(2):108-112.
- Günay Y, Atay A, Özkan Y, Akyil S, Karayazgan B, Toksoy F. Effect of colored beverages on the color stability of feldspathic porcelain subjected to various surface treatments. *Quintessence Int.* 2009;40(7):41-48.
- Gyo M, Nikaido T, Okada K, Yamauchi J, Tagami J, Martin K. Surface response of fluorine polymer-incorporated resin composites to cariogenic biofilm adherence. *Appl Environ Microbiol.* 2008;74(5):1428-1435.

- Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Hillis S. Clinical assessment of high-strength all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent.* 2000;83(4):396–401.
- Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: Core materials. *J Prosthet Dent.* 2002a;88(1):4-9.
- Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: Core and veneer materials. *J Prosthet Dent.* 2002b;88(1):10-15.
- Heintze SD, Forjanic M, Rousson V. Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro. *Dent Mater.* 2006;22(2):146-165.
- Hobo S, Iwata T. Castable apatite ceramics as a new biocompatible restorative material. *Quintessence Int.* 1985;2:135-141.
- Hondrum SO. A review of the strength properties of dental ceramics. *J Prosthet Dent.* 1992;67(6):859-865.
- Höland W, Schweiger M, Frank M, Rheinberger V. A comparison of microstructure and properties of IPS Empress II and IPS Empress glass ceramics. *J Biomed Mater Res.* 2000;53(4):297-303.
- Höland W, Rheinberger V, Schweiger M. Control of nucleation in glass ceramics. *Phil Trans R Soc Lond A.* 2003;361(1804):575-589.
- Höland W, Rheinberger V, Apel E, Höland M, Dommann A, Obrecht M, Mauth C, Graf-Hausner U. Clinical application of glass ceramics in dentistry. *J Mater Sci: Mater Med.* 2006;17(11):1037-1042.
- [http://www.ivoclarvivadent.com/zoolu-website/media/document/1264/IPS+e-max+Ceram, 2011a.](http://www.ivoclarvivadent.com/zoolu-website/media/document/1264/IPS+e-max+Ceram, 2011a)
- [http://www.ivoclarvivadent.com/zoolu-website/media/document/4261/IPS+e-max+Ceram +Essence+Glaze+Powder, 2011b.](http://www.ivoclarvivadent.com/zoolu-website/media/document/4261/IPS+e-max+Ceram +Essence+Glaze+Powder, 2011b)
- [http://www.ivoclarvivadent.com/zoolu-website/media/document/4288/IPS+e-max+Ceram+Glaze+and+Stains+Liquid+allround, 2011c.](http://www.ivoclarvivadent.com/zoolu-website/media/document/4288/IPS+e-max+Ceram+Glaze+and+Stains+Liquid+allround, 2011c)
- [http://vident.com/files/2008/12/VM9-Working-Instructions_rev08091.pdf, 2011a.](http://vident.com/files/2008/12/VM9-Working-Instructions_rev08091.pdf, 2011a)
- http://vident.com/files/2009/02/vm13_working-instructions_09.pdf, 2011b
- [http://vident.com/files/2009/01/vmk_95905e.pdf, 2011c.](http://vident.com/files/2009/01/vmk_95905e.pdf, 2011c)
- <http://vident.com/files/2009/01/msds-0840c-akzent-stains-akzent-glaze.pdf, 2011d>

<http://vident.com/files/2009/01/msds-0841b-akzent-fluid.pdf>, 2011e

- Huang SG, Biest O, Vleugels J. Microwave sintering of CeO₂ and Y₂O₃ co-stabilised ZrO₂ from stabiliser-coated nanopowders. *J Eur Ceram Soc.* 2007;27(2-3):689–693.
- Hulterström AK, Bergman M. Polishing systems for dental ceramics. *Acta Odontol Scand.* 1993;51:229-234.
- Jacobi R, Shillingburg HT, Duncanson MG. A comparison of the abrasiveness of six ceramic surfaces and gold. *J Prosthet Dent.* 1991;66:303–309.
- Jahangiri L, Reinhardt SB, Mehra RV, Matheson PB. Relationship between tooth shade value and skin color: an observational study. *J Prosthet Dent.* 2002;87(2):149-152.
- Janus J, Fauxpoint G, Arntz Y, Pelletier H, Etienne O. Surface roughness and morphology of three nanocomposites after two different polishing treatments by a multitechnique approach. *Dent Mater.* 2010;26(5):416-425.
- Jefferies SR. The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. *Dent Clin North Am.* 1998;42(4):613–627.
- Johnston WM, Lee Y, Lu H, Roeder LB. Other appearance attributes. In: Paravina R, Powers J, editors. *Esthetic color training in dentistry.* 1st Ed., St. Louis; Mosby Inc. 2004;39-50.
- Joiner A. Tooth color: a review of the literature. *J Dent.* 2004;32(1):3-12.
- Jung M. Finishing and polishing of a hybrid composite and a heat-pressed glass ceramics. *Oper Dent.* 2002;27(2):175-183.
- Junqueira, LC. Study Designs In: Junqueira LC, Carneiro J, Kelly RO, editors. *Basic histology.* 7th Ed., Lange; Appleton& Lange. 1992;1-17.
- Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N. Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *J Mater Sci: Mater Med.* 2007;18(1):155-163.
- Karamouzos A, Papadopoulos A, Kolokithas G, Athanasiou AE. Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *J Oral Reh.* 2007;34(8):613-621.
- Kawai K, Urano M, Ebisu S. Effect of surface roughness of porcelain on adhesion of bacteria and their synthesizing glucans. *J Prosthet Dent.* 2000;83(6):664–667.
- Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: Historical roots and current perspectives. *J Prosthet Dent.* 1996;75(1):18-32.

- Kim I, Lee Y, Lim B, Kim C. Effect of surface topography on the color of dental porcelain. *J Mater Sci: Mater Med.* 2003;14(5):405-409.
- Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent.* 2009;101(3):193-199.
- Knispel G. Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth. *Quintessence Int.* 1991;22(7):525-531.
- Kondo Y, Takagahi T, Okudo M, Ikeda M, Kamoda Y, Yamauchi J, Okada K, Sadr A, Nikaido T, Tagami J. Effect of PMMA filler addition on the physical properties of resin composite. *Dent Mater J.* 2010;29(5):596-601.
- Korkmaz T, Dogan A, Dogan OM, Demir H. The bond strength of a highly cross-linked denture tooth to denture base polymers: a comparative study. *J Adhes Dent.* 2011;13(1):85-92. doi: 10.3290/j.jad.a18241.
- Kou W, Molin M, Sjögren G. Surface roughness of five different dental ceramic core materials after grinding and polishing. *J Oral Rehab.* 2006;33(2):117-124.
- Lau KKS, Bico J, Teo KBK, Chhowalla M, Amaratunga GAJ, Milne WI, McKinley GH, Gleason KK. Superhydrophobic carbon nanotube forests. *Nano Lett.* 2003;3(12):1701-1705.
- Lee Y, Lim B, Kim C, Powers JM. Comparison of color of resin composites of white and translucent shades with two shade guides. *J Esthet Rest Dent.* 2001;13(3):179-186.
- Lou MR. Colorimetry. In: Paravina R, Powers J, editors. *Esthetic color training in dentistry.* 1st Ed., St. Louis; Mosby Inc. 2004;17-38.
- Lüthy H, Filser F, Loeffel O, Schumacher M, Gauckler LJ, Hammerle CHF. Strength and reliability of four-unit all-ceramic posterior bridges. *Dent Mater.* 2005;21(10):930-937.
- Machado AL, Breeding LC, Vergani CE, Cruz Perez LE. Hardness and surface roughness of reline and denture base acrylic resins after repeated disinfection procedures. *J Prosthet Dent.* 2009;102(2):115-22.
- Mackert JR, Russell CM. Leucite crystallization during processing of a heat-pressed dental ceramic. *Int J Prosthodont.* 1996;9(3):261-265.
- Manicone PF, Iommetti PR, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J Dent.* 2007;35(11):819-826.
- Martin N, Jedynakiewicz NM. Clinical performance of CEREC ceramic inlays: a systematic review. *Dent Mater.* 1999;15(1):54-61.

- Martinez-Gomis J, Bizar J, Anglada JM, Samsó J, Peraire M. Comparative evaluation of four finishing systems on one ceramic surface. *Int J Prosthodont.* 2003;16(1):74–77.
- McLaren EA, White SN. Survival of In-Ceram crowns in a private practice: a prospective clinical trial. *J Prosthet Dent.* 2000;83(2):216-222.
- McLean JW, Odont D. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *J Prosthet Dent.* 2001;85(1):61-66.
- McLean JW, Hughes TH. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. *Brit Dent J.* 1965;119(6):251-267.
- Messer PF, Piddock V, Lloyd CH. The strength of dental ceramics. *J Dent.* 1991;19(1):51-55.
- Mironov VL. Fundamentals of Scanning Probe Microscopy. The Russian Academy of Sciences Institute of Physics of Microstructures, Nizhniy Novgorod. 2004;52-61.
- Montagner H, Montagner F, Braun KO, Peres PE, Gomes BP. In vitro antifungal action of different substances over microwaved-cured acrylic resins. *J Appl Oral Sci.* 2009;17(5):432-435.
- Möhrmann WH, Bindl A. The new creativity in ceramic restorations: Dental CAD-CIM. *Quintessence Int.* 1996;27(12):821-828.
- Namen F, Galan J, Olivera JF, Cabreira RD, Filho FCS, Souza AB, Deus G. Surface properties of dental polymers: measurements of contact angles, roughness and fluoride release. *Mater Res.* 2008;11(3):239-243.
- Nayır E. Porselen ve metal-porselen bağlantısı. Nayır E. Editör, *Diş Hekimliği Maddeler Bilgisi'nde*, 7. Baskı, İstanbul; İ.Ü. Diş Hek Fak Yayınları. 1999;64-70.
- Neme AL, Fraiser KB, Roeder LB, Debner TL. Effect of prophylactic polishing protocols on the surface roughness of esthetic restorative materials. *Oper Dent.* 2002;27(1):50-58.
- Nohl FSA, Steele JG, Wassell RW. Crowns and other extra coronal restorations: Aesthetic Control. *Braz Dent J.* 2002;192(8):443-450.
- Obregon A, Goodkind R, Schwabacher WB, Chem B. Effects of opaque and porcelain surface texture on the color of ceramometal restorations. *J Prosthet Dent.* 1981;46(3):330-340.
- O'Brien WJ. Dental porcelain. In: O'Brien WJ. Editor. *Dental Materials and Their Selection*, 3rd Ed., Canada; Quintessence Publishing Co Inc. 2002a;210-224.

- O'Brien WJ. Abrasion, polishing and bleaching. In: O'Brien WJ. Editor. *Dental Materials and Their Selection*, 3rd Ed., Canada; Quintessence Publishing Co Inc. 2002b;156-164.
- O'Brien WJ. Color and appearance. In: O'Brien WJ. Editor. *Dental Materials and Their Selection*, 3rd Ed., Canada; Quintessence Publishing Co Inc. 2002c;24-36.
- Oh W, Shen C, Alegre B, Anusavice KJ. Wetting characteristic of ceramic to water and adhesive resin. *J Prosthet Dent*. 2002;88(6):616-621.
- Olsson J, Van der Heijde Y, Holmberg K. Plaque formation in vivo and bacterial attachment in vitro on permanently hydrophobic and hydrophilic surfaces. *Caries Res*. 1992;26(6):428-433.
- Ozturk O, Uludag B, Aslihan U, Sahin V, Celik G. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of two all-ceramic systems. *J Prosthet Dent*. 2008;100(2):99-106.
- Paul S, Peter A, Pietroban N, Hammerle CHF. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res*. 2002;81(8):578- 582.
- Pereira SMB, Kantorski KZ, Brentel AS, Valandro LF, Bottino MA. SEM analysis of the in situ early bacterial colonization on two novel feldspathic ceramics submitted to different types of glazing. *J Contemp Dent Pract*. 2008;9(2):1-7.
- Pires-de-Souza FC, Casemiro LA, Garcia LF, Cruvinel DR. Color stability of dental ceramics submitted to artificial accelerated aging after repeated firings. *J Prosthet Dent*. 2009;101(1):13-18.
- Pjetursson BE, Sailer I, Zwahlen M, Hammerle CHF. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal–ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part I: single crowns. *Clin Oral Imp Res*. 2007;18(3):73–85.
- Poskus LT, Latempa AM, Chagas MA, Silva EM, Leal MP, Guimaraes JG. Influence of post-cure treatments on hardness and marginal adaptation of composite resin inlay restorations: an in vitro study. *J Appl Oral Sci*. 2009;17(6):617-622.
- Powers JM. Optical, thermal and electrical properties. In: Craig RG, Powers JM, editors. *Restorative dental materials*. 11th Ed., St Louis; Mosby Year Book Inc.. 2002;38-66.
- Prasad S, Monaco EA, Kim H, Davis EL, Brewer JD. Comparison of porcelain surface and flexural strength obtained by microwave and conventional oven glazing. *J Prosthet Dent*. 2009;101(1):20-28.
- Pröbster L, Diehl J. Slip-casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. *Quintessence Int*. 1992;23(1):25-31.

- Put S, Vleugels J, Anne G, Van der Biest O. Processing of hardmetal coatings on steel substrates. *Scripta Mater.* 2003;48(9):1361-1366.
- Raigrodski AJ, Chiche GJ. The safety and efficacy of anterior ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2001;86(5):520-525.
- Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2004;92(6):557-562.
- Raptis NV, Michalakis KX, Hirayama H. Optical behavior of current ceramic systems. *Int J Periodont Rest Dent.* 2006;26(1):31-41
- Rasmussen ST, Ngaji-Okumu W, Boenke K, O'Brien WJ. Optimum particle size distribution for reduced sintering shrinkage of dental porcelain. *Dent Mater.* 1997;13(1):43-50.
- Reddy ES, Patil NP, Guttal SS, Jagadish HG. Effect of different finishing and polishing agents on the surface roughness of cast pure titanium. *J Prosthodont.* 2007;16(4):263-268.
- Ritter RG. Multifunctional uses of a novel ceramic-lithium disilicate. *J Esthet Restor Dent.* 2010;22(5):332-341.
- Rizzatti-Barbosa CM, Ribeiro-Dasilva MC. Influence of double flask investing and microwave heating on the superficial porosity, surface roughness, and knoop hardness of acrylic resin. *J Prosthodont.* 2009;18(6):503-506.
- Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc.* 1997;128(3):297-307.
- Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hämmerle CHF. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: fixed dental prostheses. *Clin Oral Imp Res.* 2007;18(3):86-96.
- Samra APB, Pereira SK, Delgado LC, Borges CP. Color stability evaluation of aesthetic restorative materials. *Braz Oral Res.* 2008;22(3):205-210.
- Sarac D, Sarac S, Yuzbasıoglu E, Bal S. The effects of porcelain polishing systems on the color and surface texture of feldspathic porcelain. *J Prosthet Dent.* 2006;96(2):122-128.
- Sarac D, Turk T, Elekdag-Turk S, Sarac YS. Comparison of 3 polishing techniques for 2 all-ceramic materials. *Int J Prosthodont.* 2007; 20(5): 465-468.
- Sarıkaya I, Güler AU. Effects of different polishing techniques on the surface roughness of dental porcelains. *J Appl Oral Sci.* 2010;18(1):10-16.

- Sarikaya I, Güler AU. Effects of various surface treatments on the color stability of various dental porcelains. *J Dent Sci.* 2011;doi:10.1016/j.jds.2011.03.001.
- Satou N, Satou J, Shintani H, Okuda K. Adherence of streptococci to surface-modified glass. *J General Microbiol.* 1988;134(5):1299-1305.
- Schmidlin PR, Göhring TN. Finishing tooth-colored restorations in vitro: an index of surface alteration and finish-line destruction. *Oper Dent.* 2004;29(1):80-86.
- Scurria MS, Powers, JM. Surface roughness of two polished ceramic materials. *J Prosthet Dent.* 1994;71(2):174-177.
- Segal BS. Retrospective assessment of 546 all-ceramic anterior and posterior crowns in general practice. *J Prosthet Dent.* 2001;85(6):544-550.
- Serrano-Granger C, Cecero-Lapiedra R, Campo-Trapero J, Rio-Highsmith J. In vitro study of the adherence of candida albicans to acrylic resins: relationship to surface energy. *Int J Prosthodont.* 2005;18(5):392-398.
- Sharma AK, Aravindhan S, Krishnamurthy R. Microwave glazing of alumina–titania ceramic composite coatings. *Mater Lett.* 2001;50(5-6):295–301.
- Shillingburg, HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. All ceramic restorations. In: Shillingburg, HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. *Fundamentals of Fixed Prosthodontics*, 3rd. Ed., Canada; Quintessence Publishing Co Inc. 1997a;433-454.
- Shillingburg, HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. Finishing and cementation. In: Shillingburg, HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. *Fundamentals of Fixed Prosthodontics*, 3rd. Ed., Canada; Quintessence Publishing Co Inc. 1997b;385-418.
- Silva MFA, Davies RM, Stewart B, Devizio W, Tonholo J, Silva JG, Pretty IA. Effect of whitening gels on the surface roughness of restorative materials in situ. *Dent Mater.* 2005;22:919–924.
- Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three dimensional nature of color. *J Prosthet Dent.* 2001;86(5):453-457.
- Stappert CF, Att W, Gerds T, Strub JR. Fracture resistance of different partial-coverage ceramic molar restorations: An in vitro investigation. *J Am Dent Assoc.* 2006;137(4):514-22.
- Stein DF, Edgar RH, Iskander MF, Johnson DL, Johnson SM, Lob CG, Shaw JM, Sutton WH, Tien PK. *Microwave Processing of Materials*. 1st Ed., Washington, National Academy Press. 1994;10-56.

- Sutton WH. Microwave processing of ceramic materials. *Am Ceram Soc Bull.* 1989;68(2):376-386.
- Tan K, Pjetursson BE, Lang NP, Chan ESY. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years III. Conventional FPDs. *Clin Oral Imp Res.* 2004;15(6):654-666.
- Tholt B, Miranda-Júnior WG, Prioli R, Thompson J, Oda M. Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer. *Oper Dent.* 2006;31(4):442-449.
- Thostenson ET, Chou TW. Microwave processing: Fundamentals and applications. *Composites part A: Appl Sci Manuf.* 1999;30(9):1055-1071.
- Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthet Dent.* 2002;88(6):585- 590.
- Uludag B, Usumez A, Sahin V, Eser K, Ercoban E. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of ceramic systems: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2007;97(1):25-31.
- Vleugels J, Volders I, Put S, Zhao C, Van der Biest O, Groffi,ls C, Luypaert PJ, Barbier G, Bourgeois L. Hybrid-microwave sintering of hardmetals and graded oxide composites. 15th International Plansee Seminar, Plansee Holding AG, Reutte, 2001;2:204-215.
- Vleugels J, Zhao C, Van der Biest O. Toughness enhancement of Ce-TZP by annealing in argon. *Scripta Mater.* 2004;50(5):679-683.
- Vult von Steyern P, Jonsson O, Nilner K. Five year evaluation of posterior all- ceramic three-unit (In-Ceram) FPDs. *Int J Prosthodont.* 2001;14(4):379-384.
- Wall GJ, Cipra LD. Alternative crown systems: is the metal-ceramic crown always the restoration of choice? *Dent Clin North Am.* 1992;36(3):765-781.
- Ward MT, Tate WH, Powers JM. Surface roughness of opalescent porcelains after polishing. *Oper Dent.* 1995;20(3):106-110.
- Wassel RW, Walls AWG, Steele JG. Crowns and extra-coronal restorations: Materials selection. *Brit Dent J.* 2002;192(4):199-211.
- Waters MGJ, Williams DW, Jagger RG, Lewis MAO. Adherence of candida albicans to experimental denture soft lining materials. *J Prosthet Dent.* 1997;77(3):306-312.
- Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent.* 2002;87(6):657-666.

- Whitehead SA, Shearer AC, Watts DC, Wilson NHF. Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic. *J Oral Rehab.* 1995;22(6):421-427.
- Whitehead SA, Shearer AC, Watts DC, Wilson NHF. Comparison of two stylus methods for measuring surface texture. *Dent Mater.* 1999;15(2):79-86.
- Wilder AD, Swift EJ, May KN, Thompson JY, McDougal RA. Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. *J Dent.* 2000;28(5):367-373.
- Williams RJ, Bibb R, Rafik T. A technique for fabricating patterns for removable partial denture frameworks using digitized casts and electronic surveying. *J Prosthet Dent.* 2004;91(1):85-88.
- Williamson RT, Kovarik RE, Mitchell RJ. Effects of grinding, polishing and overglazing on the flexure strength of a high-leucite feldspathic porcelain. *Int J Prosthodont.* 1996;9(1):30-37.
- Wright MD, Masri R, Driscoll CF, Romberg E, Thompson GA, Runyan DA. Comparison of three systems for the polishing of an ultra-low fusing dental porcelain. *J Prosthet Dent.* 2004;92(5):486-490.
- Yavuzylmaz H, Turhan B, Kurt E, Bavbek B. Tam porselen sistemleri I. *Gazi Üniv Diş Hek Derg.* 2005;22(1):41-48.
- Yılmaz C, Korkmaz T, Demirköprülü H, Ergün G, Özkan Y. Color stability of glazed and polished dental porcelains. *J Prosthodont.* 2008;17(1):20-24.
- Yuzugullu B, Celik C, Erkut S, Ozcelik TB. The effects of extraoral porcelain polishing sequences on surface roughness and color of feldspathic porcelain. *Int J Prosthodont.* 2009;22(5):472-475.
- Yüksel G, Çekiç C, Özkan P. Metal desteksiz porselen sistemleri. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg.* 2000;10(2):79-88.
- Zaimoğlu A, Can G, Ersoy AE, Aksu L. Dental porselenler. Zaimoğlu A, Can G, Ersoy AE, Aksu L. Editörler, *Diş hekimliğinde maddeler bilgisi'nde*, 1. Baskı, Ankara; Ankara Üniversitesi Basımevi. 1993;355-390.
- Zaimoğlu A, Can G. Porselen-metal kronlar. Zaimoğlu A, Can G. Editörler, *Sabit protezler'de*, 1. Baskı, Ankara; Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları. 2004a;111-133.
- Zaimoğlu A, Can G. Tamamı seramik (yüksek dirençli) kronlar. Zaimoğlu A, Can G. Editörler, *Sabit protezler'de*, 1. Baskı, Ankara; Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları. 2004b;135-148.

Zhao C, Vleugels J, Groffils C, Luypaert PJ, Van der Biest O. Hybrid sintering with tubular susceptor in a cylindrical single-mode microwave furnace. *Acta Mater.* 2000;48(14):3795-3801.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Ankara' da doğdum. İlköğrenimimi Kooperatifler İlköğretim Okulu ve Afşin Bey İlköğretim Okulu' nda, ortaöğrenimimi ise Kaya Bayazıtöğlu Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi' nde tamamladım. 2001 yılında lisans eğitimize başladığım Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nden 2006 yılında mezun oldum. Şubat 2007' de Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda doktora eğitime başladım. Halen aynı anabilim dalında doktora eğitime devam etmekteyim. Evliyim. Yabancı dilim İngilizce'dir.

