T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

ISITILMIŞ TÜTÜN ÜRÜNLERİ VE GELENEKSEL SİGARALARIN DENTAL MATERYALLERİN RENK DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İBRAHİM ERHAN

TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi Esra BİLGİ ÖZYETİM

İSTANBUL, 2026

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

ISITILMIŞ TÜTÜN ÜRÜNLERİ VE GELENEKSEL SİGARALARIN DENTAL MATERYALLERİN RENK DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İBRAHİM ERHAN

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Esra BİLGİ ÖZYETİM
Jüri Üyesi: Prof. Dr. Sevil Meral Şahmalı
Jüri Üyesi: Prof. Dr. Onur Geçkili

İSTANBUL, 2026

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
TEZ ONAY BELGESİ

Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı 23111104001 numaralı yüksek lisans öğrencisi İbrahim Erhan'ın "Isıtılmış Tütün Ürünleri ve Geleneksel Sigaraların Dental Materyallerin Renk Değişimi Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi" adlı tez çalışması, Enstitümüz Yönetim Kurulunun 16/02/2026 tarih ve 2026/07 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 09/03/2026

Dr. Öğr. Üyesi Esra Bilgi Özyetim
Tez Danışmanı

Jüri Üyesi
Prof. Dr. Onur Geçkili

Jüri Üyesi
Prof. Dr. Sevil Meral Şahmalı

ETİK BEYAN

İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tezde;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,

- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,

- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,

- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

27/01/ 2026

İbrahim ERHAN

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın planlanmasından yürütülmesine kadar her aşamada değerli vaktini ve bilgisini benden esirgemeyen kıymetli danışmanım **Dr. Öğr. Üyesi Esra Bilgi Özyetim**'e; vizyonuyla çalışmama katkı sunan Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Başkanı **Prof. Dr. Sevil Meral Şahmali**'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Verilerin toplanması ve değerlendirilmesi sürecindeki kıymetli katkılarından dolayı **Prof. Dr. Onur Geckili** ve **Prof. Dr. Çağatay Dayan**'a şükranlarımı sunarım. Ayrıca akademik yolculuğum boyunca desteğini her daim hissettiğim **Dr. Öğr. Üyesi Egemen Sezen**'e ve teknik imkanlarını seferber eden **Philip Morris International (PMI)** ekibine teşekkür ederim. Son olarak, hayatım boyunca bana duydukları sonsuz güvenle her zaman yanımda olan ve bugünlere gelmemi sağlayan sevgili **aileme** teşekkürü bir borç bilirim.

İSTANBUL, 2026 İbrahim ERHAN

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN ..... **İ**
ÖNSÖZ ..... **İİ**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **V**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **Vİİ**
KISALTMALAR LİSTESİ ..... **Vİİİ**
ÖZET ..... **İX**
ABSTRACT ..... **Xİ**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL BİLGİLER **3**
2.1. Dental Materyaller **3**
2.1.1. CAD/CAM materyalleri **3**
2.2. Renk ve Renk Algısı **10**
2.2.1. Renk kavramı **10**
2.2.2. Renk sistemleri **11**
2.2.3. Renk algısını etkileyen faktörler **13**
2.2.4. Renk stabilitesi ve renk değişimi **15**
2.2.5. Renk ölçüm yöntemleri **16**
2.3. Renklenme **18**
2.4. Sigara ve Tütün Ürünleri **19**
2.4.1. Geleneksel sigara **20**
2.4.2. Alternatif nikotin dağıtım sistemleri **21**
2.4.3. Geleneksel sigara ve alternatif sistemlerin karşılaştırmalı etkileri **24**
2.5. Termal Siklus **26**
2.6. Çalışmanın Amacı **27**
2.7. Çalışmanın Sıfır Hipotezi (H_0) **27**
3. GEREÇ VE YÖNTEM **28**
3.1. Çalışma Gruplarının Belirlenmesi **28**
3.2. Örneklerin Hazırlanması **31**
3.3. Birinci Renk Ölçümü (T0) **32**
3.4. Termal Siklus ve İkinci Renk Ölçümü (T1) **33**

3.5. Maruziyet Protokolü 34
3.6. Üçüncü Renk Ölçümü (T2) 35
3.7. İstatistiksel İnceleme 36
4. BULGULAR 37
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 51
6. KAYNAKLAR 64

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2. 1: Geleneksel sigara, elektronik sigara (ENDS) ve ısıtılmış tütün ürünlerinin (HTP) renklenme mekanizmaları ve şiddeti 25
Tablo 4. 1: Yucera ST Color materyaline ait renk değişimi (ΔE) değerleri 38
Tablo 4. 2: Yucera ST Color materyalinin renk değişimi (ΔE) değerlerine ait tek yönlü varyans analizi sonuçları 39
Tablo 4. 3: Yucera ST Color materyalinin renk değişimi (ΔE) değerlerinin post hoc değerlendirilmesi 39
Tablo 4. 4: IPS e.max materyaline ait renk değişimi (ΔE) değerleri 40
Tablo 4. 5: IPS e.max materyalinin renk değişimi (ΔE) değerlerine ait tek yönlü varyans analizi sonuçları 41
Tablo 4. 6: IPS e.max materyalinin renk değişimi (ΔE) değerlerinin post hoc değerlendirilmesi 42
Tablo 4. 7: Vita Enamic materyaline ait renk değişimi (ΔE) değerleri 43
Tablo 4. 8: Vita Enamic materyalinin renk değişimi (ΔE) değerlerine ait tek yönlü varyans analizi sonuçları 44
Tablo 4. 9: Vita Enamic materyalinin renk değişimi (ΔE) değerlerinin post hoc değerlendirilmesi 44
Tablo 4. 10: Yapay tükürükte bekletilen Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişim (ΔE) değerleri 45
Tablo 4. 11: Yapay tükürükte bekletilen Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişimi (ΔE) değerlerinin tek yönlü varyans analizi sonuçları 46
Tablo 4. 12: Yapay tükürükte bekletilen Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişimi (ΔE) değerlerinin post hoc değerlendirilmesi 46
Tablo 4. 13: Geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişim (ΔE) değerleri 47
Tablo 4. 14: Geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişimi (ΔE) değerlerinin tek yönlü varyans analizi sonuçları 48

Tablo 4. 15: Geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişimi (ΔE) değerlerinin post hoc değerlendirilmesi 48
Tablo 4. 16: HTP aerosoluna maruz bırakılan Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişim (ΔE) değerleri 49
Tablo 4. 17: HTP aerosoluna maruz bırakılan Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişimi (ΔE) değerlerinin tek yönlü varyans analizi sonuçları 50
Tablo 4. 18: HTP aerosoluna maruz bırakılan Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişimi (ΔE) değerlerinin post hoc değerlendirilmesi 50

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1: CAD/CAM seramik materyallerin mikroyapısal özelikleri 4
Şekil 2. 2: Munsell renk sistemi 11
Şekil 2. 3: CIE L*a*b* renk sistemi 12
Şekil 2. 4: RGB renk sistemi 13
Şekil 2. 5: CIE L*a*b* sisteminde toplam renk farkının (ΔE*ab) hesaplanma formülü 17
Şekil 2. 6: Isıtılmış tütün ürünü IQOS cihazının yapısal ve fonksiyonel öğeleri 25
Şekil 3. 1: Yucera ST Color Zirkonya Blok 29
Şekil 3. 2: IPS e.max CAD 30
Şekil 3. 3: Vita Enamic CAD 31
Şekil 3. 4: Hassas kesim cihazı 31
Şekil 3. 5: Renk ölçümünün gerçekleştirildiği ışık kabini 33
Şekil 3. 6: Termal siklus cihazı 34
Şekil 3. 7: Renk değişimi formülü 36

KISALTMALAR LİSTESİ

CIE : Uluslararası Aydınlatma Komisyonu

HTP : Isıtılmış Tütün Ürünleri

PICN : Polymer-Infiltrated Network

ÖZET

ISITILMIŞ TÜTÜN ÜRÜNLERİ VE GELENEKSEL SİGARALARIN DENTAL MATERYALLERİN RENK DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Amaç: Bu çalışmada, farklı kimyasal içeriğe sahip CAD/CAM dental materyallerinin yapay yaşlandırma, geleneksel sigara dumanı ve ısıtılmış tütün ürünü (HTP) aerosollerine maruziyet sonrası renk stabilitesini değerlendirmek amaçlanmıştır.

Yöntem: Bu çalışmada monolitik zirkonya (Yucera ST Color), lityum disilikat cam seramik (IPS e.max CAD) ve hibrit seramik (VITA Enamic) olmak üzere üç farklı CAD/CAM dental materyal değerlendirilmiştir. Her materyalden hazırlanan örnekler; kontrol (yapay tükürük), geleneksel sigara ve ısıtılmış tütün ürünü (HTP) maruziyeti olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Örneklerin başlangıç renk ölçümleri (T0) gerçekleştirilmiş, bunu takiben tüm örneklere 5000 devir termal siklus işlemi uygulanmış ve ikinci renk ölçümleri (T1) yapılmıştır. Termal yaşlandırma sonrasında örnekler, günde 1 paket sigara kullanımına karşılık gelecek şekilde 1 aylık maruziyet protokolüne tabi tutulmuş; maruziyetin ardından üçüncü renk ölçümleri (T2) gerçekleştirilmiştir. Renk değişimleri, CIE Lab renk sistemi esas alınarak hesaplanan ΔE değerleri üzerinden değerlendirilmiştir.

Bulgular: T0–T1 zaman aralığında, 5000 döngü termal siklus uygulaması sonrasında tüm CAD/CAM materyallerinde ölçülen ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). T0–T2 ve T1–T2 zaman aralıklarında yapılan değerlendirmelerde ise maruziyet grupları arasında ΔE değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklar belirlenmiştir ($p < 0,05$). Geleneksel sigara grubunda ölçülen ΔE değerleri, tüm materyaller için hem HTP grubuna hem de kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Vita Enamic ve Yucera ST Color materyallerinde ölçülen ΔE değerlerinin IPS e.max materyaline kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$).

Sonuç ve Öneriler: CAD/CAM materyallerinin renk stabilitesi materyal bileşimi ve maruziyet tipine bağlı olarak değişmektedir. Geleneksel sigara dumanı, HTP aerosollerine kıyasla daha fazla renk değişimine yol açmaktadır. Klinik uygulamalarda özellikle hibrit seramik ve zirkonya esaslı restorasyonlarda sigara alışkanlıklarının göz önünde bulundurulması ve uzun dönem klinik çalışmalarla bulguların desteklenmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: CAD/CAM, Geleneksel Sigara, Isıtılmış Tütün Ürünü, Renk Stabilitesi, Termal Siklus.

İbrahim ERHAN, 2026

ABSTRACT

THE EFFECTS OF HEATED TOBACCO PRODUCTS AND CIGARETTE SMOKİNG ON COLOR CHANGES OF DENTAL MATERIALS

Objective: The aim of this study was to evaluate the color stability of CAD/CAM dental materials with different chemical compositions following artificial aging, exposure to conventional cigarette smoke, and heated tobacco product (HTP) aerosols.

Methods: Three CAD/CAM dental materials - monolithic zirconia (Yucera ST Color), lithium disilicate glass-ceramic (IPS Emax CAD), and hybrid ceramic (VITA Enamic)- were evaluated. Specimens were assigned to three groups according to exposure conditions: control (artificial saliva), conventional cigarette smoke, and heated tobacco product (HTP) aerosol. Baseline color measurements (T0) were recorded, followed by 5000 thermal cycles applied to all specimens and second measurements (T1). Subsequently, specimens were exposed to a one-month protocol corresponding to the consumption of one pack of cigarettes per day, and final color measurements (T2) were obtained. Color changes were calculated as ΔE values using the CIE Lab color system.

Results: In the T0–T1 time interval, no statistically significant differences were observed in ΔE values among the CAD/CAM materials following 5000 thermal cycles ($p > 0.05$). In contrast, statistically significant differences in ΔE values were identified among the exposure groups in the T0–T2 and T1–T2 time intervals ($p < 0.05$). ΔE values measured in the conventional cigarette group were significantly higher for all materials compared with both the HTP and control groups ($p < 0.05$). Additionally, the ΔE values obtained for VITA Enamic and Yucera ST Color were statistically significantly higher than those recorded for IPS Emax CAD ($p < 0.05$).

Conclusions and Recommendations: The color stability of CAD/CAM materials varies depending on material composition and type of exposure. Conventional cigarette smoke results in greater color changes compared with HTP aerosols. In

clinical practice, smoking habits should be considered, particularly for hybrid ceramic and zirconia-based restorations, and further long-term clinical studies are recommended to support these findings.

Keywords: CAD/CAM, Conventional cigarette, heated tobacco product, color stability, thermal cycling.

İbrahim ERHAN, 2026

1. GİRİŞ

Estetik, bireylerin yaşam kalitesini doğrudan etkileyen temel unsurlardan biridir. Estetiğin en dikkat çekici ve en belirleyici parametrelerinden biri renk olarak kabul edilmektedir (Mazur vd., 2024). Diş rengi; ışığın spektral özellikleri, protez materyallerinin optik davranışları, ağız içi çevresel koşullar, yaş ve bireysel algı gibi birçok faktörün etkileşimiyle şekillenmektedir. Bu nedenle doğru renk seçimi, protetik tedavinin hem en kritik hem de en zorlu aşamalarından birini oluşturmaktadır (Ghinea vd., 2025). Doğru renk seçimi yapılabilmesi için diş rengini etkileyen biyolojik ve çevresel faktörlerin ayrıntılı olarak anlaşılmasını gerektirmektedir. Araştırmalar; estetik beklentileri yüksek hastalarda protez materyalinin rengine bağlı memnuniyetsizliğin sosyal ilişkilerde özgüven kaybına, iletişim problemlerine ve psikolojik olumsuzluklara yol açabileceğini ortaya koymuştur (Militi vd., 2021; Stojilkovic vd., 2024; Ellakany vd., 2021).

Renklenmeler, intrinsik (içsel) ve ekstrinsik (dışsal) olmak üzere iki ana başlıkta incelenmektedir. İntrinsik renklenmeler; kullanılan protez materyallerinin yapısal özellikleri, yaşlanma süreçleri, polimerizasyon ve üretim tekniklerinden kaynaklanan farklılıklar gibi faktörlerle ilişkiliyken; ekstrinsik renklenmeler daha çok ağız içi çevresel faktörler (tükürük, plak birikimi), beslenme alışkanlıkları (çay, kahve gibi boyalı içecekler ve renkli yiyecekler) ve tütün ürünleri (sigara, nargile gibi) ile ilişkilidir (Kumar vd., 2025; Vennila vd., 2014; Kahler, 2022). Kahve, çay, kırmızı şarap ve çeşitli gıdaların yanı sıra tütün ürünleri, protez yüzeylerinde dışsal renklenmeye neden olan en önemli etkenler arasında yer almaktadır. Bu nedenle tütün tüketimi, protetik materyallerin renk stabilitesinin korunması açısından dikkate alınması gereken başlıca risk faktörlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Conte vd., 2024). Tütün ve tütün ürünleri içeriklerindeki katran, nikotin ve pigment oluşturan kimyasal bileşikler aracılığıyla yalnızca doğal dişlerde değil; protetik materyallerin yüzeylerinde de kalıcı renk değişikliklerine neden olmaktadır (Alonazi, 2024).

Günümüzde tütün ürünlerinin çeşitlenmesiyle birlikte, protetik materyallerde renklenmeye yol açan etkiler yalnızca geleneksel sigara ile sınırlı kalmamaktadır.

Elektronik sigaralar, ısıtılmış tütün ürünleri ve aerosol bazlı nikotin dağıtım sistemleri de protez materyallerinde renk değişimine neden olabilen ek faktörler olarak ortaya çıkmıştır (Hmood vd., 2025). Ürün yelpazesindeki bu genişleme, tütün kullanımının protezlerin renk stabilitesi üzerindeki etkilerinin daha kapsamlı şekilde değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, geleneksel ve yeni nesil tütün ürünlerinin dental restorasyonların renk stabilitesi üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi gerekliliğini vurgulamaktadır (Alnasser vd., 2021; Özsoy, 2022).

Literatürde geleneksel sigaranın dental materyallerin renk değişimlerine etkisini inceleyen çalışmalar (Alkhatib vd., 2005; Makkeyah vd., 2024) ile alternatif nikotin dağıtım sistemlerinin dental materyaller üzerindeki etkilerini değerlendiren araştırmalar (İbrahim vd., 2025; Alrabeah vd., 2023) bulunmaktadır. Ancak, yazarın bilgisi dahilinde, geleneksel sigara ve ısıtılmış tütün ürünlerini birlikte değerlendiren çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmada, farklı kimyasal içeriğe sahip CAD/CAM dental materyallerinin yapay yaşlandırma, geleneksel sigara dumanı ve ısıtılmış tütün ürünü aerosollerine maruziyet sonrası renk stabilitesini değerlendirmek amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

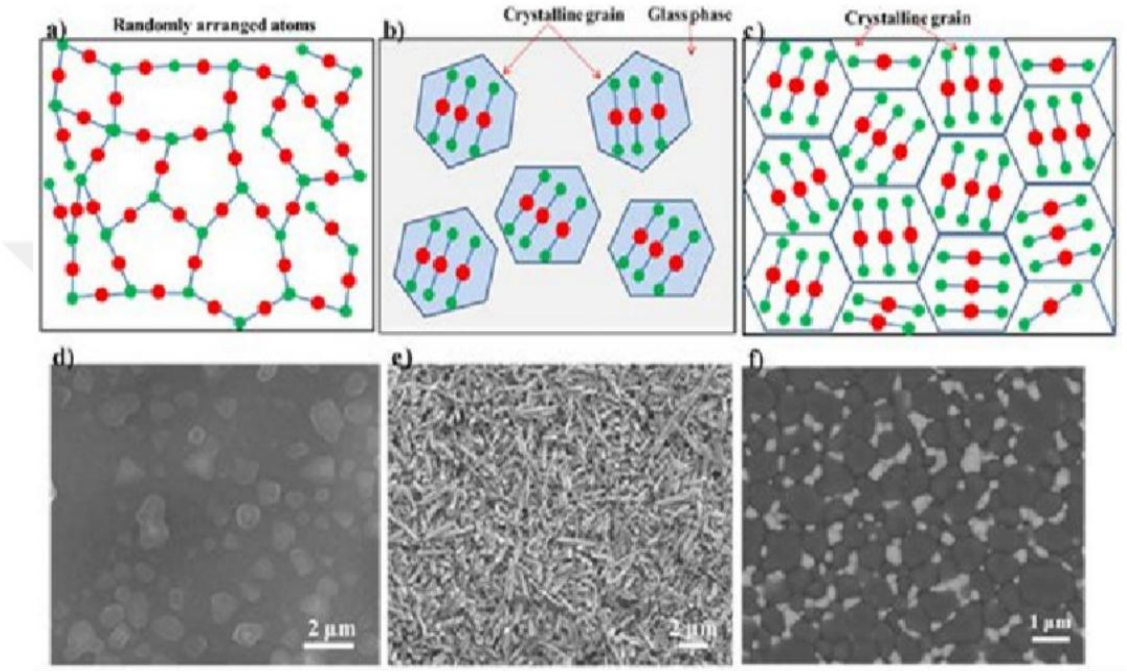
2.1. Dental Materyaller

Dental materyaller, kaybedilen dental yapıları fonksiyonel ve estetik açıdan yeniden oluşturmak amacıyla kullanılan biyouyumlu materyaller olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde protetik materyaller, teknolojik ilerlemelerle birlikte önemli bir dönüşüm geçirmiş; geleneksel el işçiliğine dayalı sistemlerden yüksek dayanımlı seramikler ve CAD/CAM temelli endüstriyel olarak güçlendirilmiş bloklara doğru evrilmiştir (Singer vd., 2023). Bu gelişim hem estetik beklentilerin yükselmesi hem de biyomekanik performansın artırılması gerekliliği ile yakından ilişkilidir. Protetik uygulamalarda kullanılan materyaller; polimer esaslı rezinler, yüksek dayanımlı seramikler ve hibrit yapılardan oluşan geniş bir yelpazeye sahiptir (Skorulska vd., 2021). Bu çeşitlilik, klinik gereksinimlere göre uygun materyalin seçilmesini zorunlu kılmakta ve materyal özelliklerinin dikkatle değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu materyallerin seçiminde biyouyumluluk, optik özellikler, mekanik dayanım, yüzey stabilitesi ve uzun dönem klinik performans belirleyici faktörler arasında yer almaktadır (Schmalz ve Widbiller, 2022; Laky vd., 2025).

2.1.1. CAD/CAM materyalleri

CAD/CAM sistemlerinin dental alandaki kullanımı 1980'li yıllarda başlamış; başlangıçta feldspatik seramik bloklarla sınırlı olan uygulamalar, zaman içinde lityum disilikat, zirkonya ve cam seramikler gibi yüksek dayanımlı materyallerin geliştirilmesiyle önemli ölçüde genişlemiştir (Pinargote vd., 2024). Endüstriyel olarak üretilen bu seramik bloklar, manuel porselen şekillendirme tekniklerine kıyasla daha homojen, öngörülebilir ve dayanıklı restorasyonların üretilmesine olanak sağlamış; dijital üretim süreçleri kullanıcı kaynaklı hataları azaltarak restorasyonların uyumu, mekanik dayanımı ve optik bütünlüğünü belirgin biçimde arttırmıştır (Borba vd., 2011). Bu gelişmeler, günümüzde kullanılan CAD/CAM materyallerinin çeşitlenmesine ve farklı yapısal sınıfların ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Güncel protetik uygulamalarda CAD/CAM ile işlenen seramik materyaller genellikle

lityum disilikat cam seramikler, farklı itriyum içeriğine sahip zirkonya sistemleri (3Y-TZP, 4Y-PSZ, 5Y-PSZ), feldspatik seramikler ve lösit ile güçlendirilmiş cam seramikler, polimer-infiltre seramikler (PICN) ve rezin-seramik hibrit bloklar şeklinde sınıflandırılmaktadır (Valjakova vd., 2018). CAD/CAM seramik materyallerin mikroyapısal özelikleri Şekil 2.1'de sunulmuştur.



Şekil 2. 1: CAD/CAM seramik materyallerin mikroyapısal özelikleri (Fu vd., 2020)

CAD/CAM (Şekil 2.1) seramik materyallerinde kristal faz oranındaki artış, seramik materyallerin dayanıklılığını artırırken optik geçirgenliği azaltmakta ve bu durum CAD/CAM materyal seçimini (Fu vd., 2020) ve klinik kullanım alanlarını doğrudan etkilemektedir. Bu materyaller klinik olarak kuron ve köprü restorasyonlarında, lamina veneerlerde, implant üstü protezlerde, inlay / onlay restorasyonlarda, hibrit protezlerin estetik veneer tabakalarında ve özellikle premolar / molar bölgede yüksek dayanım gerektiren monolitik yapılarda kullanılmaktadırlar (Zhang ve Kelly, 2017). CAD/CAM üretim süreci, restorasyonların tekrarlanabilirliğini artırmanın yanı sıra laboratuvar aşamalarında standardizasyon sağlayarak klinik sonuçların daha öngörülebilir ve güvenilir olmasına katkıda bulunmuştur. Güncel seramik materyaller ise yüksek homojenlikleri, endüstriyel olarak optimize edilmiş yapıları sayesinde

yüksek bükülme dayanımı sunmakta; uzun dönem renk stabilitesi ve optik bütünlüğü koruyabilmekte ve minimal su emilimi ile yüzey bozulmalarına karşı direnç göstermektedir (Shi vd., 2022).

CAD/CAM sistemleri, protezlerin marjinal kenar uyumunun daha hassas şekilde sağlanmasına olanak tanımakta; bu durum restorasyonların mekanik stabilitesini artırarak kırılma riskinin azalmasına katkıda bulunmaktadır (Valjakova vd., 2018). Bununla birlikte seramik esaslı restoratif materyallerin bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Özellikle cam-seramiklerde nispeten düşük kırılma tokluğu nedeniyle, üretim veya klinik uyumlandırma sırasında yüzeyde oluşabilecek küçük defektler çatlak başlatıcı odaklar haline gelerek kırılma riskini artırabilmektedir. Buna karşın zirkonya esaslı seramikler daha yüksek mekanik dayanım göstermelerine rağmen, bazı yüksek dayanımlı zirkonya türlerinin sınırlı yarı saydamlığı estetik sonuçları kısıtlayabilmektedir. Ayrıca seramik restorasyonların intraoral tamiri kompozit rezinlere kıyasla daha güçtür ve seramik yüzeylerin karşıt diş yapısında aşındırıcı etki oluşturma potansiyeline sahip olabileceği bildirilmektedir (Daou, 2014). Bu avantaj ve sınırlılıklar, mevcut literatürde farklı klinik endikasyonlar çerçevesinde kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir. Literatürde, CAD/CAM seramik materyallerinin özellikle anterior estetik bölgede sıklıkla tercih edilen restoratif seçenekler arasında yer aldığı bildirilmektedir. Lityum disilikat seramikler, doğal diş dokusuna oldukça yakın translüsensi ve yüksek estetik performansı nedeniyle anterior bölge restorasyonlarda öne çıkarken; zirkonya yüksek dayanımı ve kırılma direnci sayesinde posterior bölgede ve implant üstü restorasyonlarda yaygın biçimde tercih edilmektedir (Zarone vd., 2019; Keskin Özyer vd., 2019). Ayrıca güncel çalışmalar; CAD/CAM seramik materyallerinin sigara, elektronik sigara ve ısıtılmış tütün ürünleri gibi pigment oluşturma potansiyeli yüksek maruziyetlere rağmen kompozit ve akrilik materyallere kıyasla daha stabil renk performansı sergilediğini ancak koyu aromalı aerosoller ve termal siklusun uzun dönem optik stabilite üzerinde belirli düzeyde etkili olabildiğini bildirmektedir (Schelkopf vd., 2022; Lauvahutanon vd., 2017).

Elde edilen veriler, CAD/CAM seramik materyallerinin modern protetik diş hekimliğinde estetik ve mekanik gereksinimlerin yüksek olduğu klinik durumlarda tercih edilebilir seçenekler arasında yer aldığını göstermektedir.

Lityum disilikat seramikler

Lityum disilikat cam seramikler, 1990'lı yılların sonunda geliştirilen ve 2000'li yıllardan itibaren CAD/CAM blok formunda yaygın olarak kullanılmaya başlayan, kontrol edilebilen kristal büyümesi sayesinde hem mekanik dayanımı hem de optik özellikleri gelişmiş modern estetik seramik materyallerdir (Fayed vd., 2025). Yaklaşık %65 oranında $Li_2Si_2O_5$ kristali içeren bu çift fazlı yapı; kristal fazın sağladığı yüksek kırılma dayanımı ile cam fazın koruduğu optik bütünlük sayesinde doğal dokusuna oldukça yakın translüsensi özelliği göstermekte ve estetik ile mekanik dayanımın dengelendiği bir materyal olarak kabul edilmektedir (Zarone vd., 2019). Bu yapısal ve optik özellikler materyalin klinik uygulamalardaki başarısını doğrudan etkilemektedir. Lityum disilikat, anterior bölgede tam seramik kuronlar, lamina veneerler, inlay/onlay restorasyonlar, premolar bölgede monolitik yapılar, düşük yük bölgelerindeki implant üstü kuronlar ve hibrit protezlerin estetik veneer tabakaları gibi birçok farklı protetik uygulamada kullanılabilmektedir (Neto vd., 2015). Lityum disilikatın, doğal diş görünümünü başarılı şekilde taklit edebilmesi CAD/CAM ile üretildiğinde stabil ve tekrarlanabilir bir kenar uyumu sağlaması, cam fazının asitle pürüzlendirme ve silan uygulaması sayesinde güçlü bir adeziv bağlanmaya izin vermesi ve termal siklus ya da kimyasal maruziyetlere karşı kompozit ve akrilik materyallere göre daha üstün renk stabilitesi sunması bu materyalin en önemli avantajları arasında yer almaktadır (Ortiz vd., 2019). Buna karşılık arka bölgede çok güçlü çiğneme kuvvetlerinin olduğu durumlarda veya uzun köprülerde bu materyal yeterince dayanıklı olamayabilmektedir. Ayrıca ince yapılarda kırılganlık gösterebilmesi, opaklığın artırılmasının estetiği olumsuz etkilemesi ve seramik yapısı nedeniyle tamir işlemlerinin zor olması önemli dezavantajları arasında kabul edilmektedir (Li vd., 2016). Güncel klinik çalışmalar, lityum disilikat restorasyonların yüksek başarı oranları, uzun dönem estetik ve renk stabilitesi sağlamaları nedeniyle özellikle anterior

estetik bölgede güvenilir bir seçenek olduğunu ortaya koymaktadır (Nahid vd., 2019; Schelkopf vd., 2022).

Zirkonya

Zirkonya (ZrO_2), yüksek dayanımlı tam seramik restorasyonlara olan ihtiyacın artmasıyla birlikte 2000'li yılların başından itibaren dental uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. İlk nesil, yüksek opasiteli zirkonya formları metal-seramik restorasyonlara altyapı alternatifi olarak geliştirilmiş; daha sonraki nesillerde ise tetrasagonal ve küboik kristal faz oranlarının modifiye edilmesiyle translüsensi artırılarak materyalin estetik amaçlı kullanım alanı genişletilmiştir (Denry ve Kelly, 2008). Polikristalin bir mikroyapıya sahip olması ve cam faz içermemesi, zirkonyaya diğer seramik materyallerden farklı olarak transformasyon tokluğu mekanizması ile işleyen benzersiz bir kırılma direnci kazandırmaktadır. Bu mekanizma kapsamında, çatlak ilerlemeye başladığında tetrasagonal fazdaki kristallerin hacimsel genişlemesi çatlak propagasyonunu sınırlandırarak materyalin mekanik dayanımını artırmaktadır (Mitra vd., 2005). Zirkonyanın mekanik ve optik özellikleri, kristal faz dağılımına bağlı olarak 3Y-TZP, 4Y-PSZ ve 5Y-PSZ sınıflarında farklılık göstermektedir. Özellikle 5Y-PSZ sistemlerinde küboik faz oranının artışı translusensiyi belirgin şekilde artırırken, mekanik dayanımda azalmaya yol açmaktadır (Feng ve Thian, 2013).

4Y-PSZ sistemleri, posterior bölgedeki fonksiyonel yükleri karşılayabilmeleri ve anterior bölgede kabul edilebilir düzeyde estetik sağlayabilmeleri nedeniyle klinik uygulamalarda önemli bir yer edinmiştir. Zirkonyanın sahip olduğu materyal özellikleri, klinik uygulamalarda geniş bir kullanım alanı sunmaktadır. Posterior tek kuronlar ve üç üyeli köprü restorasyonlarının yanı sıra monolitik tam zirkonya tasarımlarında, implantüstü abutment ve kuronlarda ve hibrit protezlerde altyapı materyali olarak kullanılabilmektedir. Ayrıca yüksek translüsent kuron yapımına da olanak sağlamaktadır. Bu yaygın kullanımın temelinde; 900–1200 MPa düzeyindeki yüksek eğilme dayanımı, transformasyon tokluğuna bağlı kırılma direnci, yüksek aşınma direnci, biyouyumluluk, CAD/CAM üretim süreçlerinin sağladığı

tekrarlanabilirlik ve uzun dönem renk stabilitesi yer almaktadır (Zhang ve Lawn, 2018). Bununla birlikte zirkonya materyallerin bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Sınırlı translüsensi, özellikle ilk nesil materyallerde estetik performansı olumsuz etkileyebilmekte; cam faz içermemeleri nedeniyle asitle pürüzlendirme yapılamaması bağlanma protokollerini kısıtlayabilmekte; düşük ışık geçirgenliği bazı anterior vakalarda estetik açıdan yetersiz kalabilmekte ve 'düşük sıcaklık yaşlanması' olarak tanımlanan fenomen eski jenerasyon materyallerde mikroyapısal değişikliklere yol açabilmektedir (Mina, 2025). Tüm bu yapısal sınırlılıkların yanı sıra, zirkonya restorasyonların onarım işlemlerinin güç olması ve özel yüzey işlemleri gerektirmesi de klinik açıdan önemli bir dezavantaj olarak değerlendirilmektedir (Malysa vd., 2021). Güncel klinik değerlendirmeler, modern zirkonya sistemlerinin dayanım–estetik dengesini optimize ederek tek kuronlardan çok üyeli köprülere kadar geniş bir endikasyon alanında güvenilir bir restoratif seçenek sunduğunu; özellikle monolitik zirkonya restorasyonların düşük kırılma riski ve yüksek renk stabilitesi nedeniyle protetik tedavilerde yaygın olarak tercih edilmeye başlandığını ortaya koymaktadır (Zhang ve Lawn, 2018; Miyazaki vd., 2013). Ayrıca zirkonya, tütün ürünleri, elektronik sigara aerosolleri ve benzeri pigmentasyon kaynaklarına karşı yüksek direnç gösteren seramik materyaller arasında yer almakta; bu özelliği sayesinde uzun dönem estetik stabilite açısından kompozit ve akrilik esaslı materyallere kıyasla belirgin bir üstünlük sağlamaktadır. Bu nedenle zirkonya, modern protetik uygulamalarda yüksek performanslı seramik materyal grubunun temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Moaleem vd., 2022).

Hibrit bloklar

Hibrit bloklar, CAD/CAM teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak 2010'lu yıllarda geliştirilmiş; geleneksel seramiklerin kırılgan yapısı ile kompozit rezinlerin sınırlı mekanik dayanımı arasında yer alan klinik gereksinimlerini karşılamak üzere tasarlanmış protetik materyallerdir. Bu materyaller seramiklerin optik kalitesini polimer esaslı yapıların esnekliği ve işlenebilirliği ile bir araya getiren hibrit bir tasarım anlayışına sahiptirler (Tzimas vd., 2024). Hibrit bloklar, frezelemeye uygun bir CAD/CAM materyali geliştirme ve minimal invaziv restorasyonlara olanak

sağlama amacıyla tasarlanmış olup, bu özellikleri sayesinde kısa süre içerisinde klinik uygulamalarda yaygın olarak benimsenmiştir (Miura ve Fujisawa, 2020). Yapısal olarak hibrit bloklar; seramik ağı içerisine infiltrasyonla yerleştirilen yüksek oranlı polimer matriks sisteminden oluşan PICN (Polymer-Infiltrated Ceramic Network) yapıları ile yüksek dolduruculu rezin-matriks kompozitlerden oluşan iki temel türde üretilmektedir. PICN yapılarında, seramik ağına yaklaşık %20–30 oranında polimer infiltre edilirken, yüksek dolduruculu rezin-matriks kompozitlerde rezin fazına %70–85 oranında seramik veya cam partikülleri eklenmektedir (Zhawi vd., 2016). Bu çift fazlı yapı, hibrit blokların seramiklere göre daha esnek; kompozitlere kıyasla ise daha dayanıklı bir mekanik karakter sergilemesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca doğal diş dokusuna yakın elastik modül değerleri, çiğneme kuvvetlerinin daha dengeli şekilde absorbe edilmesine olanak tanımaktadır (Melc vd., 2024). Bu özellikler, materyalin klinik uygulama alanını belirgin biçimde genişletmektedir.

Klinik uygulamalarda hibrit bloklar inley / onley restorasyonlardan anterior ve posterior tek kuronlara, lamina veneerlerden implant üstü geçici restorasyonlara ve minimal invaziv yaklaşımlara kadar geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Ayrıca CAD/CAM ile chairside üretim için ideal materyaller arasında yer almaktadırlar (Sönmez vd., 2018). Yüksek frezelenebilirlikleri, doğal dişe yakın elastik modülleri, ince marjinal bölgelerde kırılma riskini azaltan uyumlu kenar adaptasyonları, kompozitlerle kolay tamir edilebilir olmaları, termal değişimlere karşı seramiklere göre daha toleranslı davranmaları ve polisaj işlemlerinin hızlı ve kolay olması başlıca avantajlarını oluşturmaktadır. Ancak tüm bu olumlu özelliklerine rağmen hibrit blokların bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır (Melc vd., 2024; Silva vd., 2018). Mekanik dayanımlarının lityum disilikat veya zirkonya gibi materyallere kıyasla daha düşük olması, hibrit blokların uzun köprü restorasyonlarında kullanımını sınırlandırmaktadır. Ayrıca polimer içeriklerinin yüksek olması, uzun dönemde yüzey sertliğinin düşük kalmasına ve aşınma riskinin artmasına sebep olabilmektedir (Sönmez vd., 2018; Yerliyurt ve Sarıkaya, 2022). Ayrıca polimer fazın varlığı renk stabilitesini olumsuz etkileyebilmekte, tütün ürünleri ile pigmentli içeceklere karşı seramik materyallere kıyasla daha yüksek duyarlılık göstermelerine yol açmakta ve su absorpsiyonuna bağlı yaşlanma etkileri zamanla mekanik ve optik özellikleri

değiştirebilmektedir (Mahrous vd., 2023; Yin vd., 2022). Çeşitli çalışmalarda hibrit blokların minimal invaziv restorasyonlar, düşük yük alan posterior bölgeler ve hızlı CAD/CAM restorasyon üretimi açısından başarılı sonuçlar verdiği; ancak yüksek dayanım gerektiren endikasyonlarda tam seramik materyallerin yerini tam anlamıyla alamadığı bildirilmiştir (Harbi vd., 2017; Eğilmez vd., 2018). Bu nedenle hibrit bloklar; esneklik, dayanım ve işlenebilirlik dengesinin önemli olduğu klinik durumlarda bir seçenek olarak değerlendirilmekte; ancak uzun dönem stabilitenin kritik olduğu estetik bölgelerde endikasyonunun dikkatle belirlenmesi önerilmektedir (Melc vd., 2024).

2.2. Renk ve Renk Algısı

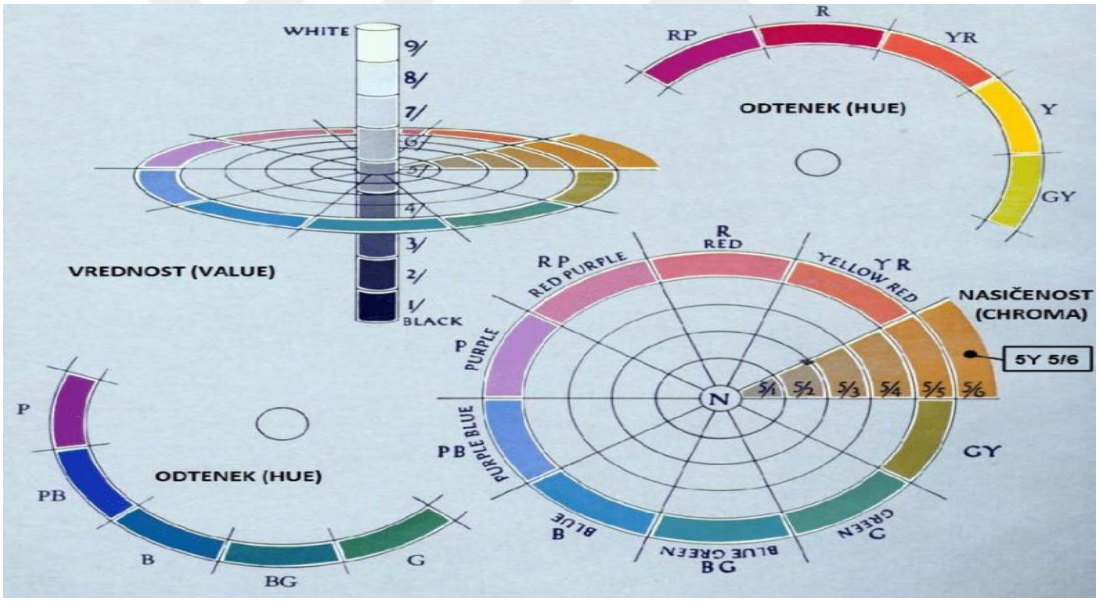
2.2.1. Renk kavramı

Renk, bir yüzeye ulaşan ışığın göz tarafından algılanmasıyla ortaya çıkan görsel bir özelliktir. Işığın dalga boyuna bağlı olarak farklı renk algıları oluşur ve bu algı, fiziksel süreçlerle psikofizyolojik mekanizmaların birlikte etkisi sonucunda şekillenir. Rengin değerlendirilmesinde üç temel parametre kullanılmaktadır. Bunlar; ton (hue), parlaklık (value) ve doygunluktur (chroma) (Maule vd., 2023). Ton; rengin hangi renge ait olduğunu ifade etmektedir. Parlakalık; bir rengin açıklık ya da koyuluk derecesi olarak tanımlanmaktadır. Doygunluk ise rengin yoğunluğu veya belirginliği olarak açıklanmaktadır. Bu üç parametrenin birleşimi bir rengin görsel karakterini oluşturmaktadır (Paharia vd., 2025). Ancak bu parametrelerin algılanışı; rengin kendine özgü özelliklerinin yanı sıra ışık koşulları ve gözün uyum mekanizmalarına da bağlıdır. Işığın niteliği ve gözün adaptasyon süreci de renk algısının biçimlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle renk, yalnızca fiziksel bir özellik değil çevresel koşullara bağlı olarak değişebilen bir algı bütünü olarak da değerlendirilmektedir (Kızılırmak vd., 2022). Renk kavramının algısal ve fizyolojik temellerinin açıklanmasını takiben bu özelliklerin bilimsel olarak standartlaştırılabilmesi için geliştirilmiş renk sistemlerinin incelenmesi gerekmektedir.

2.2.2. Renk sistemleri

Renklerin tanımlanması ve ölçülebilir hâle getirilmesi amacıyla zaman içinde çeşitli renk sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler renkleri sayısal değerlere dönüştürerek farklı ortamlarda standart bir biçimde ifade edilmesini mümkün kılmıştır (Gasparik vd., 2025).

Munsell renk sistemi, (Şekil 2.2) 20. yüzyılın başlarında Amerikalı ressam ve sanat eğitimcisi Albert H. Munsell tarafından geliştirilmiştir. Munsell, renk sınıflandırmasının bilimsel temellere oturtulabilmesi için rengi üç ayrı boyutta ifade eden bir model önermiş ve 1905'te "Atlas of the Munsell Color System"i yayımlamıştır. Bu yaklaşım, modern renk biliminin gelişmesinde önemli bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir (Song vd., 2025).

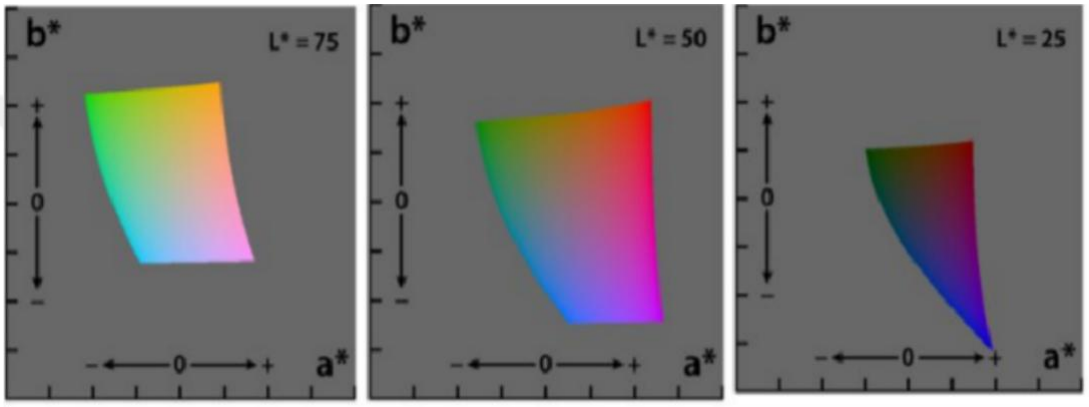


Şekil 2. 2: Munsell renk sistemi (Potocnik vd., 2015)

Munsell renk sistemi (Şekil 2.2); rengi ton (hue), parlaklık (value) ve doygunluk (chroma) olmak üzere üç temel parametre üzerinden tanımlamıştır. Sistem, renklerin algısal düzenine dayalı üç boyutlu bir yapı sunarak özellikle görsel eşleştirme gereken alanlarda standart bir sınıflandırma sağlamıştır (Potocnik vd., 2015). Ancak teknolojik

gelişmeler ve ölçümlerde daha yüksek doğruluk gereksinimi, matematiksel temellere dayanan yeni bir renk modelinin geliştirilmesini zorunlu hâle getirmiştir.

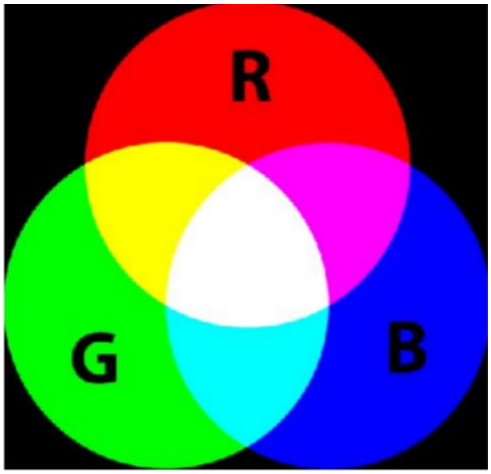
CIE L*a*b* sistemi (Şekil 2.3), Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun (CIE) 1931 yılında renk ölçümüne ilişkin ilk standartları oluşturmasının ardından, daha algısal ve tutarlı bir renk modeli ihtiyacını karşılamak amacıyla 1976 yılında geliştirilmiştir. CIE L*a*b* sistemi, farklı aydınlatma koşulları altında elde edilen renk ölçümlerinin karşılaştırılabilirliğini artırmayı hedefleyen bir modeldir (Cinko ve Becerir, 2025).



Şekil 2. 3: CIE L*a*b* renk sistemi (Abbadi ve Saleem, 2019)

CIE L*a*b* sistemi (Şekil 2.3), L* değeri ile açıklığı; a* ve b* değerleri ile kırmızı–yeşil ve sarı–mavi eksenlerindeki konumu ifade etmektedir. Matematiksel yapısı sayesinde sayısal renk farkı hesaplamalarında küresel bir standart hâline gelmiştir (Abbadi ve Saleem, 2019).

Renk ölçümünde kullanılan bilimsel modellere ek olarak, görüntüleme teknolojilerinde farklı bir yaklaşım daha kullanılmaktadır. Red-Green-Blue (RGB) sistemi (Şekil 2.4), insan görsel sistemindeki üç tip reseptör yapısından esinlenerek geliştirilmiştir. Modelin temelleri, 19. yüzyılda J.C. Maxwell'in renk karışımı üzerine yaptığı çalışmalara dayanmaktadır. Elektronik ekran teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte 20. yüzyılda dijital renk gösterimi için standart hâline gelmiştir (Fyfe vd., 2025).



Şekil 2. 4: RGB renk sistemi (Tekin vd., 2018)

RGB modeli (Şekil 2.4), kırmızı (red), yeşil (green) ve mavi (blue) ışık bileşenlerinin farklı şiddetlerde bir araya gelmesiyle tüm renklerin oluşturulmasına dayanan ışık temelli bir sistemdir. Günümüzde bilgisayar ekranları, televizyonlar ve dijital kameralar başta olmak üzere çoğu dijital görüntüleme ve ekran teknolojisinde temel renk modeli olarak kullanılmaktadır (Tekin vd., 2018).

Bu modeller birlikte değerlendirildiğinde, rengin hem algısal hem de teknik açıdan çok boyutlu bir olgu olduğu görülmektedir. Renk sistemleri farklı gereksinimler doğrultusunda geliştirilmiştir: Munsell sistemi daha çok algısal ve görsel sınıflandırmayı düzenlemek amacıyla oluşturulmuşken, CIE L*a*b* sistemi bilimsel ölçüm ve standartlaştırılmış karşılaştırmalar için tasarlanmıştır. RGB modeli ise dijital teknolojilerde görüntü üretiminin temel renk modeli olarak geliştirilmiştir (Burambekova ve Shamoi, 2025).

2.2.3. Renk algısını etkileyen faktörler

Renk algısı, yalnızca bir nesnenin fiziksel özelliklerine bağlı değildir. Aynı zamanda göz, ışık ve çevre koşullarının bir arada oluşturduğu dinamik bir etkileşim süreci olarak da ele alınmaktadır. Bu nedenle aynı renk, farklı ortam ve koşullar altında farklı biçimlerde algılanabilmektedir. Bu değişkenlik, ışığın yapısından gözün fizyolojik sınırlarına kadar uzanan geniş bir yelpazedeki faktörlerle şekillenmektedir (Pelivanova

vd., 2025). Öncelikle ışık kaynağı renk algısında belirleyicidir. Gün ışığı, floresan ya da LED gibi farklı ışık tipleri farklı spektral dağılımlara sahip olduğundan nesnenin yansıttığı dalga boylarını değiştirmekte ve böylece renk görünümünde belirgin farklılıklar oluşturmaktadır (Veres vd., 2022). Işık koşullarındaki bu değişime bağlı olarak ortaya çıkan metamerizm olgusu, iki rengin bir ışık ortamında aynı, başka bir ışık ortamında ise farklı görünmesine neden olmaktadır. Bu durum renk eşleştirme süreçlerinde dikkat edilmesi gereken önemli bir sınırlılık olarak bildirilmektedir (Karcıoğlu vd., 2025). Işığın bu belirleyici rolüne ek olarak bireylerin görme sisteminin tepkileri de renk algısında önemli bir başka bileşeni oluşturmaktadır. Renk algısının değişmesinde yalnızca ışık değil, gözün uyum mekanizmaları da rol oynamaktadır. İnsan gözü, belli bir renge veya aydınlık seviyesine uzun süre maruz kaldığında çevredeki diğer renklerin algısını farklı biçimde yorumlayan bir adaptasyon sürecine girmektedir. Bu adaptasyon, özellikle renk geçişlerinin hassas değerlendirildiği durumlarda algısal kaymalara yol açabilmektedir (Alnusayri vd., 2022). Buna ek olarak, bir rengin çevresindeki diğer tonlarla ilişkisi de algıyı önemli ölçüde etkilemektedir. Komşu renklerin kontrastı, parlaklığı veya doygunluğu aynı rengin farklı arka planlarda olduğundan daha açık veya daha koyu görünmesine neden olabilmektedir. Bu bağlamsal etkiler renk algısının yalnızca fiziksel değil, görsel çevreden de yoğun biçimde etkilendiğini göstermektedir (Gasparik vd., 2025).

Renk algısını biçimlendiren bir diğer unsur yüzey özellikleridir. Parlaklık, matlık, dokusal yapı veya yüzey pürüzlülüğü ışığın yüzeye çarpma ve yansıma biçimini değiştirerek rengin göz tarafından algılanışını doğrudan etkilemektedir. Örneğin pürüzlü yüzeylerde ışığın daha fazla dağılması, rengin parlaklığını azaltarak yüzeyin daha mat ve çoğu durumda daha açık tonda algılanmasına yol açabilmektedir (Elsharkawy vd., 2025). Bu noktada gözlem koşullarının da önemli olduğu söylenebilmektedir. Bakış açısı ve gözlem mesafesi, yüzeye ulaşan ve gözden yansıyan ışığın miktarını değiştirerek renk algısında farklılık yaratabilmektedir. Renge yakın mesafeden bakmak ile uzak mesafeden bakmak arasında algısal farkların oluşması bu etkinin doğal bir sonucudur (Volpato vd., 2018). Son olarak renk algısı kişiden kişiye de değişebilmektedir. Yaş, cinsiyet, genetik özellikler ve görme bozuklukları renkleri ayırt etme kapasitesini etkileyen bireysel değişkenler arasında

yer almaktadır. Yaşla birlikte lensin sararması bazı dalga boylarının algılanmasını azaltabilmekte; genetik görme bozuklukları ise belirli renklerin ayrımını güçleştirebilmektedir (Hein ve Westland, 2024). Tüm bu faktörler birlikte ele alındığında renk algısının tek bir unsurun değil; ışık, çevre, yüzey özellikleri ve bireylerin görme sistemlerinin eş zamanlı etkileşiminin sonucu olduğu anlaşılmaktadır (Lee ve Kim, 2024; Elsharkawy vd., 2025). Renk algısının bu çok boyutlu yapısı materyallerde zaman içinde meydana gelen renk değişimlerinin yalnızca ölçümsel değil, yapısal ve çevresel süreçlerle de ilişkilendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

2.2.4. Renk stabilitesi ve renk değişimi

Renk stabilitesi, bir materyalin zaman içinde başlangıçtaki rengini koruma kapasitesini ifade etmektedir. Renk değişimi ise, materyalin içsel yapısı veya dış çevresel etkenler nedeniyle meydana gelen ton, parlaklık ya da doygunluk farklılıkları olarak tanımlanmaktadır. Bu iki kavram birbirinden farklı görünse de materyalin uzun dönem estetik performansını birlikte belirleyen tamamlayıcı süreçler olarak kabul edilmektedir. Işık kaynakları, sıcaklık değişimleri, yüzey yapısı, nem, kimyasal maddeler ve materyalin optik özellikleri bu süreç üzerinde belirleyici faktörler arasında yer almaktadır (Alghamdi vd., 2025). Renk stabilitesinin bozulması genellikle pigment çözünmesi, yapısal bozulma, yüzeyde mikroskobik pürüzlerin artması veya çevresel maddelerin yüzeye tutunmasıyla ilişkilendirilmektedir (Janson vd., 2025). Bu yüzey ve yapı değişimleri aynı zamanda materyalin ışıkla etkileşimini doğrudan etkileyerek optik performansında ölçülebilir farklılıklara yol açmaktadır. Materyalin ışığı soğurma ve yansıtma özelliklerindeki değişiklikler de renk değişimlerine neden olabilmektedir. Bu nedenle bir materyalin uzun dönem renk stabilitesini değerlendirebilmek için, hem materyalin yapısal özellikleri hem de yiyecekler-içecekler, tütün ürünleri ve sıcaklık değişimleri gibi dış etkenlere karşı gösterdiği direnç birlikte ele alınmalıdır. (Kula vd., 2024). Bu nedenle materyallerde meydana gelen renk değişimlerinin doğru biçimde değerlendirilebilmesi için, renk stabilitesini nicel ve karşılaştırılabilir şekilde ölçebilen güvenilir renk ölçüm yöntemlerinin kullanılması klinik açıdan büyük önem taşımaktadır.

2.2.5. Renk ölçüm yöntemleri

Doğal dişlerin ve protetik materyallerin renginin doğru belirlenmesi, protetik tedavilerin başarısında kritik bir unsurdur. Hem doğal diş dokularının hem de seramik, akrilik ve kompozit esaslı protez materyallerinin homojen bir renk yapısı göstermemesi nedeniyle renk ölçüm sonuçları; ışık koşulları, yüzey özellikleri, bireysel algı ve kullanılan yönteme göre değişiklik gösterebilmektedir (Şahin vd., 2025). Bu durum, protetik diş hekimliğinde renk ölçüm yöntemlerinin zaman içerisinde önemli bir dönüşüm geçirmesine yol açmış; subjektif görsel yöntemlerden, protez materyallerinin optik özelliklerini sayısal olarak değerlendirebilen objektif ve dijital sistemlere doğru bir geçiş gerçekleşmiştir (Rashid vd., 2023).

Protetik uygulamalarda renk belirlemenin ilk örnekleri, 20. yüzyılın ortalarında kullanılan klasik renk skalası ile başlamıştır. Vita Classical renk skalası uzun yıllar boyunca tam protezler, parsiyel protezler, sabit protezlerde standart referans olarak kullanılmıştır. Ancak parlaklık, doygunluk ve renk tonunun birbirinden bağımsız değerlendirilememesi ve renk skalasının sınırlı olması bu yöntemin önemli sınırlılıkları arasında yer almaktadır (Lorenzo vd., 2024). Klasik renk skalasının sınırlılıklarını gidermek amacıyla geliştirilen Vita 3D-Master renk skalası, Munsell sistemine benzer olarak parlaklığı, doygunluğu ve tonu ayrı parametreler olarak değerlendirmiş ve özellikle seramik ve zirkonya tabanlı protetik restorasyonlarda daha doğru bir renk seçimine olanak sağlamaktadır (Lee ve Kim, 2024).

Görsel renk seçimi, klinisyenin renk rehberi örneklerini doğal dişler veya mevcut protetik yapılarla karşılaştırarak karar verdiği subjektif yöntemlerden birisidir. Bu yöntemde ışık kaynağı, klinik ortamın rengi, göz adaptasyonu ve hekimin görsel algısı gibi faktörler sonucu doğrudan etkilemektedir (Nantanapiboon vd., 2024). Araştırmalarda, görsel yöntemle yapılan seçimlerde hekimler arası uyumun düşük olduğunu, özellikle parlaklık (L*) değerinde yüksek hata oranı görüldüğü bildirilmiştir (Adebayo vd., 2022; Lorenzo vd., 2025). Bu sınırlılıklar, daha objektif ve tekrar edilebilir ölçümler yapabilen cihazlara olan ihtiyacı artırmıştır.

Subjektif hataların azaltılması amacıyla protetik diş hekimliğinde enstrümantal renk ölçüm cihazları kullanılmaya başlanmıştır. Spektrofotometreler, farklı dalga boylarındaki ışığın protetik materyal yüzeyinden yansımasını ölçerek elde edilen verileri CIE L*a*b renk sisteminde ifade etmektedir. Bu durum özellikle porselen, metal- seramik, zirkonya restorasyonlar gibi materyallerin renginin objektif olarak tanımlanmasına olanak sağlamaktadır (Koumpia vd., 2018). Şekil 2.5'de CIE L*a*b* sisteminde toplam renk farkının (ΔE*ab) hesaplanma formülü sunulmuştur.

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Şekil 2. 5: CIE L*a*b* sisteminde toplam renk farkının (ΔE*ab) hesaplanma formülü

Şekil 2.5'te verilen denklemde yer alan ΔL^* değeri parlaklık farkını, Δa^* kırmızı-yeşil eksendeki farkı, Δb^* sarı-mavi eksenindeki farkı ifade etmektedir. Bu üç parametrenin farklarının karelerinin toplanarak karekökü alındığında toplam renk farkını gösteren ΔE*ab değeri elde edilmektedir (Rioseco ve Wagner, 2021). Bu formül iki yüzey arasındaki renk farkının insan gözü tarafından algılanabilirliğini nicel olarak ifade etmektedir. ΔE*ab değeri arttıkça renk farkının görsel olarak belirginliği de artmaktadır.

ΔE≤1 değerleri insan gözüyle algılanamayacak düzeyde kabul edilmekte; 1<ΔE<3.3 aralığında ise renk farkı klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde değerlendirilmektedir. ΔE≥3.3 değerleri, renk farkının görsel olarak belirgin ve estetik uyum açısından dikkat çekici olduğunu göstermektedir (Lopez vd., 2022; Ahmed, 2024). Spektrofotometreler yüksek doğruluk sunmalarına rağmen; maliyet, kalibrasyon gereksinimi ve ölçüm sırasında protez veya hastanın hareketinden etkilenmeleri gibi dezavantajlara da sahiptirler (Kurian vd., 2023).

Kolorimetreler, ışığın RGB bileşenlerini ölçerek çalışan daha ekonomik cihazlardır. Spektral çözünürlükleri sınırlı olsa da akrilik materyallerin veya porselen örneklerinin

hızlı bir şekilde değerlendirilmesinde klinik pratikte yaygın olarak kullanılmaktadırlar (HunterLab, 2025). Dijital fotoğraf sistemleri, yüksek çözünürlüklü kamera ve renk analiz yazılımları aracılığıyla protetik materyallerin optik özelliklerini belirleyebilmektedir. Ancak ışık kaynağı, beyaz denge ve kamera kalibrasyonu doğru yapılmazsa sonuçlar hatalı olabilmektedir (Perou vd., 2025).

Son yıllarda CAD/CAM ile entegre dijital renk ölçüm cihazları, protetik üretim akışı ile doğrudan bağlantı kurarak renk bilgisini dijital tasarım yazılımlarına aktarabilmektedir. Bu durum, özellikle zirkonya, porselen ve hibrit seramik restorasyonlarda üretim standardizasyonunu arttırabilmektedir (Lee ve Kim, 2024). Dijital sistemlerin protetik süreçlere entegre olması ölçüm teknolojilerinde daha gelişmiş optik analiz yöntemlerinin ortaya çıkmasına da zemin hazırlamıştır. Yeni teknolojilerden biri olan hiperspektral görüntüleme; protetik materyallerin translüsensi, opalesans, yüzey yansıtıcılığı ve floresans gibi optik özelliklerini ayrı ayrı analiz edebilmekte; bu yönüyle gelecekte protetik diş tedavisinde renk seçiminin daha kişiselleştirilmiş standartlara dayandırılmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir (Casado vd., 2022). Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik tabanlı görselleştirme sistemleri ise tedavi öncesi hastaya protetik restorasyonun olası rengini gerçek zamanlı olarak gösterebilmektedir (Nayak vd., 2024). Bununla birlikte kullanılan yöntemin türü ne olursa olsun her tekniğin belirli hata potansiyeli de bulunmaktadır.

2.3. Renklenme

Dişlerde renklenme, protetik tedavilerin planlanması ve estetik başarısı açısından önemli bir parametredir. Doğal dişlerde görülen renk değişiklikleri uygulanacak sabit, hareketli veya implant üstü restorasyonların renginin belirlenmesinde temel referansı oluşturmaktadır (Manuel vd., 2010). Renklenme; temel olarak intrinsik ve ekstrinsik faktörler olarak sınıflandırılmaktadır. İntrinsik renklenmeler; fluorozis, tetrasiklin bantlanmaları veya yaşa bağlı dentin koyulaşması gibi derin dokusal değişikliklerle ilişkilidir ve restorasyonlarda daha opak veya daha koyu tonların tercih edilmesine neden olabilmektedir (Zanin vd., 2025). Ekstrinsik (dışsal) renklenmeler ise kahve, çay, klorheksidin veya tütün ürünlerine bağlı yüzey pigmentasyonundan

kaynaklanmakta ve pelikul tabakası ile mine yüzeyinin mikro pürüzlülüğü tarafından etkilenmektedir (Smith vd., 2017).

Tütün ürünlerine maruz kalma, protetik restorasyonların uzun dönemde renk değişimine uğrama riskini artıran başlıca etkenlerden biridir. Katran ve nikotin gibi bileşikler doğal dişlerde koyulaşmaya yol açarak yapılacak restorasyonlarda renk uyumunu zorlaştırmaktadır. Ayrıca uzun süreli maruziyet doğal diş ile protetik materyaller arasındaki renk farkını artırarak estetik uyumsuzluk riskini artırmaktadır (Makkeyah vd., 2024). Bu nedenle protetik planlamada doğal dişlerin mevcut renginin, renklenme tipinin ve etiyolojisinin doğru belirlenmesi; kullanılacak materyalin optik özelliklerinin buna göre seçilmesi estetik sonuçların öngörülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu yaklaşım uzun dönem estetik başarıyı artırmakta ve restorasyon-diş uyumunu güçlendirmektedir (Köroğlu vd., 2021).

2.4. Sigara ve Tütün Ürünleri

Tütün ürünleri günümüzde en yaygın bağımlılık yapan maddeler arasında yer almakta ve sağlık üzerindeki olumsuz etkileri uzun yıllardır bilinmektedir (Varghese ve Gharde, 2023). Dünya Sağlık Örgütü (2025) her yıl milyonlarca kişinin tütün kullanımına bağlı hastalıklar nedeniyle hayatını kaybettiğini bildirmektedir. Bu genel sağlık problemlerinin yanı sıra, tütün kullanımının ağız ve diş sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri de önemli bir araştırma konusu hâline gelmiştir. Periodontal hastalıkların ilerlemesi, implant başarısızlıklarının artması ve mukozal lezyonların gelişmesi bu etkinin başlıca klinik yansımaları arasında yer almaktadır. Ayrıca dişlerde meydana gelen renklenmeler hem estetik hem de psikososyal açıdan en belirgin sorunlardan biri olarak değerlendirilmektedir (Kowalski vd., 2025). Tütün kullanımının yol açtığı renklenmeler yalnızca bireysel bir problem değildir; estetik kaygıların artmasıyla birlikte toplumsal bir boyut da kazanmıştır. Bu renklenmeler, bireylerin yaşam kalitesini, sosyal ilişkilerini ve öz güvenini olumsuz yönde etkileyebilmekte; buna bağlı olarak estetik amaçlı dental tedavilere olan talep artmakta ve bu durum sağlık sistemleri üzerinde ek bir ekonomik yük oluşturabilmektedir. (Conte vd., 2024). Bu estetik sorunların temelinde, tütünün ağız içi dokular ve protetik

materyaller üzerinde oluşturduğu biyolojik ve kimyasal etkiler bulunmaktadır. Ayrıca tütün kullanımına ilişkin kültürel ve sosyal algılar, kullanım sıklığını ve şeklini etkileyerek, tütünle ilişkili estetik sorunların farklı toplumlarda farklı biçimlerde ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır (Mishra ve Mishra, 2013).

Biyolojik açıdan değerlendirildiğinde tütün ürünlerinin, dişlerin doğal yapısını ve yüzey özelliklerini olumsuz etkilediği; bununla birlikte dental materyallerin zaman içerisinde renk stabilitesini azaltabildiği bilinmektedir. Diş yüzeyinde oluşan kalıcı renk değişimleri yalnızca kozmetik bir sorun olarak değerlendirilmemelidir (Madi vd., 2023). Bunun temel nedeni, söz konusu değişimlerin oral biyofilmin yapısını etkileyebilmesi, plak birikimini artırabilmesi ve periodontal sağlığı olumsuz yönde etkileyebilmesidir. Bu süreç klinik açıdan restorasyonların renk uyumunun korunma süresini kısaltabilmekte ve tekrarlayan klinik düzenlemeleri gerekli hâle getirebilmektedir (Mugri vd., 2023). Bu etkiler yalnızca geleneksel sigara kullanımında görülmemekte, farklı tütün tüketim biçimlerinde de benzer şekilde ortaya çıkabilmektedir. Tüm bu geleneksel etkilerin yanı sıra, son yıllarda elektronik sigaralar ve ısıtılmış tütün ürünleri gibi alternatiflerin hızla yaygınlaşması, ağız ve diş yapıları üzerindeki etkilerle ilgili yeni tartışmaların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu ürünler çoğu zaman risk azaltımı söylemiyle tanıtılsa da içerik ve kullanım özelliklerindeki farklılıklar nedeniyle uzun dönem etkilerin değerlendirilmesi önem taşımaktadır (Gusta vd., 2024).

2.4.1. Geleneksel sigara

Geleneksel sigara, ağız ve diş sağlığı üzerinde çok yönlü olumsuz etkiler oluşturan en yaygın tütün ürünüdür (Haiduc vd., 2020). Bu olumsuz etkilerin önemli bir bölümü sigara dumanının içerdiği kimyasal bileşenlerin ağız içi dokular ve protetik materyaller üzerinde oluşturduğu fiziksel ve kimyasal değişimlerden kaynaklanmaktadır. Sigara dumanında bulunan 7000'den fazla kimyasal bileşiğin bir kısmı doğrudan pigmentasyon oluşturarak dişlerde kalıcı renk değişimlerine yol açarken; bir kısmı ise pelikul tabakasını modifiye ederek pigment tutulumunu artıran koşullara yol açmaktadır (Alkhatib vd., 2005). Partikül fazındaki katran, mine yüzeyine güçlü

biçimde bağlanarak kahverengi-siyah lekelenmelere neden olurken; nikotin oksidasyon ürünleri özellikle ön dişlerde sarımsı renk değişimlerini belirginleştirmektedir (Shafei vd., 2025). Gaz fazındaki toksik bileşikler ise oksidatif stres üzerinden pelikul yapısını modifiye ederek renklenmeyi hızlandırmaktadır. Bu süreç yalnız doğal dişleri değil; akrilik ve seramik gibi protetik materyallerin optik stabilitesini de olumsuz etkileyerek uzun dönem estetik sonuçları zayıflatabilmektedir (Zieba vd., 2022). Bu nedenle sigara kullanımı hem doğal dentisyon hem de protetik restorasyonların renk stabilitesi açısından önemli bir risk faktörü olarak değerlendirilmektedir.

2.4.2. Alternatif nikotin dağıtım sistemleri

Geleneksel sigaranın zararlı etkilerine yönelik farkındalığın artmasıyla elektronik sigaralar, ısıtılmış tütün ürünleri ve diğer aerosol bazlı cihazlar yaygınlaşmıştır. Bu sistemlerin giderek daha fazla tercih edilmesi, ağız içi dokular ve protetik materyaller üzerindeki olası etkilerinin daha ayrıntılı biçimde incelenmesini gerekli kılmıştır. Bu ürünler çoğunlukla "daha az zararlı" veya "temiz içerikli" olarak sunulsa da aerosol yapıları ve kimyasal bileşenleri nedeniyle diş yüzeyinde pigment birikimine ve klinik olarak fark edilebilir düzeyde renk değişikliklerine yol açabilmektedirler (Fadus vd., 2020). Aromalı içeriklerin tercih edilmesi, kullanım kolaylığı ve gençlerde artan popülarite ise bu ürünlere bağlı renklenmelerin görülme sıklığını artırmaktadır. Mevcut çalışmalar, etki mekanizmaları geleneksel sigaradan farklı olsa da alternatif nikotin dağıtım sistemlerinin de klinik olarak fark edilebilir düzeyde renk değişikliklerine neden olduğunu ortaya koymuştur (İbrahim vd., 2025; Alrabeah vd., 2023). Alternatif nikotin dağıtım sistemlerinin bu genel etkileri, özellikle elektronik sigaraların içerik ve aerosol özelliklerine bağlı olarak protetik materyallerde nasıl bir renklenme dinamiği oluşturduğunun daha ayrıntılı biçimde incelenmesini gerekli kılmaktadır.

2.4.2.1. Elektronik nikotin dağıtım sistemleri (ENDS)

Elektronik sigaralar, nikotin içeren likitlerin ısıtılarak aerosol hâline getirildiği cihazlardır ve temel olarak propilen glikol, gliserol, nikotin ve aroma bileşenlerinden oluşmaktadır. Aerosolün ağız ortamındaki etkileri çok yönlüdür. Propilen glikolün higroskopik yapısı ağız kuruluğunu artırarak tükürük akışını azaltmakta ve pigmentlerin pelikul tabakasına bağlanmasını kolaylaştırmaktadır (Kassem vd., 2024). Gliserolün viskoz yapısı ise diş yüzeyinde ince, sarımsı bir film oluşumuna sebep olabilmektedir. Ayrıca bu iki bileşen yüksek sıcaklık altında karbonil bileşiklerine dönüşerek irritan etki oluşturmakta ve ek pigmentasyon potansiyeli yaratabilmektedir (Eaton vd., 2018). Bu temel bileşenlere ek olarak cihazlarda kullanılan aroma katkıları da aerosolün protetik materyaller üzerindeki etkisini belirgin şekilde değiştirebilmektedir. Özellikle kahve, karamel ve koyu meyve aromalarının daha yoğun pigmentasyona yol açtığı; buna karşın mentol ve narenciye aromalarının renklenme şiddeti üzerindeki etkisinin daha sınırlı kaldığı bildirilmektedir (Guo vd., 2023). Çeşitli in vitro çalışmalar, elektronik sigara aerosolüne maruz kalan akrilik dişler, porselen yüzeyler ve diğer protetik materyallerde klinik olarak algılanabilir düzeyde renk değişimi oluştuğunu; koyu aromalı likitlerin bu süreci hızlandırdığını göstermiştir (Alnasser vd., 2021; Alrabeah vd., 2023; Mahmoud vd., 2023).

2.4.2.2. Isıtılmış tütün ürünleri

Isıtılmış tütün ürünleri (HTP), tütünün yakılmaksızın ısıtılmasıyla nikotin içeren bir aerosol oluşturan cihazlardır (Lang vd., 2024). Yanma süreci gerçekleşmediğinden, bu ürünlerin kimyasal profili geleneksel sigaralardan farklılık göstermektedir. Ancak aerosol içerisinde hâlen pigment birikimine, yüzey etkileşimlerine ve materyaller üzerinde renk değişimine yol açabilecek çeşitli organik bileşikler bulunmaktadır (Upadhyay vd., 2023).

Dental açıdan değerlendirildiğinde HTP kullanımı, özellikle servikal bölgelerde sarımsı-kahverengi yüzey renklenmelerine yol açabilmektedir. Bu durumun temel mekanizmalarından biri, cihaz filtrelerinde sıcaklığı düşürmek ve kullanıcı konforunu

artırmak amacıyla kullanılan gliserol kaplamasıdır. Gliserol, diş yüzeyinde yapışkan karakterde ince bir film tabakası oluşturarak çevresel pigmentlerin tutulumunu arttırmakta ve renklenmenin daha hızlı gelişmesine zemin hazırlamaktadır (Kurachi vd., 2023). Bu mekanizmalar doğrultusunda HTP kullanımının dental ve protetik materyaller üzerindeki optik özellikleri olumsuz etkileyebildiği son yıllarda yapılan in vitro çalışmalarla desteklenmiştir. Literatürde HTP aerosolüne maruz bırakılan akrilik rezin dişlerde, porselen ve zirkonya gibi yüksek dayanımlı protetik materyallerde dahi renk stabilitesinin olumsuz yönde etkilendiği bildirilmiştir (Zanetti vd., 2019; Mousdraka vd., 2025). Yapılan çeşitli çalışmalarda HTP aerosollerinde bulunan organik bileşenlerin materyal yüzeyine kolaylıkla tutunabildiği ve yüzey pürüzlülüğü arttıkça bu tutulumun daha da belirgin hâle geldiği gösterilmiştir (Salama vd., 2025; Filiz vd., 2023). Gliserol ve diğer aerosol taşıyıcılarının materyal yüzeyinde ince bir film tabakası oluşturarak pigmentlerin yüzeye tutunmasını kolaylaştırdığı bildirilmiştir (Mousdraka vd., 2025; Sussman vd., 2023). Bazı çalışmalarda ise yarı saydam cam seramikler ve akrilik esaslı materyallerde, yüzeyde oluşan tabakanın ışıkla etkileşimi değiştirmesi sonucu ΔE değerlerinde anlamlı renk değişimleri meydana geldiği bildirilmektedir (Alqahtani vd., 2024; Sarıkaya ve Güleç, 2018). Bu bulgular, HTP maruziyetinin yalnızca organik materyallerde değil; porselen ve zirkonya gibi daha inert kabul edilen protetik materyallerde de renk değişimine yol açabildiğini ortaya koymaktadır.

2.4.2.3. Diğer aerosol bazlı sistemler

Elektronik nargile, pod sistemleri ve nikotin tuzu içeren cihazlar son yıllarda geleneksel sigaraya alternatif olarak yaygınlaşan aerosol bazlı ürünlerdir. Bu sistemler özellikle aromalı içerikleri, taşınabilir yapıları ve yüksek nikotin düzeyleri nedeniyle kullanıcılar arasında hızla yaygınlaşmıştır. Pod cihazları yüksek nikotin tuzu konsantrasyonlarıyla bağımlılık riskini artırırken; mango, kiraz ve vanilya gibi yoğun aromalar bu ürünlerin çekiciliğini yükseltmektedir (Fadus vd., 2019). Elektronik nargileler ise yüksek gliserol ve aroma içeriği sayesinde yoğun buhar oluşturmakta ve kullanım sırasında büyük miktarda aerosol üretmektedir (Alrabeah vd., 2023).

Bu ürünlere ilişkin araştırmalar aerosol üretiminin kimyasal bileşiminin yanında fiziksel özelliklerinin de kullanıcı maruziyetini etkilediğini göstermektedir. Aerosol partiküllerinin yoğunluğu, viskozitesi ve buhar–yoğuşma döngüsü sırasında damlacıkların davranışı ürünler arasında belirgin farklılıklar gösterebilmektedir (Zhang ve Wen, 2023). Kullanım sıklığı, aroma profili, nikotin formu ve kullanıcı çekim paterni de aerosol maruziyetinin düzeyini ve potansiyel etkilerini belirleyen başlıca değişkenler arasında yer almaktadır (Sosnowski ve Odziomek, 2018; Talih vd., 2020).

2.4.3. Geleneksel sigara ve alternatif sistemlerin karşılaştırmalı etkileri

Geleneksel sigara içerdiği katran, nikotin ve çok sayıda yanma ürünü nedeniyle hem sağlık hem de çevresel maruziyet açısından en yüksek risk profiline sahiptir. Alternatif nikotin dağıtım sistemleri daha düşük yanma sıcaklıkları ve farklı üretim mekanizmaları kullansalar da nikotin, aromatik bileşikler ve çeşitli kimyasal türevler içermektedir. Bu nedenle zararsız oldukları yönündeki algıya rağmen tamamen risksiz ürünler değillerdir (Farsalinos vd., 2018). Genel karşılaştırmada geleneksel sigara kimyasal çeşitlilik ve toksisite bakımından en yoğun yükü oluştururken, elektronik sigaralar ve ısıtılmış tütün ürünlerinde bu yük daha düşük fakat yine de anlamlı düzeydedir (Dalrymple vd., 2018; Ankily vd., 2024). Aerosol bazlı sistemler yanma ürünleri içermese bile çözücüler, aromalar ve ısıya bağlı dönüşüm ürünleri nedeniyle farklı bir kimyasal maruziyet profili oluşturmaktadırlar. Bu nedenle bu sistemlerin oluşturduğu estetik ve materyal temelli etkilerin yalnızca kimyasal içeriğe değil kullanım özelliklerine de bağlı olarak değiştiği de söylenebilmektedir. Tüm bu ürünlerde riskin seviyesi; kullanım süresi, nikotin yoğunluğu, aroma içeriği ve cihaz tipine bağlı olarak değişmektedir (Farsalinos vd., 2018). Bu farklılıkların protetik materyallerin renk stabilitesi üzerindeki etkilerini daha sistematik biçimde değerlendirebilmek için ürünler arasındaki renklenme mekanizmalarının karşılaştırılması gerekmektedir (Tablo 2.1).

Tablo 2. 1: Geleneksel sigara, elektronik sigara (ENDS) ve ısıtılmış tütün ürünlerinin (HTP) renklenme mekanizmaları ve şiddeti (Abdulla ve Cowan, 2023; Makkeyah vd., 2024; Alonazi, 2024)

Ürün Türü	Temel Bileşenler	Maruziyet Biçimi	Kimyasal Yoğunluğu
Geleneksel Sigara	Tütün, katran, nikotin, PAH, ağır metaller	Yanma sonucu duman	Yüksek
Elektronik Sigara (ENDS)	Gliserol, propilen glikol, nikotin, aroma	Isıtma ile aerosol	Orta
Isıtılmış Tütün Ürünleri (HTP)	Tütün, nikotin, organik bileşikler	Yanma altı ısıtma ile aerosol	Orta

Tablo 2.1 incelendiğinde, geleneksel sigaranın yanma sürecinde ortaya çıkan kimyasal bileşenler nedeniyle en yüksek düzeyde maruziyete yol açtığı görülmektedir. Elektronik sigara ve ısıtılmış tütün ürünleri daha düşük sıcaklıklarda çalışsa da, kimyasal ve partikül içerikleri açısından tamamen risksiz kabul edilmemektedir. Her üç ürün tipi de farklı mekanizmalar üzerinden çevresel ve optik açıdan benzer nitelikte etkiler oluşturabilmektedir. Şekil 2.6'da ısıtılmış tütün ürünü IQOS cihazının yapısal ve fonksiyonel öğeleri sunulmuştur.



Şekil 2. 6: Isıtılmış tütün ürünü IQOS cihazının yapısal ve fonksiyonel öğeleri (Vape Superstore, 2023)

Şekil 2.6'da cihazın dış gövdesi (casing), "On" düğmesi, kontrol elektronik birimleri, şarj edilebilir bataryası, ısıtma bıçağı ve takılabilir tütün ünitesi (HEETS/HeatSticks) ayrıntılı olarak gösterilmektedir. Isıtılmış tütün sistemleri, geleneksel sigaralarda olduğu gibi tütünü yakmak yerine belirli bir sıcaklıkta ısıtarak aerosol üretmekte ve bu sayede yanma ürünlerinin oluşumunu azaltmayı amaçlamaktadır.

2.5. Termal Siklus

Dental materyaller klinik kullanım boyunca sürekli değişen sıcaklık, pH ve nem gibi çevresel koşullara maruz kalmaktadır. Bu değişkenler materyallerin renk stabilitesi, mikroyapısal özellikleri, yüzey özellikleri ve bağ dayanıklılığını etkileyebilmektedir. Bu nedenle materyallerin uzun dönem performansını değerlendirmek için çeşitli yapay yaşlandırma yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında en yaygın ve standart kabul edilen uygulamalardan biri termal siklustur. Termal siklus, ağız içindeki sıcaklık değişimlerini laboratuvar ortamında taklit ederek materyallerin fiziksel ve kimyasal dayanıklılığını değerlendiren standart bir test yöntemidir (Akçay, 2025).

Termal siklus, numunelerin genellikle 5 °C–55 °C arasındaki iki su banyosu arasında belirli sayıda döngüyle otomatik olarak aktarılması esasına dayanmaktadır. Sıcaklık geçişleri sırasında oluşan ısıl genleşme ve büzülme zamanla mikro çatlaklar, yüzey değişimleri, bağ arayüzlerinde zayıflama ve renk stabilitesinde bozulmalara yol açabilmektedir (Gül ve Sağsöz, 2023). Bu nedenle termal siklus, materyallerin klinik ortamda karşılaşacağı stresleri öngörmek açısından önemli bir simülasyon sağlamaktadır. Bu test, ağız içindeki doğal sıcaklık dalgalanmalarını kontrollü biçimde taklit ederek kısa sürede hızlandırılmış yaşlandırma etkisi oluşturmaktadır. Böylece materyalin uzun dönem davranışı klinik süreçler beklenmeden değerlendirilebilmektedir (Kassim vd., 2023). Termal siklus testinde sıcaklık ve sürelerin doğru ayarlanması, testin güvenilir olmasını sağlamaktadır. Bu test, materyallerin ağızda karşılaşacağı sıcak-soğuk değişimlerine nasıl dayanacağını anlamak için önemli bir yöntemdir (Eliasson ve Dahl, 2020).

2.6. Çalışmanın Amacı

Bu in vitro çalışmanın amacı; farklı CAD/CAM dental materyallerin (lityum disilikat cam seramik, hibrit seramik ve zirkonya) geleneksel sigara dumanı ve ısıtılmış tütün ürünü (HTP) aerosollerine maruziyet sonrası renk stabilitesini karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Çalışmada ayrıca termal siklus uygulamasının bu materyallerin renk değişimi üzerindeki etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir.

2.7. Çalışmanın Sıfır Hipotezi (H_0)

H_{01} (Birinci sıfır hipotez): Yapay yaşlandırma (termal siklus) uygulamasının, farklı kimyasal içeriğe sahip CAD/CAM dental materyallerinin renk değişimi (ΔE) değerleri üzerinde etkisi yoktur.

H_{02} (İkinci sıfır hipotez): Geleneksel sigara dumanı ve ısıtılmış tütün ürünlerine maruziyetin, farklı kimyasal içeriğe sahip CAD/CAM dental materyallerinin renk değişimi (ΔE) değerleri üzerinde etkisi yoktur.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu in vitro tez çalışmasında; farklı CAD/CAM materyallerinin geleneksel sigara dumanı ve ısıtılmış tütün ürünü (HTP) aerosollerine maruziyet sonrası meydana gelen renk değişimleri değerlendirilmiştir. Bu çalışma İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Fen ve Tıbbi Müdahale Gerektirmeyen Sağlık Bilimleri Araştırmaları Etik Kurul tarafından 2025/ 04-1519 sayılı karar ile onaylanmıştır.

Bu çalışma İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesin'nde Mayıs 2025 – Temmuz 2025 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma;

- Örneklerin hazırlanması
- Örnek yüzeylerinin spektrofotometre ile birinci renk ölçümlerinin yapılması
- Termal siklus ile yaşlandırma işlemi uygulaması
- Termal siklus işlemi uygulanan örnek yüzeylerinin spektrofotometre ile ikinci renk ölçümlerinin yapılması
- Örnek yüzeylerinin sigara dumanına ve HTP aerosollerine maruz bırakılması
- Maruziyet sonrası örnek yüzeylerinin spektrofotometre ile üçüncü renk ölçümlerinin yapılması
- Renk ölçüm formülü kullanılarak renk değişim değerlerinin (ΔE) hesaplanması aşamalardan oluşmaktadır.

3.1. Çalışma Gruplarının Belirlenmesi

Çalışmada üç farklı kimyasal içeriğe sahip, CAD/CAM ile freze edilebilen dental materyaller kullanılmış ve renk standardizasyonunun sağlanabilmesi amacıyla tüm örnekler A1 renk tonunda seçilmiştir.

Tablo 3. 1: Çalışmada kullanılan dental materyallerin içerikleri, sınıflaması, üretici firmaları ve lot numaraları

Materyal	İçeriği	Sınıflama	Üretici firma	Lot numarası
Yucera ST Color	ZrO2+HfO2+Y2O3, Y2O3, Al2Os, Fe2O3, Er2O3, Diğer oksitler	Monolitik zirkonya	Shenzhen Yurucheng Dental Materials Co. Ltd., Çin	STA1240501M0010
IPS e.max	SiO2, Li2O, K2O, P2O5, ZrO2, ZnO, Al2O3, MgO, pigmentler	Lityum disilikat ile güçlendirilmiş cam seramik	Ivoclar, Vivadent, Schaan, Liechtenstein, Kanada	YBC2GX
VITA Enamic	86% fine structure feldspathic ceramic (58-63) SiO2, Al2O3, NaO2, K2O, ZrO2, 14 polymer:(urethane dimethacrylate) UDMA, (triethylene glycol dimethacrylate) (TEGDMA)	Hibrit seramik	VITA Zahnfabrik, Almanya	219250

YUCERA Zirkonya ST Color (Shenzhen Yurucheng Dental Materials Co. Ltd., Çin) yttria ile stabilize edilmiş tetragonal zirkonya polikristal (Y-TZP) yapısındadır. Süper translusent özelliği sayesinde yüksek translusenslik ile yaklaşık 900-1200 MPa aralığında mekanik dayanım sağlamaktadır. Yucera ST Color blokları hem güç hem de estetiğin önemli olduğu, post-boyama işlemi gerektirmeyen çok yönlü restorasyonlar için kullanılmaktadır (Şekil 3.1) (YUCERA, 2025).



Şekil 3. 1: Yucera ST Color Zirkonya Blok (YUCERA, 2025)

IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein; Lot No: YBC2GX) materyali, cam-seramik yapısı yaklaşık %70 oranında lityum disilikat kristalleri içermekte olup, ortalama eğilme dayanımı 530 MPa'dır. Ayrıca 2.11 MPa·$m^{1/2}$ düzeyindeki kırılma tokluğu değeri, materyalin klinik dayanıklılığını destekleyen önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir. IPS e.max inley-onley restorasyonlar, parsiyel kuronlar, venerler ile ön ve arka bölge üç üyeli köprü uygulamaları için endikedir (Şekil 3.2) (Dentalshop, 2025).



Şekil 3. 2: IPS e.max CAD (Dentalshop, 2025)

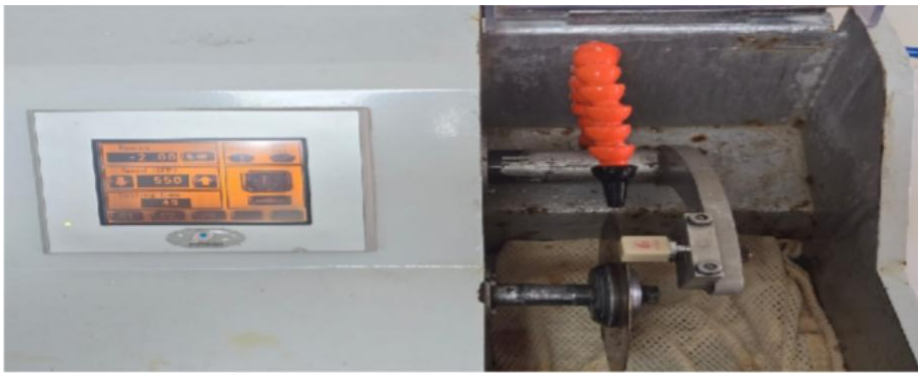
VITA Enamic (VITA Zahnfabrik, Almanya; Lot No: 2195) materyali yaklaşık %86 oranında feldspatik seramik ağı ile bu ağ içerisine entegre edilmiş polimer matriksin birlikte oluşturduğu çift-ağ (dual-network) yapı özelliğine sahiptir. Seramik ve polimer fazların birlikte bulunması, materyale saf seramiklere kıyasla daha düşük kırılganlık ve kompozit rezinlere kıyasla daha iyi aşınma direnci kazandırmaktadır. Üretici firma verilerine göre materyalin ortalama eğilme dayanımı 150–160 MPa düzeyindedir ve bu değer hibrit seramik yapının karakteristik mekanik performansını yansıtmaktadır. Ayrıca silikat esaslı seramiklere kıyasla daha ince duvar kalınlıklarında frezelemeye olanak tanıması nedeniyle minimal invaziv restorasyonlar için özellikle uygun olduğu belirtilmektedir. Vita enamic; implant / diş destekli anterior ve posterior kuronlar, inley, onley, parsiyel kuronlar, venerler için endikedir (Şekil 3.3) (Emerald Dental Works, 2025).



Şekil 3. 3: Vita Enamic CAD (Emerald Dental Works, 2025)

3.2. Örneklerin Hazırlanması

Her bir materyal grubundan, 2 mm kalınlığında, 12x14 mm boyutlarında dikdörtgen biçiminde 30 adet örnek (toplam 90 örnek) hazırlanmıştır. Yucera ST Color zirkonya materyali kazıma cihazı (VHF K5, VHF Camfacture AG, Almanya) ile, Vita Enamic ve IPS e.max CAD blokları ise hassas kesim cihazı (Presi Mecatome T180, Presi, Fransa) kullanılarak hazırlanmıştır. Kesim işlemi, ısıl stres ve mikro çatlak oluşumunu önlemek amacıyla su soğutması altında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4). Kenar ve yüzey bütünlüğü mikroskobik olarak kontrol edilmiş deformasyon veya çatlak saptanan örnekler çalışma dışı bırakılmıştır.



Şekil 3. 4: Hassas kesim cihazı

Tablo 3.2'de belirtilen parametrelere göre; zirkonya örnekleri sinterizasyon, IPS e.max CAD örnekleri ise kristalizasyon işlemine (Tegra MP1500 Speed Multistep, Türkiye) tabi tutulmuştur. VITA Enamic örneklerine ilave bir ısıl işlem uygulanmamıştır.

Tablo 3. 2: Materyallerin ısıl işlem sıcaklık ve süreleri

	Sinterizasyon / Kristalizasyon ısısı	Total işlem süresi
Yucera ST color	1530°C	120 dk
IPS e.max	840-850°C	20-30 dk

Numunelerin ölçüm yapılacak yüzeylerinde yüzey pürüzlülüğünün standardizasyonunu sağlamak amacıyla, tüm örneklere su soğutmalı bir polisaj cihazında (Phonenix Beta Grinder Polisher, Buehler, Düsseldorf, Almanya) sırasıyla 600, 800 ve 1200 gren silikon karbür zımpara kâğıtları ile aşamalı yüzey polisajı uygulanmıştır. Polisaj işleminin ardından örneklerin kalınlıkları dijital kumpas (Absolute Digimatic Caliper, Mitutoyo) kullanılarak kontrol edilmiştir.

Her materyal geleneksel sigara [L&M Red, (Philip Morris International Inc., ABD)], HTP [TEREA Silver sticks (Philip Morris International Inc., ABD)] ve kontrol grubu (yapay tükürük) olmak üzere 3 alt gruba ayrılmıştır.

3.3. Birinci Renk Ölçümü (T0)

Cilalanmış tüm örnek yüzeyleri renk ölçümü öncesinde ayrı ayrı numaralandırılmıştır. Her bir örneğin rengi, termal döngü ve sigara dumanına maruz bırakılmadan önce, spektrofotometre (VITA Easyshade V4.0, VITA Zahnfabrik, Almanya) kullanılarak ölçülmüştür. Cihaz, her ölçüm serisi öncesinde üretici tarafından sağlanan kalibrasyon bloğu kullanılarak kalibre edilmiştir. Ölçümler, D65 standart ışık kaynağı altında ve dış ortam ışığından izole edilmiş koşullarda, ışık kabini (Prowhite, Türkiye) içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3. 5: Renk ölçümünün gerçekleştirildiği ışık kabini

Renk stabilitesinin değerlendirilmesinde CIE Lab renk sistemi esas alınmıştır. Her grubun renk ölçümü, siyah arka fon üzerinde üç boyutlu koordinat sistemine göre gerçekleştirilmiştir: L* (0 [siyah] – 100 [beyaz]), a* (yeşil–kırmızı ekseni; −a* = yeşil, +a* = kırmızı) ve b* (mavi–sarı ekseni; −b* = mavi, +b* = sarı). L* değeri parlaklığı ifade etmekte olup, sıfırdan (siyah) 100'e (beyaz) kadar değişmektedir. a* ve b* değerleri ise sırasıyla kırmızı–yeşil ve sarı–mavi eksenlerindeki kromatik koordinatlarını göstermektedir. Negatif a* ve b* değerleri sırasıyla yeşil ve mavi renk yönündeki kaymaları, pozitif a* ve b* değerleri ise kırmızı ve sarı renk yönündeki kaymaları ifade etmektedir. Her bir örnek üç kez ölçülmüş ve elde edilen L, a ve b değerlerinin ortalaması hesaplanmıştır.

3.4. Termal Siklus ve İkinci Renk Ölçümü (T1)

Birinci renk ölçümü sonrası tüm örnekler termal siklus cihazında (SD Mechatronik Thermocycler, Almanya) yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur. Örnekler sırasıyla yüzeylerini tamamen örtecek seviyede 5-55°C'deki su banyolarında 30'ar sn olmak üzere toplam 60 sn bekleme süresinde 5.000 devir termal siklus işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 3.6).

Termal siklus sonrası örnek yüzeyleri kurutulmuş ve ikinci renk ölçümü spektrofotometre cihazı ile yapılmıştır.



Şekil 3. 6: Termal siklus cihazı

3.5. Maruziyet Protokolü

Örnek yüzeyleri geleneksel sigara (L&M Red, Philip Morris International Inc., ABD) dumanı ve HTP (TEREA Silver sticks, Philip Morris International Inc., ABD) aerosolüne maruz bırakılmıştır. Deney koşulları, ağız ortamını taklit etmesi amacıyla özel olarak üretilmiş modular puff engine (Burghart Messtechnik- PE_MOD, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deney koşullarının belirlenmesinde, ISO 3308 standardında belirtilen puf parametreleri referans alınmıştır. Deney süresince geleneksel sigara grubu için cihaz parametreleri puf hacmi: 35 mL, puf süresi: 2 saniye, puf aralığı: 60 saniye; HTP grubu için puf hacmi: 55 mL, puf süresi: 3 saniye, puf aralığı: 30 saniye olarak ayarlanmıştır (ISO, 2012).

Sigara maruziyeti, cihaz üzerinde yer alan özel olarak tasarlanmış hava sızdırmaz cam hazne içerisinde gerçekleştirilmiştir. Her deney setinde, üç farklı materyal grubundan 10'ar adet olmak üzere toplam 30 örnek (VITA Enamic, IPS e.max CAD ve Yucera ST Color) cam hazne tabanına yatay pozisyonda yerleştirilerek sabitlenmiştir. Geleneksel sigara grubunda yer alan örnekler, günde 1 paket (20 adet) sigaraya maruz bırakılmış, maruziyet sonrasında örnekler serum fizyolojik ile yıkanarak yüzey kontaminasyonundan arındırılmış ve yapay tükürük içerisinde bir sonraki güne kadar bekletilmiştir. Bu işlem, toplam 30 paket sigara olacak şekilde 30 gün boyunca

tekrarlanmış ve böylece günde 1 paket sigara kullanan bir bireyin yaklaşık 1 aylık kullanımına eşdeğer renklenme etkisi oluşturulmuştur. Aynı prosedür, HTP grubu için de ayrı olarak uygulanmıştır. Çapraz bulaşmanın önlenmesi için geleneksel sigara dumanı ve HTP aerosolü maruziyetleri arasında cihaz temizliği ve sistem havalandırması yapılmıştır. Tüm deney süresince oda sıcaklığı 23±2°C, nem oranı %50±10 aralığında sabit tutulmuştur. Kontrol grubundaki örnekler ise sigara dumanına maruz bırakılmamış, 1 ay boyunca yapay tükürük içerisinde bekletilmiştir. Yapay tükürüğün (Colin, Specific Solutions, Almanya) pH değeri (~6.8) ve iyon içeriği sabit tutulmuş, çözelti 48 saatte bir yenilenmiştir. Yapay tükürük DIN 53160-1 standardına uygun kullanılmıştır.

IQOS Iluma 4.0 cihazı, Philip Morris International tarafından geliştirilen en yeni nesil ısıtılmış tütün sistemi olup, SMARTCORE Induction SystemTM teknolojisiyle çalışmaktadır. Bu sistemde tütün, manyetik endüksiyon prensibiyle ısıtılır. Cihazın bobininden geçen akım, TEREATM stick içerisindeki metalik susceptor üzerinde akım indükleyerek ısı üretir. Böylece tütün içten dışa doğru ısıtılır, yanma gerçekleşmeden aerosol oluşur. Yakma sistemine dayalı sigaralardan farklı olarak bu mekanizma ısıtıcı bıçak (blade) gerektirmemekte, temizlik ve bakım kolaylığı sağlamaktadır. Philip Morris Scientific Information Platform verilerine göre cihaz, tütünü yaklaşık 300°C civarında ısıtarak nikotin içeren aerosol üretir. Bu sıcaklık klasik sigaradaki 800-900°C yanma sıcaklıklarının oldukça altındadır. Böylece aerosol bileşenleri, miktar ve kimyasal yapı açısından klasik sigaradan farklılık göstermektedir.

3.6. Üçüncü Renk Ölçümü (T2)

Maruziyet sonrası örnek yüzeyleri kurutulmuş ve üçüncü renk ölçümü spektrofotometre cihazı ile yapılmıştır. T0, T1 ve T2 renk ölçümlerinde kaydedilen L, a, b değerleri kullanılarak renk değişimi (ΔE) aşağıda belirtilen formül ile hesaplanmıştır (Şekil 3.7).

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Şekil 3. 7: Renk değişimi formülü

3.7. İstatistiksel İnceleme

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanılmıştır. Parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilks testi ile değerlendirilmiştir. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotların yanı sıra niceliksel verilerin karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) testi kullanılmıştır. Farklılığına neden olan grubun tespitinde Bonferroni testi kullanılmıştır. Anlamlılık $p<0.05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

T0 – T1 Renk Değişimi (ΔE): T0 cila işlemi sonrası yapılan birinci renk ölçümünü, T1 ise termal siklus sonrası yapılan ikinci renk ölçümünü ifade etmekte olup, ΔE değeri bu iki renk ölçümü arasındaki renk değişimini göstermektedir.

T0 – T2 Renk Değişimi (ΔE): T0 cila işlemi sonrası yapılan birinci renk ölçümünü, T2 ise sigara dumanı sonrası yapılan üçüncü renk ölçümünü ifade etmekte olup, ΔE değeri bu iki renk ölçümü arasındaki renk değişimini göstermektedir.

T1 – T2 Renk Değişimi (ΔE): T1 termal siklus sonrası yapılan ikinci renk ölçümünü, T2 ise sigara dumanı sonrası yapılan üçüncü renk ölçümünü ifade etmekte olup, ΔE değeri bu iki renk ölçümü arasındaki renk değişimini göstermektedir.

Yucera ST Color materyalinin cila işlemi sonrası, termal siklus sonrası ve sigara dumanı / aerosol maruziyeti sonrası renk değişimi ölçümlerine ait minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.1'de belirtilmiştir.

Yucera ST Color grubunda T0-T1 renk değişimi ölçümlerinde, yapay tükürükte bekletilen kontrol grubunda 2,48 ±1,40, geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan grupta 3,73±1,29 ve HTP aerosolüne maruz bırakılan grupta 3,10±2,07 ortalama ΔE değerleri saptanmıştır.

Yucera ST Color grubunda T0-T2 renk değişimi ölçümlerinde, yapay tükürükte bekletilen kontrol grubunda 3,97±1,41, geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan grupta 21,31±2,95 ve HTP aerosolüne maruz bırakılan grupta 6,37±2,97 ortalama ΔE değerleri saptanmıştır.

Yucera ST Color grubunda T1-T2 renk değişimi ölçümlerinde, yapay tükürükte bekletilen kontrol grubunda 1,82±0,68, geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan grupta 20,54±2,75 ve HTP aerosolüne maruz bırakılan grupta 5,10±1,21 ortalama ΔE değerleri saptanmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4. 1: Yucera ST Color materyaline ait renk değişimi (ΔE) değerleri

		Renk Değişimi (ΔE)		
		Ort. ± SS	Minimum	Maksimum
Yucera ST Color (T0-T1)	Yapay Tükürük	2,48±1,40	,32	4,05
	Geleneksel Sigara	3,73±1,29	,79	5,27
	HTP	3,10±2,07	,41	7,44
	Total	3,11±1,65	,32	7,44
Yucera ST Color (T0-T2)	Yapay Tükürük	3,97±1,41	1,75	6,03
	Geleneksel Sigara	21,31±2,95	18,17	26,84
	HTP	6,37±2,97	2,47	12,60
	Total	10,55±8,18	1,75	26,84
Yucera ST Color (T1-T2)	Yapay Tükürük	1,82±0,68	1,00	3,16
	Geleneksel Sigara	20,54±2,75	17,83	26,04
	HTP	5,10±1,21	3,00	7,07
	Total	9,15±8,48	1,00	26,04

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

Yucera ST Color materyalinin gruplar arası karşılaştırmasında, tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre T0-T2 ile T1-T2 renk değişimi değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık oluştuğu (p:0.000, $p<0.05$) gözlenmektedir (Tablo 4.2). Anlamlılığın hangi gruplar arasında oluştuğunun saptanması için yapılan post hoc testler sonucunda; T0-T2 renk değişimi değerlerinde geleneksel sigara grubunda elde edilen ortalama ΔE değerinin, yapay tükürük ve HTP grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu ($p<0.05$) belirlenmiş, diğer gruplar arasında renk değişim değerleri ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılığın oluşmadığı ($p>0.05$) saptanmıştır. T1-T2 renk değişim değerlerinde; geleneksel sigara grubunda elde edilen ortalama ΔE değerinin yapay tükürük ve HTP grubundan, HTP grubunda elde edilen ortalama ΔE değerinin yapay tükürük grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu ($p<0.05$) belirlenmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4. 2: Yucera ST Color materyalinin renk değişimi (ΔE) değerlerine ait tek yönlü varyans analizi sonuçları

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	P
Yucera ST Color (T0-T1)	Between Groups	7,875	2	3,938	1,490	,243
	Within Groups	71,349	27	2,643		
	Total	79,224	29			
Yucera ST Color (T0-T2)	Between Groups	1764,568	2	882,284	136,062	,000*
	Within Groups	175,079	27	6,484		
	Total	1939,647	29			
Yucera ST Color (T1-T2)	Between Groups	1998,195	2	999,097	315,785	,000*
	Within Groups	85,424	27	3,164		
	Total	2083,619	29			

One-Way ANOVA Test, *p<0.05, P: Anlamlılık değeri

Tablo 4. 3: Yucera ST Color materyalinin renk değişimi (ΔE) değerlerinin post hoc değerlendirilmesi

		Renk Değişimi (ΔE)	
			P
Yucera ST Color (T0-T1)	Yapay Tükürük	Geleneksel Sigara	,287
		HTP	1,000
	Geleneksel Sigara	Yapay Tükürük	,287
		HTP	1,000
	HTP	Yapay Tükürük	1,000
		Geleneksel Sigara	1,000
Yucera ST Color (T0-T2)	Yapay Tükürük	Geleneksel Sigara	,000*
		HTP	,133
	Geleneksel Sigara	Yapay Tükürük	,000*
		HTP	,000*
	HTP	Yapay Tükürük	,133
		Geleneksel Sigara	,000*
Yucera ST Color (T1-T2)	Yapay Tükürük	Geleneksel Sigara	,000*
		HTP	,001*
	Geleneksel Sigara	Yapay Tükürük	,000*
		HTP	,000*
	HTP	Yapay Tükürük	,001*
		Geleneksel Sigara	,000*

Bonferroni Testi, *p<0.05, P: Anlamlılık değeri

IPS e.max materyalinin cila işlemi sonrası, termal siklus sonrası ve sigara dumanı maruziyeti sonrası renk değişimi ölçümlerine ait minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.3'de belirtilmiştir.

IPS e.max grubunda T0-T1 renk değişimi ölçümlerinde, yapay tükürükte bekletilen kontrol grubunda 2,31± 0,85, geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan grupta 2,94±2,80 ve HTP aerosolüne maruz bırakılan grupta 1,54±0,55 ortalama ΔE değerleri saptanmıştır.

IPS e.max grubunda T0-T2 renk değişimi ölçümlerinde, yapay tükürükte bekletilen kontrol grubunda 2,26±1,40, geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan grupta 5,37±3,42 ve HTP aerosolüne maruz bırakılan grupta 4,27±2,08 ortalama ΔE değerleri saptanmıştır.

IPS e.max grubunda T1-T2 renk değişimi ölçümlerinde, yapay tükürükte bekletilen kontrol grubunda 2,49±1,63, geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan grupta 4,40±3,82 ve HTP aerosolüne maruz bırakılan grupta 3,48±1,85 ortalama ΔE değerleri saptanmıştır (Tablo 4.4).

Tablo 4. 4: IPS e.max materyaline ait renk değişimi (ΔE) değerleri

		Renk Değişimi (ΔE)		
		Ort. ± SS	Minimum	Maksimum
IPS e.max (T0-T1)	Yapay Tükürük	2,31± 0,85	1,27	3,59
	Geleneksel Sigara	2,94±2,80	,58	9,95
	HTP	1,54±0,55	,93	2,48
	Total	2,28±1,81	,58	9,95
IPS e.max (T0-T2)	Yapay Tükürük	2,26±1,40	,68	5,24
	Geleneksel Sigara	5,37±3,42	,54	13,84
	HTP	4,27±2,08	1,85	8,01
	Total	4,01±2,74	,54	13,84
IPS e.max (T1-T2)	Yapay Tükürük	2,49±1,63	,41	4,79
	Geleneksel Sigara	4,40±3,82	,73	13,44
	HTP	3,48±1,85	1,30	6,44
	Total	3,49±2,71	,41	13,44

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

IPS e.max materyalinin gruplar arası karşılaştırmasında, tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre T0-T2 zaman aralığında renk değişimi değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık oluştuğu (p:0.000, p<0.05) gözlenmektedir (Tablo 4.5).

Anlamlılığın hangi gruplar arasında oluştuğunun saptanması için yapılan post hoc testler sonucunda; T0-T2 renk değişimi değerlerinde geleneksel sigara grubunda elde edilen ortalama ΔE değerinin yapay tükürük grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu ($p<0.05$) belirlenmiş, diğer gruplar arasında renk değişim değerleri ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılığın oluşmadığı ($p>0.05$) saptanmıştır (Tablo 4.6).

Tablo 4. 5: IPS e.max materyalinin renk değişimi (ΔE) değerlerine ait tek yönlü varyans analizi sonuçları

		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**P**
IPS e.max (T0-T1)	Between Groups	10,305	2	5,153	1,649	,210
	Within Groups	87,507	28	3,125		
	Total	97,812	30			
IPS e.max (T0-T2)	Between Groups	51,677	2	25,838	4,167	,026*
	Within Groups	173,628	28	6,201		
	Total	225,304	30			
IPS e.max (T1-T2)	Between Groups	19,228	2	9,614	1,341	,278
	Within Groups	200,730	28	7,169		
	Total	219,958	30			

One-Way ANOVA Test, *$p<0.05$, P: Anlamlılık değeri

Tablo 4. 6: IPS e.max materyalinin renk değişimi (ΔE) değerlerinin post hoc değerlendirilmesi

		Renk Değişimi (ΔE)	
			P
IPS e.max (T0-T1)	Yapay Tükürük	Geleneksel Sigara	1,000
		HTP	1,000
	Geleneksel Sigara	Yapay Tükürük	1,000
		HTP	,241
	HTP	Yapay Tükürük	1,000
		Geleneksel Sigara	,241
IPS e.max (T0-T2)	Yapay Tükürük	Geleneksel Sigara	,024*
		HTP	,246
	Geleneksel Sigara	Yapay Tükürük	,024*
		HTP	,959
	HTP	Yapay Tükürük	,246
		Geleneksel Sigara	,959
IPS e.max (T1-T2)	Yapay Tükürük	Geleneksel Sigara	,338
		HTP	1,000
	Geleneksel Sigara	Yapay Tükürük	,338
		HTP	1,000
	HTP	Yapay Tükürük	1,000
		Geleneksel Sigara	1,000

Bonferroni Testi, *p<0.05, P: Anlamlılık değeri

Vita Enamic materyalinin cila işlemi sonrası, termal siklus sonrası ve sigara dumanı maruziyeti sonrası renk değişimi ölçümlerine ait minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.7'de belirtilmiştir.

Vita Enamic grubunda T0-T1 renk değişimi ölçümlerinde, yapay tükürükte bekletilen kontrol grubunda 1,68±1,10, geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan grupta 2,24±1,55 ve HTP aerosolüne maruz bırakılan grupta 2,53±1,40 ortalama ΔE değerleri saptanmıştır.

Vita Enamic grubunda T0-T2 renk değişimi ölçümlerinde, yapay tükürükte bekletilen kontrol grubunda 2,54±1,07, geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan grupta 25,87±5,03 ve HTP aerosolüne maruz bırakılan grupta 3,60±1,40 ortalama ΔE değerleri saptanmıştır.

Vita Enamic grubunda T1-T2 renk değişimi ölçümlerinde, yapay tükürükte bekletilen kontrol grubunda 1,44±1,10, geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan grupta 25,99±5,22 ve HTP aerosolüne maruz bırakılan grupta 3,61±1,52 ortalama ΔE değerleri saptanmıştır (Tablo 4.7).

Tablo 4. 7: Vita Enamic materyaline ait renk değişimi (ΔE) değerleri

		Renk Değişimi (ΔE)		
		Ort. ± SS	Minimum	Maksimum
Vita Enamic (T0-T1)	Yapay Tükürük	1,68±1,10	,61	3,75
	Geleneksel Sigara	2,24±1,55	,20	5,07
	HTP	2,53±1,40	,65	5,72
	Total	2,17±1,37	,20	5,72
Vita Enamic (T0-T2)	Yapay Tükürük	2,54±1,07	1,21	4,28
	Geleneksel Sigara	25,87±5,03	12,58	31,13
	HTP	3,60±1,40	1,30	5,75
	Total	10,92±11,40	1,21	31,13
Vita Enamic (T1-T2)	Yapay Tükürük	1,44±1,10	,30	4,04
	Geleneksel Sigara	25,99±5,22	13,20	32,67
	HTP	3,61±1,52	,79	6,12
	Total	10,62±11,76	,30	32,67

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

Vita Enamic materyalinin gruplar arası karşılaştırmasında, tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre T0-T2 ile T1-T2 zaman aralığında renk değişimi değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık oluştuğu (p:0.000, $p<0.05$) gözlenmektedir (Tablo 4.8). Anlamlılığın hangi gruplar arasında oluştuğunun saptanması için yapılan post hoc testler sonucunda; T0-T2 renk değişimi değerlerinde geleneksel sigara grubunda elde edilen ortalama ΔE değerinin yapay tükürük ve HTP grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu ($p<0.05$) belirlenmiş, diğer gruplar arasında renk değişim değerleri ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılığın oluşmadığı ($p>0.05$) saptanmıştır. T1-T2 renk değişim değerlerinde; geleneksel sigara grubunda elde edilen ortalama ΔE değerinin yapay tükürük ve HTP grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu ($p<0.05$) belirlenmiş, diğer gruplar arasında renk değişim değerleri ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılığın oluşmadığı ($p>0.05$) saptanmıştır. (Tablo 4.9).

Tablo 4. 8: Vita Enamic materyalinin renk değişimi (ΔE) değerlerine ait tek yönlü varyans analizi sonuçları

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	P
Vita Enamic (T0-T1)	Between Groups	3,907	2	1,953	1,042	,366
	Within Groups	54,362	29	1,875		
	Total	58,269	31			
Vita Enamic (T0-T2)	Between Groups	3748,961	2	1874,480	191,974	,000*
	Within Groups	283,163	29	9,764		
	Total	4032,124	31			
Vita Enamic (T1-T2)	Between Groups	3982,017	2	1991,009	188,343	,000*
	Within Groups	306,564	29	10,571		
	Total	4288,581	31			

One-Way ANOVA Test, *p<0.05, P: Anlamlılık değeri

Tablo 4. 9: Vita Enamic materyalinin renk değişimi (ΔE) değerlerinin post hoc değerlendirilmesi

		Renk Değişimi (ΔE)	
			P
Vita Enamic (T0-T1)	Yapay Tükürük	Geleneksel Sigara	1,000
		HTP	,494
	Geleneksel Sigara	Yapay Tükürük	1,000
		HTP	1,000
	HTP	Yapay Tükürük	,494
		Geleneksel Sigara	1,000
Vita Enamic (T0-T2)	Yapay Tükürük	Geleneksel Sigara	,000*
		HTP	1,000
	Geleneksel Sigara	Yapay Tükürük	,000*
		HTP	,000*
	HTP	Yapay Tükürük	1,000
		Geleneksel Sigara	,000*
Vita Enamic (T1-T2)	Yapay Tükürük	Geleneksel Sigara	,000*
		HTP	,414
	Geleneksel Sigara	Yapay Tükürük	,000*
		HTP	,000*
	HTP	Yapay Tükürük	,414
		Geleneksel Sigara	,000*

Bonferroni Testi, *p<0.05, P: Anlamlılık değeri

Yapay tükürükte bekletilen (kontrol grubu) grupta, dental materyallerin ΔE ölçümlerine ait minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.10'da belirtilmiştir. T0-T1/ T0-T2 renk değişim ölçümlerinde en yüksek ΔE

değerleri ortalaması Yucera ST Color (2,48±1,40) (3,97±1,41) materyalinde, T1-T2 renk değişim ölçümlerinde en yüksek ΔE değerleri ortalaması IPS e.max (2,49±1,63) materyalinde saptanmıştır (Tablo 4.10).

Tablo 4. 10: Yapay tükürükte bekletilen Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişim (ΔE) değerleri

		Renk Değişimi (ΔE)		
		Ort. ± SS	Minimum	Maksimum
Yapay Tükürük (T0-T1)	Yucera ST Color	2,48±1,40	,32	4,05
	Vita enamic	1,68±1,10	,61	3,75
	IPS e.max	2,31±0,85	1,27	3,59
	Total	2,16±1,16	,32	4,05
Yapay Tükürük (T0-T2)	Yucera ST Color	3,97±1,41	1,75	6,03
	Vita enamic	2,54±1,07	1,21	4,28
	IPS e.max	2,26±1,40	,68	5,24
	Total	2,92±1,47	,68	6,03
Yapay Tükürük (T1-T2)	Yucera ST Color	1,82±0,68	1,00	3,16
	Vita enamic	1,44±1,10	,30	4,04
	IPS e.max	2,49±1,63	,41	4,79
	Total	1,91±1,24	,30	4,79

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

Yapay tükürükte bekletilen materyallerin karşılaştırmasında, tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre T0-T2 renk değişimi değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık oluştuğu (p:0.000, $p<0.05$) gözlenmektedir (Tablo 4.11). Anlamlılığın hangi gruplar arasında oluştuğunun saptanması için yapılan post hoc testler sonucunda; T0-T2 renk değişimi değerlerinde Yucera ST Color materyalinden elde edilen ortalama ΔE değerinin IPS e.max materyalinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu ($p<0.05$) belirlenmiş, diğer gruplar arasında renk değişim değerleri ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılığın oluşmadığı ($p>0.05$) saptanmıştır (Tablo 4.12).

Tablo 4. 11: Yapay tükürükte bekletilen Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişimi (ΔE) değerlerinin tek yönlü varyans analizi sonuçları

		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**P**
Yapay Tükürük (T0-T1)	Between Groups	3,553	2	1,776	1,360	,274
	Within Groups	35,267	27	1,306		
	Total	38,820	29			
Yapay Tükürük (T0-T2)	Between Groups	16,815	2	8,408	4,958	,015*
	Within Groups	45,785	27	1,696		
	Total	62,600	29			
Yapay Tükürük (T1-T2)	Between Groups	5,616	2	2,808	1,942	,163
	Within Groups	39,044	27	1,446		
	Total	44,660	29			

Tablo 4. 12: Yapay tükürükte bekletilen Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişimi (ΔE) değerlerinin post hoc değerlendirilmesi

		Renk Değişimi (ΔE)	
			P
Yapay Tükürük (T0-T1)	Yucera ST Color	Vita Enamic	,388
		IPS e.max	1,000
	Vita Enamic	Yucera ST Color	,388
		IPS e.max	,685
	IPS e.max	Yucera ST Color	1,000
		Vita Enamic	,685
Yapay Tükürük (T0-T2)	Yucera ST Color	Vita Enamic	,063
		IPS e.max	,020*
	Vita Enamic	Yucera ST Color	,063
		IPS e.max	1,000
	IPS e.max	Yucera ST Color	,020*
		Vita Enamic	1,000
Yapay Tükürük (T1-T2)	Yucera ST Color	Vita Enamic	1,000
		IPS e.max	,679
	Vita Enamic	Yucera ST Color	1,000
		IPS e.max	,186
	IPS e.max	Yucera ST Color	,679
		Vita Enamic	,186

Geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan grupta dental materyallerin ΔE ölçümlerine ait minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.13'de belirtilmiştir. T0-T1 renk değişim ölçümlerinde en yüksek ΔE değerleri ortalaması Yucera ST Color (3,73±1,29) materyalinde, T0-T2 / T1-T2 renk değişim

ölçümlerinde en yüksek ΔE değerleri ortalaması Vita enamic (25,87±5,03) (25,99±5,22) materyalinde saptanmıştır (Tablo 4.13).

Tablo 4. 13: Geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişim (ΔE) değerleri

		Renk Değişimi (ΔE)		
		Ort. ± SS	Minimum	Maksimum
Geleneksel sigara (T0-T1)	Yucera ST Color	3,73±1,29	,79	5,27
	Vita enamic	2,24±1,55	,20	5,07
	IPS e.max	2,94±2,80	,58	9,95
Geleneksel sigara (T0-T2)	Yucera ST Color	21,31±2,95	18,17	26,84
	Vita enamic	25,87±5,03	12,58	31,13
	IPS e.max	5,37±3,42	,54	13,84
Geleneksel sigara (T1-T2)	Yucera ST Color	20,54±2,75	17,83	26,04
	Vita enamic	25,99±5,22	13,20	32,67
	IPS e.max	4,40±3,82	,73	13,44

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

Geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan Yucera ST Color, Vita enamic, IPS e.max materyallerinin karşılaştırmasında, tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre T0-T2 / T1-T2 renk değişimi değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık oluştuğu (p:0.000, $p<0.05$) gözlenmektedir (Tablo 4.14). Anlamlılığın hangi gruplar arasında oluştuğunun saptanması için yapılan post hoc testler sonucunda; T0-T2 renk değişimi değerlerinde Yucera ST Color materyalinden elde edilen ortalama ΔE değerinin IPS e.max materyalinden, Vita enamic materyalinden elde edilen ortalama ΔE değerinin IPS e.max materyalinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu ($p<0.05$) belirlenmiştir. T1-T2 renk değişimi değerlerinde Yucera ST Color materyalinden elde edilen ortalama ΔE değerinin IPS e.max materyalinden, Vita enamic materyalinden elde edilen ortalama ΔE değerinin Yucera ST Color ve IPS e.max materyallerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu ($p<0.05$) saptanmıştır (Tablo 4.15).

Tablo 4. 14: Geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişimi (ΔE) değerlerinin tek yönlü varyans analizi sonuçları

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	P
Geleneksel sigara (T0-T1)	Between Groups	8,906	2	4,453	1,087	,352
	Within Groups	110,621	27	4,097		
	Total	119,528	29			
Geleneksel sigara (T0-T2)	Between Groups	2216,687	2	1108,343	69,293	,000*
	Within Groups	431,866	27	15,995		
	Total	2648,553	29			
Geleneksel sigara (T1-T2)	Between Groups	2409,816	2	1204,908	69,405	,000*
	Within Groups	468,733	27	17,360		
	Total	2878,549	29			

Tablo 4. 15: Geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişimi (ΔE) değerlerinin post hoc değerlendirilmesi

		Renk Değişimi (ΔE)	
			P
Geleneksel sigara (T0-T1)	Yucera ST Color	Vita Enamic	,457
		IPS e.max	1,000
	Vita Enamic	Yucera ST Color	,457
		IPS e.max	1,000
	IPS e.max	Yucera ST Color	1,000
		Vita Enamic	1,000
Geleneksel sigara (T0-T2)	Yucera ST Color	Vita Enamic	,077
		IPS e.max	,000*
	Vita Enamic	Yucera ST Color	,077
		IPS e.max	,000*
	IPS e.max	Yucera ST Color	,000*
		Vita Enamic	,000*
Geleneksel sigara (T1-T2)	Yucera ST Color	Vita Enamic	,033*
		IPS e.max	,000*
	Vita Enamic	Yucera ST Color	,033*
		IPS e.max	,000*
	IPS e.max	Yucera ST Color	,000*
		Vita Enamic	,000*

HTP aerosoluna maruz bırakılan grupta dental materyallerin renk değişimi ölçümlerine ait minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.16'de belirtilmiştir. T0-T1 / T0-T2 / T1-T2 renk değişim ölçümlerinde en yüksek ΔE

değerleri ortalaması Yucera ST Color materyalinde (3,10±2,07) (6,37±2,97) (5,10±1,21) saptanmıştır (Tablo 4.16).

Tablo 4. 16: HTP aerosoluna maruz bırakılan Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişim (ΔE) değerleri

		Renk Değişimi (ΔE)		
		Ort. ± SS	Minimum	Maksimum
HTP (T0-T1)	Yucera ST Color	3,10±2,07	,41	7,44
	Vita enamic	2,53±1,40	,99	5,72
	IPS e.max	1,54±0,55	,93	2,48
HTP (T0-T2)	Yucera ST Color	6,37±2,97	2,47	12,60
	Vita enamic	3,60±1,40	1,30	5,75
	IPS e.max	4,27±2,08	1,85	8,01
HTP (T1-T2)	Yucera ST Color	5,10±1,21	3,00	7,07
	Vita enamic	3,61±1,52	,79	6,12
	IPS e.max	3,48±1,85	1,30	6,44

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

HTP aerosoluna maruz bırakılan Yucera ST Color, Vita enamic, IPS e.max materyallerinin karşılaştırmasında, tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre T0-T2 / T1-T2 renk değişimi değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık oluştuğu (p:0.000, $p<0.05$) gözlenmektedir (Tablo 4.17). Anlamlılığın hangi gruplar arasında oluştuğunun saptanması için yapılan post hoc testler sonucunda; T0-T2 renk değişimi değerlerinde Yucera ST Color materyalinden elde edilen ortalama ΔE değerinin Vita enamic materyalinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu ($p<0.05$) belirlenmiştir. (Tablo 4.18).

Tablo 4. 17: HTP aerosoluna maruz bırakılan Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişimi (ΔE) değerlerinin tek yönlü varyans analizi sonuçları

		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**P**
HTP (T0-T1)	Between Groups	13,323	2	6,662	3,162	,058
	Within Groups	56,881	27	2,107		
	Total	70,204	29			
HTP (T0-T2)	Between Groups	43,839	2	21,920	4,319	,024*
	Within Groups	137,021	27	5,075		
	Total	180,860	29			
HTP (T1-T2)	Between Groups	16,837	2	8,419	3,409	,048*
	Within Groups	66,686	27	2,470		
	Total	83,524	29			

Tablo 4. 18: HTP aerosoluna maruz bırakılan Yucera ST Color, Vita Enamic ve IPS e.max materyallerine ait renk değişimi (ΔE) değerlerinin post hoc değerlendirilmesi

		Renk Değişimi (ΔE)	
			P
HTP (T0-T1)	Yucera ST Color	Vita Enamic	1,000
		IPS e.max	,069
	Vita Enamic	Yucera ST Color	1,000
		IPS e.max	,239
	IPS e.max	Yucera ST Color	,069
		Vita Enamic	,239
HTP (T0-T2)	Yucera ST Color	Vita Enamic	,026*
		IPS e.max	,139
	Vita Enamic	Yucera ST Color	,026*
		IPS e.max	1,000
	IPS e.max	Yucera ST Color	,139
		Vita Enamic	1,000
HTP (T1-T2)	Yucera ST Color	Vita Enamic	,105
		IPS e.max	,088
	Vita Enamic	Yucera ST Color	,105
		IPS e.max	1,000
	IPS e.max	Yucera ST Color	,088
		Vita Enamic	1,000

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu in vitro çalışmada farklı kimyasal içeriğe sahip CAD/CAM dental materyallerinin termal yaşlandırma, geleneksel sigara dumanı ve ısıtılmış tütün ürünü (HTP) aerosollerine maruziyet sonrası renk değişimleri değerlendirilmiştir. Renk değişimi analizleri, başlangıç ölçümü ile termal siklus sonrası ölçüm arasındaki farkı gösteren T0-T1, başlangıç ölçümü ile maruziyet sonrası ölçüm arasındaki farkı gösteren T0-T2 ve termal siklus sonrası ölçüm ile maruziyet sonrası ölçüm arasındaki farkı gösteren T1-T2 zaman aralıkları üzerinden yapılmıştır.

Yucera ST Color materyalinde T0-T1 aralığında ölçülen ortalama ΔE değerleri yapay tükürük, geleneksel sigara ve HTP gruplarında sırasıyla (ΔE=2,48±1,40), (ΔE=3,73±1,29) ve (ΔE=3,10±2,07) olarak belirlenmiştir. IPS E.max materyalinde bu değerler (ΔE=2,31±0,85), (ΔE=2,94±2,80) ve (ΔE=1,54±0,55); Vita Enamic materyalinde ise (ΔE=1,68±1,10), (ΔE=2,24±1,55) ve (ΔE=2,53±1,40) olarak saptanmıştır. T0-T1 zaman aralığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamış, H_{01} hipotezi kabul edilmiştir. Uygulanan 5000 döngü termal siklus işleminin tek başına değerlendirildiğinde, tüm materyallerde benzer düzeylerde ve sınırlı renk değişimine neden olduğu belirlenmiştir.

Temizci ve Tunçdemir (2020) tarafından gerçekleştirilen in vitro çalışmada, farklı tam seramik sistemlerinde uygulanan yapay yaşlandırma yöntemlerinin renk değişimi üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada zirkonya esaslı seramikler (Katana UTML ve Prettau Anterior) ile lityum disilikat cam seramik (IPS E.max Press) örnekleri iki farklı kalınlıkta hazırlanmış ve yapay hızlandırılmış yaşlandırma, termal siklus ve otoklavda yaşlandırma protokollerine tabi tutulmuştur. Termal siklus uygulamasında örnekler 5–55 °C arasında 10.000 döngüye maruz bırakılmıştır. Termal döngü sonrası ΔE değerleri Katana UTML için 0,5 mm kalınlıkta 2,69 ve 1,0 mm kalınlıkta 1,27; Prettau Anterior için sırasıyla 0,99 ve 0,81; IPS e.max Press için ise 0,5 mm'de 2,44 ve 1,0 mm'de 1,83 olarak rapor edilmiştir. Bulgular, termal siklusun tüm materyallerde ölçülebilir düzeyde renk değişimine yol açtığını; ancak bu etkinin materyal türüne ve örnek kalınlığına bağlı olarak değişkenlik

gösterdiğini ortaya koymuştur. Özellikle daha ince kesitli örneklerde daha yüksek ΔE değerlerinin elde edilmesi, termal siklusun ince restorasyonlarda renk stabilitesi açısından daha belirgin bir etki oluşturabileceğini düşündürmektedir.

Öztürk Yeşilırmak vd. (2022)'nın yaptığı in vitro çalışmada, CAD/CAM hibrit seramik ve bulk-fill kompozit rezin materyallerinin termal yaşlandırma sonrası renk stabilitesi değerlendirilmiştir. Çalışmada CAD/CAM hibrit seramik olarak Vita Enamic ve Shofu Block HC materyalleri kullanılmış; örnekler 5–55 °C arasında 10.000 devir termal siklus işlemine tabi tutulmuştur. Termal yaşlandırma sonrası renk değişimleri CIE Lab renk sistemine göre hesaplanan ΔE değerleri üzerinden analiz edilmiştir. Vita Enamic materyalinde ölçülen ΔE değerinin 0,50±0,22 olduğu bildirilmiştir. Güven (2023) tarafından gerçekleştirilen in vitro çalışmada ise farklı itriyum içeriğine sahip monolitik zirkonya materyallerinin termal yaşlandırma sonrası renk değişimi incelenmiştir. Bu çalışmada %4–6, %6–8 ve %8–10 oranlarında itriyum içeren, 0,5 mm kalınlığındaki üç farklı monolitik zirkonya materyali 5–55 °C arasında 10.000 devir termal siklus işlemine tabi tutulmuş; yaşlandırma öncesi ve sonrası renk ölçümleri CIEDE2000 formülüne göre değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre %4-6 oranında itriyum içeriğine sahip monolitik zirkonya materyalinde ölçülen ΔE değeri 0,40-0,55 aralığında, %6-8 oranında itriyum içeriğine sahip monolitik zirkonya materyalinde ölçülen ΔE değeri 0,55-0,75 ve %8-10 oranında itriyum içeriğine sahip monolitik zirkonya materyalinde ölçülen ΔE değeri 0,65-0,90 aralığında bildirilmiştir. Çalışmada itriyum içeriği ve termal yaşlandırma işleminin monolitik zirkonyumların ΔE değerleri üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir.

Literatürde farklı seramik, hibrit seramik, zirkonya ve rezin esaslı materyaller üzerinde yapılan çalışmalarda termal siklus uygulaması sonrası rapor edilen ΔE değerlerinin genellikle sınırlı düzeyde olduğu bildirilmiştir (Temizci ve Tunçdemir, 2020; Öztürk Yeşilırmak vd., 2022; Güven, 2023). Bu bulgular, termal yaşlandırmanın herhangi bir ajan maruziyeti olmaksızın materyallerde sınırlı düzeyde renk değişimine neden olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmada; 5000 döngülük termal siklus sonrası T0–T1 zaman aralığında elde edilen bulgular incelendiğinde, IPS e.max ve Yucera ST Color materyallerinde ölçülen ΔE değerlerinin Temizci ve Tunçdemir'in bildirdiği

değerlerle benzer aralıklarda olduğu, buna karşın Vita Enamic materyalinde ölçülen ΔE değerlerinin Öztürk Yeşilırmak vd. (2022)'nın rapor ettiği sonuçlara kıyasla daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Bu farklılıkların; örnek geometrisi, yüzey hazırlama protokolleri, kullanılan ölçüm cihazı ve renk farkı hesaplama yöntemi (ΔE), ayrıca hibrit seramiklerin polimer içerikli yapıları nedeniyle termal değişimlere daha duyarlı olabilmesi gibi metodolojik ve materyal kaynaklı faktörlerden etkilenmiş olabileceği değerlendirilmektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular, 5000 döngü termal siklus sonrası renk değişiminin seramik esaslı materyallerde sınırlı düzeyde olduğu; hibrit seramiklerde ise literatürde bildirilen değerlere kıyasla daha belirgin renk değişimleri oluşturabildiğini göstermektedir.

Bu çalışmada; T0–T2 zaman aralığında, yani başlangıç ölçümü ile maruziyet sonrası ölçüm arasındaki toplam renk değişimi değerlendirildiğinde, geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan gruplarda tüm materyaller için daha yüksek ΔE değerleri elde edilmiştir. Yucera ST Color materyalinde geleneksel sigara grubunda ölçülen ortalama ΔE değeri 21,31±2,95 ile oldukça yüksek bulunurken, aynı materyalde HTP grubunda 6,37±2,97 ve yapay tükürük grubunda 3,97±1,41 değerleri saptanmıştır. Vita Enamic materyalinde geleneksel sigara maruziyeti sonrası ölçülen ΔE değeri 25,87±5,03 ile çalışmada elde edilen en yüksek renk değişimi olarak kaydedilmiş; buna karşılık HTP (3,60±1,40) ve yapay tükürük (2,54±1,07) gruplarında daha düşük ΔE değerleri gözlenmiştir. IPS e.max materyalinde ise geleneksel sigara grubunda ölçülen ΔE değeri 5,37±3,42 olup, bu değerin Yucera ST Color ve Vita Enamic materyallerine kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, geleneksel sigara dumanına maruziyetin tüm CAD/CAM materyallerinde diğer maruziyet türlerine kıyasla daha yüksek ΔE değerleri ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, gözlenen renk değişimi düzeylerinin materyal tipine bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

T1–T2 zaman aralığında elde edilen ΔE değerleri, termal yaşlandırma sonrasında uygulanan maruziyetin materyaller üzerinde oluşturduğu ilave renk değişimini yansıtmaktadır. Geleneksel sigara grubunda Yucera ST Color materyalinde (ΔE=20,54±2,75) ve Vita Enamic materyalinde (ΔE=25,99±5,22) yüksek düzeyde

renk değişimi saptanırken, IPS e.max materyalinde ölçülen ΔE değerinin (ΔE=4,40±3,82) daha düşük düzeyde kaldığı belirlenmiştir. HTP grubunda ise tüm materyallerde T1–T2 zaman aralığında ölçülen ΔE değerleri, geleneksel sigara grubuna kıyasla daha düşük olmakla birlikte, kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgular, maruziyet tipinin renk değişimi üzerinde etkili olduğunu ve geleneksel sigara dumanının, ısıtılmış tütün ürünü aerosollerine kıyasla materyallerde daha belirgin renk değişimine yol açtığını ortaya koymaktadır.

T0–T2 / T1-T2 zaman aralığında, farklı maruziyet türleri sonrasında farklı kimyasal içeriğe sahip CAD/CAM materyalleri arasında renk değişimi (ΔE) değerleri açısından anlamlı farklılıklar saptanmış; ikinci sıfır hipotez (H_{02}) reddedilmiştir.

Kara ve Cızıroğlu (2022)'nun yaptığı in vitro çalışmada, 1 mm kalınlığında hazırlanan CAD/CAM restoratif materyallerinde sigara dumanına bağlı renk değişimi değerlendirilmiştir. Çalışmada lityum disilikat cam seramik (IPS e.max CAD), zirkonya seramik ve polietereterketon (PEEK) materyallerinden disk örnekler hazırlanmış; lityum disilikat ve zirkonya örneklerine glaze ve polisaj işlemi uygulanmış alt gruplara ayrılmıştır. Deney grubundaki numuneler günde 20 adet sigara, 10 gün boyunca sigara dumanına maruz bırakılmış, kontrol grubundaki örnekler aynı süre boyunca yapay tükürük içerisinde saklanmıştır. Maruziyet sonrası tüm örnekler standart bir protokolle fırçalama simülasyonuna tabi tutulmuş ve renk ölçümleri tekrar edilerek ΔE değerleri hesaplanmıştır. Sigara dumanına maruz bırakılıp fırçalanan gruplarda IPS e.max CAD materyalinde ΔE değerleri glaze grubunda 19,72±4,00, polisaj grubunda 21,22±2,80 olarak rapor edilmiştir. Aynı koşullarda zirkonya materyalinde ΔE değerleri glaze grubunda 18,97±2,86, polisaj grubunda ise 16,17±1,78 olarak bildirilmiştir. PEEK materyalinde sigara dumanına maruziyet ve fırçalama sonrası ölçülen ΔE değeri 9,27±1,63 olarak rapor edilmiştir. Çalışmada, sigara dumanına maruziyet sonrası ölçülen ΔE değerlerinin materyal türüne ve yüzey işlemlerine bağlı olarak farklılık gösterdiği ve seramik materyallerde PEEK'e kıyasla daha yüksek ΔE değerleri elde edildiği belirtilmiştir.

Schelkopf vd. (2022)'nın yürüttüğü in vitro çalışmada, farklı CAD/CAM restoratif materyallerinde sigara dumanına maruziyet ve sonrasında uygulanan fırçalama işleminin renk değişimi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada lityum disilikat cam seramik (IPS e.max CAD), zirkonya seramik (Wieland Zenostar Translucent) ve polimetil metakrilat esaslı geçici CAD/CAM materyali (Telio PMMA CAD) kullanılmıştır. Lityum disilikat ve zirkonya örneklerine glaze ve polisaj işlemleri, PMMA örneklerine ise polisaj işlemi uygulanmıştır. Tüm numuneler 1,8±0,1 mm kalınlığında diskler şeklinde hazırlanmıştır. Deney grubunda günde 1 paket sigara kullanılmış ve bu uygulama 10 gün boyunca sürdürülmüştür; kontrol grubundaki örnekler ise aynı süre boyunca yapay tükürük içerisinde muhafaza edilmiştir. Sigara dumanı maruziyetinin ardından tüm örneklere standart bir protokol doğrultusunda fırçalama işlemi uygulanmış ve her aşamada renk ölçümleri tekrarlanarak ΔE değerleri hesaplanmıştır. Sigara dumanına maruziyet sonrası ölçülen ΔE değerleri lityum disilikat materyalinde glaze grubunda 18,62±6,20 ve polisaj grubunda 20,26±4,37; zirkonya materyalinde glaze grubunda 16,46±6,32 ve polisaj grubunda 13,67±3,87 olarak rapor edilmiştir. Fırçalama işlemi sonrasında tüm materyallerde ΔE değerlerinde azalma gözlenmiş olmakla birlikte, renk değişiminin tamamen ortadan kalkmadığı belirtilmiştir.

Alnasser vd. (2021)'nın yaptığı in vitro çalışmada, geleneksel sigara dumanı ve elektronik sigara aerosolüne maruziyetin nano-hibrit ve mikro-hibrit kompozit rezin materyallerde renk değişimi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Örnekler kapalı bir hazne sisteminde, geleneksel sigara grubunda toplam 90 adet sigara dumanına; elektronik sigara grubunda ise aynı süre boyunca aerosol maruziyetine tabi tutulmuştur. Maruziyet öncesi ve sonrası renk ölçümleri gerçekleştirilmiş ve geleneksel sigara maruziyeti sonrası elde edilen ΔE değerlerinin elektronik sigara maruziyetine kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Hmood vd. (2025)'nın yaptığı in vitro çalışmada, elektronik sigara ve geleneksel sigara maruziyetinin rezin esaslı kompozit materyallerde renk değişimi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada örnekler elektronik sigara, geleneksel sigara ve kontrol gruplarına ayrılmış; sigara maruziyeti otomatik bir simülasyon cihazı

kullanılarak 60 gün boyunca uygulanmıştır. Bu maruziyet süresinin, yaklaşık altı aylık yoğun sigara kullanımına karşılık geldiği belirtilmiştir. Renk ölçümleri maruziyet sonrası ve 5–55 °C arasında uygulanan 5000 termal siklus sonrasında CIEDE2000 renk farkı sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bulgulara göre, geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan gruplarda ölçülen ΔE değerlerinin elektronik sigara maruziyetine kıyasla daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada ayrıca, maruziyet türünün renk değişimi üzerinde etkili bir faktör olduğu ifade edilmiştir.

Tavana ve Gökay (2019) tarafından yürütülen in vitro bir çalışmada, sigara dumanına maruziyetin farklı yapısal özelliklere sahip kompozit rezinlerin renk stabilitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada örnekler başlangıç renk ölçümlerinin ardından bir paket (20 adet) sigara dumanına maruz bırakılmış ve maruziyet sonrası renk ölçümleri tekrarlanmıştır. Sigara dumanı maruziyeti sonrasında ölçülen ΔE değerlerinin 13,31 ile 17,77 aralığında değiştiği bildirilmiş ve kısa süreli maruziyetin materyallerde klinik olarak belirgin düzeyde renk değişimine yol açabildiği bildirilmiştir.

Mousdraka vd. (2025) tarafından gerçekleştirilen in vitro çalışmada UDMA esaslı iki farklı dental kompozit rezinin geleneksel sigara dumanı ve ısıtılmış tütün ürünü aerosoline maruziyet sonrası renk stabilitesi değerlendirilmiştir. Çalışmada maruziyet işlemleri özel olarak tasarlanmış bir duman odasında gerçekleştirilmiş; her bir numune toplamda 105 adet sigara dumanı veya 105 adet ısıtılmış tütün ürünü aerosolüne her nefes 2 saniye sürecek ve nefesler arası 60 saniye olacak biçimde maruz bırakılmıştır. Maruziyet sonrası tüm numuneler, yüzeyde biriken artıkların uzaklaştırılması amacıyla mekanik olarak temizlenmiştir. Maruziyet öncesi ve sonrası renk ölçümleri CIEDE2000 sistemine göre gerçekleştirilmiştir. Geleneksel sigara grubunda ΔE değerlerinin 12–18 aralığında, ısıtılmış tütün gruplarında ise yaklaşık 5–12 aralığında olduğu bildirilmiştir. Bulgulara göre, geleneksel sigara dumanına maruz bırakılan gruplarda ölçülen ΔE değerlerinin, ısıtılmış tütün ürünü aerosolüne maruz bırakılan gruplara kıyasla belirgin şekilde daha yüksek olduğu rapor edilmiştir.

Alrabeah vd. (2023)'nın yaptığı in vitro çalışmada, elektronik sigara (vape/ECD) aerosolü maruziyetinin farklı dental seramik materyallerin renk stabilitesi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada preslenmiş lityum disilikat seramik (PEmax), preslenmiş ve tabakalanmış lityum disilikat seramik (LEmax), tabakalanmış zirkonya (LZr), monolitik zirkonya (MZr) ve metal destekli porselen (PFM) olmak üzere beş farklı seramik materyal kullanılmıştır. Her materyal grubundan A1 renginde, 10 mm çapında ve 2 mm kalınlığında disk örnekler hazırlanmış; örnekler üretici talimatlarına uygun şekilde presleme, CAD/CAM frezeleme, sinterizasyon ve tabakalama işlemlerinden geçirilmiştir. Numuneler ölçüm öncesinde 24 saat yapay tükürükte bekletilmiş ve ardından 5–55 °C arasında 6000 devir termal siklus işlemine tabi tutulmuştur. Elektronik sigara maruziyeti, kapalı bir sistem içerisinde 0, 250, 500, 750, 1000, 1250 ve 1500 puf olacak şekilde kademeli olarak uygulanmış; her maruziyet aşamasında renk ölçümleri siyah arka plan üzerinde bir spektrofotometre kullanılarak CIELAB renk sisteminde gerçekleştirilmiştir. Renk değişimleri ΔE değerleri üzerinden hesaplanmıştır. Bulgulara göre 1500 puf maruziyet sonrası ölçülen ΔE değerleri preslenmiş lityum disilikat seramikte 3,09; preslenmiş ve tabakalanmış lityum disilikat seramikte 4,69; tabakalanmış zirkonya da 13,67; monolitik zirkonya da 3,64 ve metal destekli porselende 1,92 olarak rapor edilmiştir. Çalışmada, elektronik sigara aerosolüne maruziyetle birlikte tüm seramik materyallerde ΔE değerlerinde artış meydana geldiği bildirilmiştir.

Elebiary ve Ezzelarab (2023) tarafından gerçekleştirilen in vitro çalışmada elektronik sigara aerosolüne maruziyetin lityum disilikat cam seramik veneerlerin renk stabilitesi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada IPS e.max Press lityum disilikat cam seramik materyalleri, farklı nikotin konsantrasyonlarına (0, 6 ve 12 mg/mL) sahip aromalı ve aromasız elektronik sigara likitlerine maruz bırakılmıştır. Elektronik sigara maruziyeti özel olarak tasarlanmış bir vakum indüksiyon cihazı kullanılarak simüle edilmiş; her örnek toplam 20 siklus boyunca, her siklusta 10 puf olmak üzere toplam 200 puf aerosole maruz bırakılmıştır. Renk ölçümleri maruziyet öncesi ve sonrası CIE Lab renk sistemine göre gerçekleştirilmiş ve renk değişimleri ΔE değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. Bulgulara göre en düşük renk değişimi aromasız ve nikotin içermeyen grupta (ΔE=1,044±0,044) saptanırken, aromalı ve yüksek nikotin içeren

gruplarda ΔE değerlerinin arttığı bildirilmiştir. Nikotin konsantrasyonu arttıkça ölçülen ΔE değerlerinin arttığı ve aroma varlığının renk değişimini artırıcı bir etki gösterdiği belirtilmiştir.

Alwabel vd. (2025) tarafından yayımlanan sistematik derlemede, sigara kullanımının farklı restoratif materyallerle yapılan dental kronların renk stabilitesi ve uzun dönem performansı üzerindeki etkileri literatür verileri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Derlemenin amacı; geleneksel sigara, elektronik sigara ve ısıtılmış tütün ürünlerinin farklı kron materyallerinde oluşturduğu renk değişimini ve restorasyonların klinik dayanıklılığını karşılaştırmalı olarak incelemektir. Bu doğrultuda PubMed, ScienceDirect, Cochrane Library ve Google Scholar veri tabanlarında yapılan tarama sonucunda sekiz çalışma analize dahil edilmiştir. İncelenen çalışmalarda lityum disilikat cam seramik, monolitik ve tabakalı zirkonya, metal-seramik kronlar, rezin esaslı kompozitler ile PEEK ve PMMA gibi çeşitli restoratif materyaller değerlendirilmiştir. Derlemeye dahil edilen in vitro çalışmaların sonuçlarına göre, geleneksel sigara dumanına maruziyet sonrasında rezin esaslı materyallerde yüksek düzeyde renk değişimi (ΔE>12–25) rapor edilirken, seramik materyallerde bildirilen ΔE değerlerinin daha düşük aralıklarda (ΔE≈3–10) seyrettiği belirtilmiştir. Lityum disilikat ve zirkonya materyallerinin, rezin bazlı materyallere kıyasla sigaraya bağlı renklenmeye karşı daha dirençli olduğu vurgulanmıştır. Elektronik sigara ve ısıtılmış tütün ürünleriyle ilişkili ΔE değerlerinin geleneksel sigaraya kıyasla daha düşük olduğu, ancak materyal tipi ve yüzey işlemlerine bağlı olarak renk değişiminin tamamen ortadan kalkmadığı ifade edilmiştir. Ayrıca derlemede, yüzey pürüzlülüğü, materyal porozitesi ve sigara maruziyet süresinin renk değişimi üzerinde belirleyici faktörler olduğu vurgulanmıştır.

Moaleem vd. (2022) yaptıkları in vitro çalışmada, dumansız tütün (smokeless tobacco) maruziyetinin çok katmanlı zirkonya (Ceramill Zolid PS), zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat seramik (VITA Suprinity) ve feldspatik seramik (VITA TriLuxe Forte) gibi farklı CAD/CAM seramik restoratif materyallerin renk stabilitesi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Örnekler siyah ve beyaz dumansız tütün olmak üzere iki farklı tütün tipi için alt gruplara ayrılmıştır. Numuneler üretici talimatlarına uygun şekilde

frezelenmiş; zirkonya ve VITA Suprinity örnekleri sırasıyla sinterizasyon ve kristalizasyon işlemlerine tabi tutulmuştur. Başlangıç renk ölçümleri VITA Easyshade spektrofotometre kullanılarak CIE Lab renk sistemine göre gerçekleştirilmiştir. Dumansız tütün maruziyeti, örneklerin iki hafta boyunca günde iki kez, her seferinde 10 dakika süreyle tütün karışımı içerisinde bekletilmesiyle uygulanmıştır. Renk ölçümleri birinci ve ikinci haftaların sonunda tekrarlanmış ve renk değişimleri ΔE değerleri üzerinden hesaplanmıştır. Siyah dumansız tütün maruziyeti sonrası birinci haftada ölçülen ΔE değerleri zirkonya için 3,21±1,12, VITA Suprinity için 4,77±1,69 ve VITA TriLuxe Forte için 3,81±1,62 olarak rapor edilmiştir. İkinci hafta sonunda bu değerler sırasıyla 3,91±0,98, 3,69±2,33 ve 4,07±1,75 olarak bildirilmiştir. Beyaz dumansız tütün grubunda ise birinci haftada zirkonya için 2,81±0,89, VITA Suprinity için 4,42±2,18 ve VITA TriLuxe Forte için 3,79±1,81; ikinci haftada zirkonya için 3,52±1,11, VITA Suprinity için 4,40±1,43 ve VITA TriLuxe Forte için 4,87±1,81 değerleri rapor edilmiştir. Çalışmada, dumansız tütün tipi ve maruziyet süresinin CAD/CAM seramik materyallerin renk değişimi üzerinde belirleyici etkiler oluşturduğu belirtilmiştir.

Köseoğlu vd. (2014) tarafından yapılan derleme çalışmasında elektronik sigara kullanımına ilişkin mevcut bilimsel veriler sistematik olarak değerlendirilmiş ve cihaz yapısı, kullanım özellikleri, nikotin salınımı, potansiyel biyolojik etkiler ve tütün kontrolündeki yeri ele alınmıştır. Derlemede elektronik sigara kartuşlarında değişen miktarlarda nikotin bulunduğu, nikotin salınımının cihaz tipine, kullanım şekline ve puf sayısına bağlı olarak farklılık gösterebildiği belirtilmiştir. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde elektronik sigara kullanımının tütün sigarasına kıyasla daha düşük düzeyde karbonmonoksit ve bazı toksik bileşenlerle ilişkili olduğu ancak tamamen zararsız olmadığı vurgulanmıştır. Ayrıca elektronik sigara kullanımının boğaz irritasyonu, ağız kuruluğu, öksürük ve baş ağrısı gibi lokal yan etkilerle ilişkilendirildiği bildirilmiştir. Derlemede yer verilen kimyasal analiz çalışmalarında elektronik sigara aerosollerinde karbonil bileşikleri, uçucu organik bileşikler, nitrozaminler ve ağır metallerin düşük ancak ölçülebilir düzeylerde saptandığı ifade edilmiştir. Bununla birlikte bu maddelerin miktarlarının cihaz tasarımı, sıvı içeriği ve üretim kalitesine bağlı olarak değişkenlik gösterebildiği belirtilmiştir. Çalışmada

ayrıca elektronik sigara kullanımının nikotin yoksunluk semptomlarını azaltabildiğine dair klinik gözlemsel bulgulara yer verilmiş ancak uzun dönem sağlık etkilerinin yeterince ortaya konulmadığı vurgulanmıştır. Sonuç olarak derlemede elektronik sigaranın tütün sigarasına kıyasla farklı bir maruziyet profiline sahip olduğu, biyolojik etkilerinin ve potansiyel risklerinin tam olarak anlaşılabilmesi için daha fazla kontrollü çalışmaya ihtiyaç duyulduğu ifade edilmiştir.

Bu çalışmada T0–T2 zaman aralığında elde edilen bulgular, geleneksel sigara dumanına maruziyetin tüm CAD/CAM materyallerinde HTP ve kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek ΔE değerleri ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Geleneksel sigara grubunda Yucera ST Color (ΔE=21,31±2,95) ve Vita Enamic (ΔE=25,87±5,03) materyallerinde ölçülen ΔE değerleri, sigara dumanına maruziyet sonrası materyallerde yüksek düzeyde renk değişimi rapor eden önceki çalışmalarla uyumludur (Kara ve Cızıroğlu, 2022; Schelkopf vd., 2022; Tavana ve Gökay, 2019; Alwabel vd., 2025). Buna karşın IPS e.max materyalinde ölçülen ΔE değerlerinin (ΔE=5,37±3,42) diğer iki materyale kıyasla daha düşük olması, materyal bileşiminin renk değişimi düzeyi üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Literatürde geleneksel sigara dumanına maruziyet sonrası bildirilen yüksek ΔE değerlerinin; duman içerisinde yer alan katran, nikotin oksidasyon ürünleri ve yüksek molekül ağırlıklı pigmentlerin materyal yüzeyine tutunması ve yüzeyde kalıcı bir film tabakası oluşturması ile ilişkili olduğu belirtilmektedir. Bu mekanizmaların özellikle yoğun ve sürekli maruziyet koşullarında daha belirgin hâle geldiği bildirilmiştir. Mevcut çalışmada fırçalama simülasyonunun uygulanmamış olması da geleneksel sigara grubunda elde edilen yüksek ΔE değerlerini açıklayan ek bir faktör olarak değerlendirilebilir. Nitekim bazı çalışmalarda maruziyet sonrası uygulanan mekanik temizliğin ΔE değerlerini azalttığı, ancak renk değişimini tamamen ortadan kaldırmadığı rapor edilmiştir (Kara ve Cızıroğlu, 2022; Schelkopf vd., 2022).

Materyal bazında değerlendirildiğinde, IPS e.max materyalinin hem T0–T2 hem de T1–T2 zaman aralıklarında diğer CAD/CAM materyallerine kıyasla daha düşük ΔE değerleri göstermesi, lityum disilikat cam-seramiklerin yoğun kristalin faz içeriği,

daha homojen mikroyapısı ve düşük su absorpsiyon özellikleri ile açıklanabilir. Literatürde elektronik sigara aerosolü ve farklı maruziyet protokolleri altında yürütülen çalışmalarda, lityum disilikat esaslı cam-seramiklerin renk değişiminin genellikle sınırlı düzeylerde kaldığı bildirilmiştir (Alrabeah vd., 2023; Alwabel vd., 2025). Bununla birlikte, geleneksel sigara dumanına maruziyet koşullarında IPS e.max materyalinde daha yüksek ΔE değerlerinin rapor edildiği çalışmalar da bulunmaktadır (Kara ve Cızıroğlu, 2022, Schelkopf vd. 2022). Bu durum, maruziyet tipi ve yoğunluğunun yanı sıra yüzey işlemleri ve deney protokollerindeki farklılıkların, materyallerin renk stabilitesi üzerinde belirleyici rol oynayabileceğini düşündürmektedir.

Vita Enamic materyalinde geleneksel sigara grubunda ölçülen yüksek ΔE değerleri, materyalin polimer-infiltre seramik ağ (PICN) yapısı ile ilişkilendirilebilir. Seramik faz içerisine infiltre edilmiş polimer matriksin varlığı, materyalin su absorpsiyonuna ve organik boyayıcı ajanların yüzeyde tutulumuna daha yatkın bir davranış sergilemesine neden olabilmektedir. Literatürde hibrit seramik ve rezin-infiltre yapıya sahip materyallerin sigara dumanı ve benzeri boyayıcı ajanlara maruziyet sonrasında daha yüksek renk değişimi gösterebildiği bildirilmiştir (Tavana ve Gökay, 2019; Hmood vd., 2025). Bu doğrultuda Vita Enamic materyalinde elde edilen yüksek ΔE değerleri, materyalin kimyasal bileşimi ve mikroyapısal özellikleri ile uyumlu bir görünüm sergilemektedir.

Yucera ST Color materyali ise monolitik zirkonya esaslı bir CAD/CAM blok olmasına rağmen, geleneksel sigara grubunda yüksek ΔE değerleri göstermiştir. Bu bulgu, zirkonya esaslı materyallerde renk değişiminin yalnızca kimyasal bileşime bağlı olmadığını, aynı zamanda yüzey özellikleri ve maruziyet koşullarının da etkili olabileceğini düşündürmektedir. Zirkonyanın düşük su absorpsiyonuna sahip inert bir seramik olmasına karşın; yüzey pürüzlülüğü, polisaj düzeyi ve sigara dumanı kaynaklı partiküllerin yüzeyde kalıcı bir film tabakası oluşturabilmesi, renk değişimini artırabilecek faktörler arasında değerlendirilebilir. Nitekim literatürde glaze veya polisaj uygulanmış zirkonya yüzeylerinde dahi yoğun sigara maruziyeti sonrasında

klinik olarak algılanabilir düzeyde ΔE değerlerinin rapor edildiği bildirilmiştir (Kara ve Cızıroğlu, 2022; Schelkopf vd., 2022).

T1–T2 zaman aralığında elde edilen bulgular, termal yaşlandırma sonrasında uygulanan maruziyetin özellikle geleneksel sigara grubunda ek renk değişimine yol açtığını ortaya koymaktadır. Termal siklus uygulamasının materyal yüzeyinde mikroyapısal düzeyde değişiklikler oluşturması ve yüzey özelliklerini modifiye etmesi, sonrasında uygulanan boyayıcı ajanlara karşı materyalin renk değişimine daha yatkın hâle gelmesine katkıda bulunmuş olabilir. Bu durum, Yucera ST Color ve Vita Enamic materyallerinde T1–T2 zaman aralığında ölçülen yüksek ΔE değerleri ile uyumlu bir tablo sunmaktadır.

HTP grubunda T0–T2 ve T1–T2 zaman aralıklarında elde edilen ΔE değerlerinin, geleneksel sigara grubuna göre daha düşük, kontrol grubuna göre ise daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu bulgu, HTP aerosollerinin geleneksel sigara dumanına kıyasla daha sınırlı, ancak kontrol koşullarına göre ölçülebilir düzeyde renk değişimine yol açabildiğini göstermektedir. Literatürde elektronik sigara maruziyetinin seramik ve CAD/CAM materyallerde çoğunlukla klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalan renk değişimleri ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Alnasser vd., 2021; Elebiary ve Ezzelarab, 2023; Alrabeah vd., 2023). Bununla birlikte maruziyet süresi, puf sayısı, nikotin içeriği ve termal yaşlandırma protokollerinin ΔE değerleri üzerinde etkili olabileceği vurgulanmaktadır.

Bu çalışmanın limitasyonları, çalışmanın laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiş olması nedeniyle elde edilen bulguların klinik koşulları birebir yansıtmasını sınırlandırmasıdır. Ağız ortamında bulunan tükürük akışı, mekanik temizlenme, pH dalgalanmaları, diyet alışkanlıkları ve bireysel oral hijyen farklılıkları gibi çok sayıda faktör bu çalışma kapsamında simüle edilememiştir. Ayrıca sigara maruziyeti sonrasında mekanik temizlik veya fırçalama simülasyonunun uygulanmamış olması, klinik koşullarda restorasyon yüzeylerinde düzenli olarak gerçekleşen mekanik temizliğin renk değişimi üzerindeki olası azaltıcı etkilerinin değerlendirilmesine olanak tanımamıştır. Bununla birlikte çalışmada sınırlı sayıda CAD/CAM

materyalinin değerlendirilmiş olması, elde edilen sonuçların farklı üreticilere ait, farklı translusensi düzeylerine, pigmentasyon özelliklerine ve yüzey işlemlerine sahip materyallere genellenmesini kısıtlamaktadır.

Çalışmanın kısıtlamaları dahilinde bu in-vitro tez çalışmasından elde edilen bulgular değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- T0–T1 zaman aralığında (başlangıç ölçümü ile termal siklus sonrası ölçüm arasında), Yucera ST Color, IPS e.max ve Vita Enamic materyallerinde ölçülen ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır.

- 5000 döngülük termal siklus işlemi sonrasında tüm CAD/CAM materyallerinde sınırlı düzeyde renk değişimi meydana gelmiştir.

- T0–T2 zaman aralığında (başlangıç ölçümü ile maruziyet sonrası ölçüm arasında), tüm materyal gruplarında; geleneksel sigara grubunda ölçülen ΔE değerleri ısıtılmış tütün ürünü ve kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek saptanmıştır.

- T0–T2 / T1-T2 zaman aralığında en yüksek ΔE değerleri geleneksel sigara grubunda Vita Enamic ve Yucera ST Color materyallerinde ölçülmüştür.

- T0–T2 / T1-T2 zaman aralığında IPS e.max materyalinde ölçülen ΔE değerleri, diğer CAD/CAM materyallerine kıyasla daha düşük belirlenmiştir.

- T0–T2 / T1-T2 zaman aralığında ısıtılmış tütün ürünü grubunda ölçülen ΔE değerleri, geleneksel sigara grubuna kıyasla daha düşük, kontrol grubuna kıyasla daha yüksek düzeylerde saptanmıştır.

- Tüm zaman aralıkları birlikte değerlendirildiğinde, CAD/CAM materyal türü ve maruziyet tipinin renk değişimi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler oluşturduğu belirlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

Abbadi, N. K. E., & Saleem, E. (2019). Automatic image colorization based on SVD and lab color space. *International Journal of Engineering & Technology*, *8*(2), 63-71. https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.26186

Abdulla, R., & Cowan, K. (2023). Smoke and mirrors–does smoking cause discolouration of composite restorations?. *Evidence-Based Dentistry*, *24*(4), 157-158. https://doi.org/10.1038/s41432-023-00955-8

Adebayo, G. E., Gbadebo, O. S., & Ajayi, M. D. (2022). The tooth shade matching ability among dental professionals: A comparative study. *Annals of Ibadan Postgraduate Medicine*, *20*(1), 65-71.

Ahmed, K. E., Li, H., & Peres, K. G. (2024). Longevity of acrylic and cobalt-chromium removable partial dentures A ten year retrospective survival analysis of 1246 denture wearing patients. *Journal of Dentistry*, *148*, 1-7. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105253

Ahmed, M. A. (2024). Assessing the shade matching accuracy among dental students through visual and instrumental methods. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, *40*(8), 1770-1775. https://doi.org/10.12669/pjms.40.8.9491

Alkhatib, M. N., Holt, R. D., & Bedi, R. (2005). Smoking and tooth discolouration: Findings from a national cross-sectional study. *BMC Public Health*, *5*(1), 1-4. https://doi.org/10.1186/1471-2458-5-27

Alnasser, H. A., Elhejazi, A. A., Al Abdulaziz, A. A., Alajlan, S. S., & Habib, S. R. (2021). Effect of conventional and electronic cigarettes smoking on the color stability and translucency of tooth colored restorative materials: An in vitro analysis. *Coatings*, *11*(12), 1-9. https://doi.org/10.3390/coatings11121568

Alnusayri, M. O., Sghaireen, M. G., Mathew, M., Alzarea, B., Bandela, V., & Sghaireen, M. G. (2022). Shade selection in esthetic dentistry: A review. *Cureus*, *14*(3), 1-5. https://doi.org/10.7759/cureus.23331

Alonazi, M. (2024). Impact of smoking on resin bonded restorations: A narrative review. *Tobacco Induced Diseases*, *22*, 1-9. https://doi.org/10.18332/tid/188114

Alqahtani, A., Al Helal, A. A., Albani, R., Ali, M., Badghshar, O. A. O., Khan, A. S., & Habib, S. R. (2024). Effect of cigarette smoking on the optical properties of contemporary dental ceramics: An in-vitro analysis. *Peer Journal*, *12*, 1-17. https://doi.org/10.7717/peerj.18564

Alrabeah, G., Habib, S. R., Alamro, N. M., & Alzaaqi, M. A. (2023). Evaluation of the effect of electronic cigarette devices/vape on the color of dental ceramics: An in vitro investigation. *Materials*, *16*(11), 1-13. https://doi.org/10.3390/ma16113977

Alwabel, L. K., Alshahrani, S. A., Alanazi, L. M., Al Awwad, D. A., Al Dhahi, F. B., Alharbi, F. M., & Albader, R. A. (2025). Influence of smoking on the color stability and longevity of restored discolored teeth with dental crowns: A systematic review. *Journal of Pioneering Medical Sciences*, *14*, 36-42. https://doi.org/10.47310/jpms2025141005

Ankily, M., Makkeyah, F., Bakr, M. M., & Shamel, M. (2024). Evaluating the effects of cigarette smoking and heated tobacco products on hard dental tissues: A comparative histological and colorimetric analysis. *Clinical and Experimental Dental Research*, *10*(4), 1-11. https://doi.org/10.1002/cre2.941

Casado, M., Ghinea, R., Martinez Domingo, M. A., Perez, M. M., Cardona, J. C., Ruiz Lopez, J., & Herrera, L. J. (2022). Validation of a hyperspectral imaging system for color measurement of in vivo dental structures. *Micromachines*, *13*(11), 1-12. https://doi.org/10.3390/mi13111929

Conte, G., Pacino, S. A., Urso, S., Greiling, D., Caponnetto, P., Pedulla, E., & Polosa,

R. (2024). Changes in oral health and dental esthetic in smokers switching to combustion-free nicotine alternatives: Protocol for a multicenter and prospective randomized controlled trial. *JMIR Research Protocols*, *13*(1), 1-18. https://doi.org/10.2196/53222

Dalrymple, A., Badrock, T. C., Terry, A., Barber, M., Hall, P. J., Thorne, D., & Proctor, C. (2018). Assessment of enamel discoloration in vitro following exposure to cigarette smoke and emissions from novel vapor and tobacco heating products. *The American Journal of Dentistry, 31*(5), 227-233.

Dentalshop (2025). *Bloco Ips Emax Cerec Inlab LT-Ivoclar*. https://www.dentalshop.com.br/bloco-ips-emax-cerec-inlab-lt-ivoclar-24560/p

Dünya Sağlık Örgütü (2025, Haziran). *Tobacco*. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tobacco

Eaton, D. L., Kwan, L. Y., & Stratton, K. (2018). *Public health consequences of e-cigarettes* (1st edition, p. 1-108). CABI Publishing.

Elebiary, M., & Ezzelarab, S. (2023). Effect of electronic cigarettes smoking on color stability of lithium disilicate glass ceramic veneers. *Egyptian Dental Journal*, *69*(3), 2019-2027. https://doi.org/10.21608/edj.2023.196292.2462

Ellakany, P., Fouda, S. M., Alghamdi, M., & Bakhurji, E. (2021). Factors affecting dental self-confidence and satisfaction with dental appearance among adolescents in Saudi Arabia: A cross sectional study. *BMC Oral Health*, *21*(1), 1-8. https://doi.org/10.1186/s12903-021-01509-z

Elsharkawy, Y. M., Mohamed, H. T., Saeedi, T., & Farahat, A. M. (2025). Comparative in vitro study on wear resistance and colour stability of 3D- printed, milled, and conventional PMMA denture teeth. *BMC Oral Health*, *25*(1), 1-11. https://doi.org/10.1186/s12903-025-05983-7

Emerald Dental Works (2025). *Vıta Enamic Universal High Translucency*. https://shop.emeralddental.com/products/vita-enamic-universal-high-translucency

Fadus, M. C., Smith, T. T., & Squeglia, L. M. (2019). The rise of e-cigarettes, pod mod devices, and JUUL among youth: Factors influencing use, health implications, and downstream effects. *Drug and Alcohol Dependence*, *201*, 85-93. https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2019.04.011

Farsalinos, K. E., Yannovits, N., Sarri, T., Voudris, V., Poulas, K., & Leischow, S. J. (2018). Carbonyl emissions from a novel heated tobacco product (IQOS): Comparison with an e-cigarette and a tobacco cigarette. *Addiction, 113*(11), 2099-2106. https://doi.org/10.1111/add.14365

Fayed, A. K., Azer, A. S., & Elhassan, R. G. (2025). Fit accuracy and fracture resistance evaluation of advanced lithium disilicate crowns (in-vitro study). *BMC Oral Health*, *25*(1), 1-2. https://doi.org/10.1186/s12903-024-05325-z

Filiz, H., Avunduk, A. T. E., & Yanardağ, E. C. (2023). Diş hekimliğinde yüzey pürüzlülüğü araştırma yöntemleri: Derleme makalesi. *Uşak Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2*(2), 28-35.

Gasparik, C., Perez, M. M., Ruiz Lopez, J., Ghinea, R. I., & Dudea, D. (2025). The color of natural teeth: A scoping review of in vivo studies. *Journal of Dentistry*, *158*, 1-19. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105725

Ghinea, R., Herrera, L. J., Ruiz Lopez, J., Sly, M. M., & Paravina, R. D. (2025). Color ranges and distribution of human teeth: A prospective clinical study. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, *37*(1), 106-116. https://doi.org/10.1111/jerd.13344

Guo, X., Hou, L., Peng, X., & Tang, F. (2023). The prevalence of xerostomia among e-cigarette or combustible tobacco users: A systematic review and meta- analysis. *Tobacco Induced Diseases*, *21*, 1-11. https://doi.org/10.18332/tid/156676

Gül, Ö. D., & Agüloğlu, S. (2023). Evaluating the color stability of two esthetic ceramic materials after different surface treatments and accelerated aging procedures. *International Dental Research*, *13*(3), 104-111. https://doi.org/10.5577/intdentres.426

Güven, M. E. (2023). *İtriyum oranları farklı monolitik zirkonyaların metamerizm ve translüsensi açısından değerlendirilmesi* [Yüksek lisans tezi]. Bezmialem Vakıf Üniversitesi.

Haiduc, A., Zanetti, F., Zhao, X., Schlage, W. K., Scherer, M., Pluym, N., & Guy, P. A. (2020). Analysis of chemical deposits on tooth enamel exposed to total particulate matter from cigarette smoke and tobacco heating system 2.2 aerosol by novel GC–MS deconvolution procedures. *Journal of Chromatography*, *1152*, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2020.122228

Hein, S., & Westland, S. (2024). Illuminant metamerism between natural teeth and zirconia restorations evaluated with a chromatic adaptation transform. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *132*(5), 1020-1027. https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2023.07.035

Hmood, A. N., Ebaya, M. M. A., & El Embaby, A. E. S. (2025). The in vitro effect of electronic versus conventional cigarettes on color stability and surface roughness of dental resin composites. *Scientific Reports*, 1-15. https://doi.org/10.1038/s41598-025-28238-5

HunterLab (2025, October). *Spectrophotometer vs. colorimeter: What's the difference?*. https://www.hunterlab.com/blog/spectrophotometer-vs-colorimeter-whats-the-difference/#:~:text=A%20spectrophotometer%20has%20more%20advanced,right%20options%20on%20a%20spectrophotometer

ISO (2012, October). *ISO 3308:2012*. https://www.iso.org/standard/60404.html

İbrahim, M. S., Alatiyyah, F. M., Alsalman, A. M., Alzenidi, R. F., Albattat, A. A., & Alkhaldi, A. S. (2025). Nicotine-induced changes in surface properties of restorative materials and dental enamel: An in vitro study on flavored e-cigarette exposure. *Tobacco Induced Diseases, 23*, 1-11. https://doi.org/10.18332/tid/202876

Kahler, B. (2022). Present status and future directions- Managing discoloured teeth. *International Endodontic Journal, 55*, 922-950. https://doi.org/10.1111/iej.13711

Kara, R., & Cızıroğlu, N. (2022). Examination of the effect of smoking on the discoloration of different CAD/CAM blocks. *Muş Alparslan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 2*(1), 21-30.

Karcıoğlu, A. A., Efitli, E., Şimşek, E., Özdoğan, A., Karataş, F., & Şenocak, T. (2025). ML based tooth shade assessment to prevent metamerism in different clinic lights. *Lasers in Medical Science, 40*(1), 1-9. https://doi.org/10.1007/s10103-025-04297-y

Kassem, N. O., Strongin, R. M., Stroup, A. M., Brinkman, M. C., El Hellani, A., Erythropel, H. C., & Valerio, L. G. (2024). A review of the toxicity of ingredients in e-cigarettes, including those ingredients having the FDA's "generally recognized as safe (GRAS)" regulatory status for use in food. *Nicotine and Tobacco Research, 26*(11), 1445-1454. https://doi.org/10.1093/ntr/ntae123

Kızılırmak, B., Güntekin, N., & Tunçdemir, A. R. (2022). The effects of age on tooth color and of viewing distance on visual tooth color matching in aesthetic dentistry. *International Dental Research, 12*(1), 29-33.

Kowalski, J., La Rosa, G. R. M., Di Stefano, A., Gangi, D., Sahni, V., Yilmaz, H. G., & Polosa, R. (2025). Navigating the dual burden of dental and periodontal care in individuals who also smoke: An expert review. *Journal of Dentistry, 157*, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105744

Köseoğlu, E., Uğur, F., Saraymen, R., Canatan, H., Coşkun, A., & Bilgen, M. (2014). Elektronik sigara kullanımına objektif bakış. *Çukurova Medical Journal, 39*(3), 572-580. https://doi.org/10.5577/intdentres.442

Kumar, M., Madi, M., Vineetha, R., & Gopinath, D. (2025). Chromogenic bacterial staining of teeth: A scoping review. *BMC Oral Health*, *25*(1), 1-12. https://doi.org/10.1186/s12903-025-05441-4

Kurachi, T., Chuman, S., Suzuki, T., Kubota, T., & Ishikawa, S. (2023). Effects of aerosols from heated tobacco products with flavors on the discoloration of bovine tooth enamel. *Clinical and Experimental Dental Research, 9*(6), 1069-1077. https://doi.org/10.1002/cre2.764

Kurian, N., Varghese, V. S., Sudharson, N. A., Wadhwa, S., Narang, C., Sethi, N., & Singh, I. (2023). A clinical study to evaluate the reliability of light-correcting devices in clinical shade selection. *Dental Research Journal*, *20*(1), 1-5. https://doi.org/10.4103/1735-3327.379626

Laky, M., Brandl, S., Arslan, M., Boryshchuk, D., Czesnikiewicz Guzik, M., Rausch Fan, X., & Laky, B. (2025). Color stability of frequently used aesthetic restorative materials following in vitro exposure to chlorhexidine and octenidine based mouthrinses. *BMC Oral Health, 25*(1), 1-11. https://doi.org/10.1186/s12903-025-05811-y

Lang, G., Henao, C., Almstetter, M., Arndt, D., Goujon, C., & Maeder, S. (2024). Non-targeted analytical comparison of a heated tobacco product aerosol against mainstream cigarette smoke: Does heating tobacco produce an inherently different set of aerosol constituents?. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, *416*(6), 1349-1361. https://doi.org/10.1007/s00216-024-05126-x

Lee, J. H., & Kim, H. K. (2024). A comparative study of shade-matching performance using intraoral scanner, spectrophotometer, and visual assessment. *Scientific*

Reports, *14*(1), 1-7. https://doi.org/10.1038/s41598-024-74354-z

Lopez, J., Perez, M. M., Lucena, C., Pulgar, R., Toruno, A., Casado, M., & Ghinea, R. (2022). Visual and instrumental coverage error of two dental shade guides: An in vivo study. *Clinical Oral Investigations*, *26*(9), 5961-5968. https://doi.org/10.1007/s00784-022-04556-0

Lorenzo, A., Criado, L., Cano, M., Lozano, E., Palafox, J., & Lorenzo, M. (2024). Clinical comparative study of shade measurement using two methods: Dental guides and spectrophotometry. *Biomedicines*, *12*(4), 1-9. https://doi.org/10.3390/biomedicines12040825

Lorenzo, M., Garcia, E., Gallardo, P., Castillo, L. D., Garcia, V., & Lorenzo, A. (2025). Impact of vision defects on tooth shade selection: A comparative of spectrophotometry and shade guides in a cross sectional clinical study. *Journal of Clinical Medicine*, *14*(1), 1-11. https://doi.org/10.3390/jcm14010293

Madi, M., Smith, S., Alshehri, S., Zakaria, O., & Almas, K. (2023). Influence of smoking on periodontal and implant therapy: A narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(7), 1-21. https://doi.org/10.3390/ijerph20075368

Mahmoud, A. Z., El Attar, M. S., Abu Saied, M. A. A., & Hassan, I. S. (2023). Effect of electronic cigarettes smoking on color stability of cad/cam acrylic resin: In vitro study. *Alexandria Dental Journal*, *48*(3), 160-165. https://doi.org/10.21608/adjalexu.2022.152513.1302

Mahrous, A. I., Salama, A. A., Shabaan, A. A., Abdou, A., & Radwan, M. M. (2023). Color stability of two different resin matrix ceramics: Randomized clinical trial. *BMC Oral Health*, *23*(1), 1-8. https://doi.org/10.1186/s12903-023-03364-6

Makkeyah, F., El Sergany, O., Shamel, M., & Al Ankily, M. (2024). Effect of conventional cigarette smoking and recent heated tobacco products on CAD/CAM

restorative materials. *BMC Oral Health*, *24*(1), 1-11. https://doi.org/10.1186/s12903-024-04423-2

Manuel, S. T., Abhishek, P., & Kundabala, M. (2010). Etiology of tooth discoloration a review. *Nigerian Dental Journal*, *18*(2), 56-63.

Maule, J., Skelton, A. E., & Franklin, A. (2023). The development of color perception and cognition. *Annual Review of Psychology*, *74*(1), 87-111. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-032720-040512

Mazur, M., Jedlinski, M., Westland, S., Piroli, M., Luperini, M., Ndokaj, A., & Nardi, G. M. (2024). Tooth colour and facial attractiveness: Study protocol for self-perception with a gender-based approach. *Journal of Personalized Medicine*, *14*(4), 1-15. https://doi.org/10.3390/jpm14040374

Militi, A., Sicari, F., Portelli, M., Merlo, E. M., Terranova, A., Frisone, F., & Settineri, S. (2021). Psychological and social effects of oral health and dental aesthetic in adolescence and early adulthood: An observational study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(17), 1-8. https://doi.org/10.3390/ijerph18179022

Mishra, S., & Mishra, M. B. (2013). Tobacco: Its historical, cultural, oral, and periodontal health association. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, *3*(1), 12-18. https://doi.org/10.4103/2231-0762.115708

Moaleem, M. M., Adawi, H. A., Alsharif, K. F., Alhazmi, H. A., Alshahrani, F. A., Abu Hadi, R. M., & Patil, S. (2022). Impact of smokeless tobacco on the color stability of zirconia, zirconia-reinforced lithium silicate and feldspathic CAD/CAM restorative materials: An in vitro study. *Coatings*, *12*(2), 1-13. https://doi.org/10.3390/coatings12020207

Mousdraka, M. G., Gerasimidou, O., Nikolaidis, A. K., Gogos, C., & Koulaouzidou, E. A. (2025). Evaluation of color stability of UDMA-based dental composite resins

after exposure to conventional cigarette and aerosol tobacco heating system. *Journal of Composites Science, 9*(7), 1-15. https://doi.org/10.3390/jcs9070352

Mugri, M. H., Jain, S., Sayed, M. E., Halawi, A. H. A., Hamzi, S. A. I., Aljohani, R. A. S., & Lunkad, H. (2023). Effects of smokeless tobacco on color stability and surface roughness of 3D-printed, CAD/CAM-Milled, and conventional denture base materials: An in vitro study. *Biomedicines, 11*(2), 1-15. https://doi.org/10.3390/biomedicines11020491

Nantanapiboon, D., Kamnoedboon, P., & Srinivasan, M. (2024). Impact of different lighting conditions on the tooth shade selection using intra oral scanners: An in- vitro study. *Heliyon*, *10*(19), 1-9.

Nayak, V. M., Sulaya, K., & Venkatesh, S. B. (2024). Current trends in digital shade matching: A scoping review. *Japanese Dental Science Review, 60,* 211-219. https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2024.10.001

Özsoy, H. E. (2022). The effect of electronic cigarettes on color stability of different denture teeth. *Yeni Yüzyıl Journal of Medical Sciences, 3*(4), 231-238. https://doi.org/10.46629/JMS.2022.98

Öztürk Yeşilırmak, S., Kazak, M., & Üçok, S. M. (2022). Evaluation of color stability of CAD/CAM and bulk-fill resin materials. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 43*(3), 163-168.

Paharia, R., Suman, S., Singh, G., Paliwal, P., & Pandey, A. (2025). Recent advances in shade selection in dentistry. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, *17*(2), 1057-1059. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_2007_24

Pelivanova, L., Papakoca, K., Boskovic, M., Apostoloski, P., Zarkova Atanasova, J., & Atanasova, S. (2025). Optical properties and color perception in esthetic dentistry: A literature review. *Journal of Dental and Medical Sciences*, *24*(7), 10-13. https://doi.org/10.9790/0853-2407061013

Perou, C., Petalas, A., Stoupi, M., & Hadjichristou, C. (2025). Effectiveness of lighting conditions on shade matching accuracy among dental students. *Dentistry Journal*, *13*(3), 1-15. https://doi.org/10.3390/dj13030130

Rashid, F., Farook, T. H., & Dudley, J. (2023). Digital shade matching in dentistry: A systematic review. *Dentistry Journal*, *11*(11), 1-22. https://doi.org/10.3390/dj11110250

Salama, M. S., Botros, S. A., Makkeyah, F., Shamel, M., & Ankily, M. (2024). Influence of smoking and finishing/polishing on composite color stability. *International Dental Journal*, *74*(1), 136-148. https://doi.org/10.1016/j.identj.2024.07.987

Salama, M. S., Botros, S. A., Makkeyah, F., Shamel, M., & Ankily, M. (2025). Effect of smoking and finishing and polishing protocol on color stability and surface roughness of resin composite. *BMC Oral Health*, *25*(1), 1-10. https://doi.org/10.1186/s12903-025-07161-1

Sarıkaya, İ., & Güleç, C. (2018). Estetik restoratif CAD/CAM materyallerin translüsensi ve renk stabilitesinin değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 28*(3), 365-370. https://doi.org/10.17567/ataunidfd.473285

Schelkopf, S., Dini, C., Beline, T., Wee, A. G., Barao, V. A., Sukotjo, C., & Yuan, J. C. C. (2022). The effect of smoking and brushing on the color stability and stainability of different CAD/CAM restorative materials. Materials, 15(19), 1-13. https://doi.org/10.3390/ma15196901

Schmalz, G., & Widbiller, M. (2022). Biocompatibility of amalgam vs composite–A review. *Oral Health & Preventive Dentistry*, *20*, 149-156. https://doi.org/10.3290/j.ohpd.b2831749

Shafei, S. F., Amin, A. H., Abdelghaffar, E. G., Moataz, S., Makkeyah, F., Shamel,

M., & Al Ankily, M. (2025). The effect of cigarette smoking and heated tobacco products on different denture materials; an in vitro study. *BMC Oral Health*, *25*(1), 1-14. https://doi.org/10.1186/s12903-025-05448-x

Singer, L., Fouda, A., & Bourauel, C. (2023). Biomimetic approaches and materials in restorative and regenerative dentistry. *BMC Oral Health*, *23*(1), 1-14. https://doi.org/10.1186/s12903-023-02808-3

Smith, C. E., Poulter, J. A., Antanaviciute, A., Kirkham, J., Brookes, S. J., Inglehearn, C. F., & Mighell, A. J. (2017). Amelogenesis imperfecta; genes, proteins, and pathways. *Frontiers in Physiology*, *8*, 1-22. https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00435

Sosnowski, T. R., & Odziomek, M. (2018). Particle size dynamics: Toward a better understanding of electronic cigarette aerosol interactions with the respiratory system. *Frontiers in Physiology*, *9*, 1-8. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00853

Stojilkovic, M., Gusic, I., Beric, J., Prodanovic, D., Pecikozic, N., Veljovic, T., & Duric, M. (2024). Evaluating the influence of dental aesthetics on psychosocial well-being and self-esteem among students of the University of Novi Sad, Serbia: A cross-sectional study. *BMC Oral Health*, *24*(1), 1-11. https://doi.org/10.1186/s12903-024-04002-5

Sussman, R. A., Sipala, F., Emma, R., & Ronsisvalle, S. (2023). Aerosol emissions from heated tobacco products: A review focusing on carbonyls, analytical methods, and experimental quality. *Toxics*, *11*(12), 1-34. https://doi.org/10.3390/toxics11120947

Şahin, T. (2023). Evaluation of implants in smoking and non-smoking patients with peri-implant disease risk analysis and esthetic scores: An observational study. *BMC Oral Health*, *23*(1), 1-6. https://doi.org/10.1186/s12903-023-03696-3

Talih, S., Salman, R., Karam, E., El Hourani, M., El Hage, R., Karaoghlanian, N., & Shihadeh, A. (2020). Hot wires and film boiling: Another look at carbonyl formation

in electronic cigarettes. *Chemical Research in Toxicology, 33*(8), 2172- 2180. https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.0c00196

Tavana, A. M., & Gökay, O. (2019). Tütün ürünlerinin oral sağlık ve restoratif materyaller üzerine etkileri. *Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 46*(1), 7-16.

Temizci, T., & Tunçdemir, A. R. (2020). Tam seramik sistemlerinde üç farklı yaşlandırma yönteminin renk değişimi üzerine etkileri, *KMU Journal of Engineering and Natural Sciences, 2*(1), 1-17.

Upadhyay, S., Rahman, M., Johanson, G., Palmberg, L., & Ganguly, K. (2023). Heated tobacco products: Insights into composition and toxicity. *Toxics, 11*(8), 1-15. https://doi.org/10.3390/toxics11080667

Vape Superstore (2023, October). *Whats the difference between IQOS ILUMA & IQOS Duo Originals.* https://www.vapesuperstore.co.uk/blogs/news/whats-the-difference-between-iqos-iluma-iqos-duo-original

Varghese, J., & Gharde, P. M. (2023). A comprehensive review on the impacts of smoking on the health of an individual. *Cureus, 15*(10), 1-9. https://doi.org/10.7759/cureus.46532

Vennila, V., Madhu, V., Rajesh, R., Ealla, K. K. R., Velidandla, S. R., & Santoshi, S. (2014). Tetracycline-induced discoloration of deciduous teeth: Case series. *Journal of International Oral Health, 6*(3), 115-119.

Veres, Z., Szekely, M., Salamon, P., Bala, E., Bereczki, E., & Kerekes Mathe, B. (2022). Quantitative and qualitative assessment of fluorescence in aesthetic direct restorations. *Materials, 15*(13), 1-10. https://doi.org/10.3390/ma15134619

Volpato, C. A. M., Pereira, M. R. C., & Silva, F. S. (2018). Fluorescence of natural teeth and restorative materials, methods for analysis and quantification: A literature

review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, *30*(5), 397-407. https://doi.org/10.1111/jerd.12421

Yin, H., Kwon, S., Chung, S. H., & Kim, R. J. Y. (2022). Performance of universal adhesives in composite resin repair. *BioMed Research International*, (1), 1-8. https://doi.org/10.1155/2022/7663490

YUCERA (2025, January). *Dental zirkonya bloğu*. https://turkish.dentalzirconia-block.com/supplier-419423p136-dental-zirconia-block

Zanetti, F., Zhao, X., Pan, J., Peitsch, M. C., Hoeng, J., & Ren, Y. (2019). Effects of cigarette smoke and tobacco heating aerosol on color stability of dental enamel, dentin, and composite resin restorations. *Quintessence International, 50*(2), 156-203. https://doi.org/10.3290/j.qi.a41601

Zanin, G. T., Ribeiro, E. P., Maran, B. M., Lopes, M. B., Guiraldo, R. D., Reis, A., & Berger, S. B. (2025). Dental aesthetic perception of patients submitted to violet LED bleaching: Randomized controlled trial. *Journal of Dentistry*, *161*, 1-23. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105961

Zarone, F., Di Mauro, M. I., Ausiello, P., Ruggiero, G., & Sorrentino, R. (2019). Current status on lithium disilicate and zirconia: A narrative review. *BMC Oral Health*, *19*(1), 1-14. https://doi.org/10.1186/s12903-019-0838-x

Zhang, Q., & Wen, C. (2023). The risk profile of electronic nicotine delivery systems, compared to traditional cigarettes, on oral disease: A review. *Frontiers in Public Health*, *11*, 1-8. https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1146949

Zieba, S., Maciejczyk, M., & Zalewska, A. (2022). Ethanol and cigarette smoke related alternations in oral redox homeostasis. *Frontiers in Physiology*, *12*, 1-19. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.793028