ÖZGÜN ARAŞTIRMA

# Suni Yaşlandırma İşlemi Uygulanan Farklı Tam Seramik Materyallerin Renk Stabilitelerinin Karşılaştırılması

# Comparison of Color Stability of Ceramic Materials at Different Thicknesses and Shades After Accelerated Artificial Aging

**Dr. Öğr. Üyesi Recep TÜRKEN**
Ordu Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ordu
**ORCID ID:** 0000-0002-0971-1875

**Prof. Dr. Ahmet Atila ERTAN**
Hacettepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara
**ORCID ID:** 0000-0001-7200-5634

**Geliş tarihi: 10.03.2024**

**Kabul tarihi: 15.04.2025**

**doi: 10.5505/yeditepe.2026.39260**

**Yazışma adresi:**
Dr. Öğr. Üyesi Recep TÜRKEN
**Adres:** Ordu Üniversitesi Cumhuriyet Yerleşkesi
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, 52200 Altınordu\Ordu
**Tel:** 0537 515 08 15
**E-posta:** dt.recepturken@gmail.com

**ÖZET**

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, farklı kalınlık ve tonlardaki tam seramik malzemelerin yapay yaşlandırma sonrası uzun vadeli renk stabilitesini incelemektir.

**Gereç ve Yöntem:** Feldspatik cam seramik (FC), Lityum disilikat cam seramik (LDC), Rezin nano seramik (RNC), Polimer infiltre rezin seramik (PRC), Zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat cam seramik (VS) olmak üzere beş farklı tam seramik malzemeden farklı kalınlıklarda (0,5 mm, 1 mm), farklı tonlarda (A1, A2, A3), 14 x 10 mm boyutlarında üç yüz (n=300) örnek hazırlanmıştır. Örneklerin renkleri spektrofotometre ile ölçülmüş ve renk parametreleri (L*, a*, b*, ΔEab) CIE Lab renk sistemine göre hesaplanmıştır.

**Bulgular:** Yaşlanmanın tüm seramik materyallerin renk stabilitesi üzerindeki etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). En yüksek renk değişimi RNC seramik materyalinde görülmüştür. VS ve FC seramik grupları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Kalınlık ile renk değişimi arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

**Sonuçlar:** A1 renk seramik örnekleri A2 ve A3 renklerine kıyasla anlamlı derecede daha fazla renk değişimine sahipti. Seramik numunelerin kalınlıklarındaki artış (0,5-1 mm) renk değişimi değerlerinde düşüşe neden olmuş ancak anlamlı olmamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Renk stabilitesi, suni yaşlandırma, tam seramik.

**ABSTRACT**

**Aim:** The aim of this study was to examine the long-term color stability of all-ceramic materials of different thicknesses and shades after artificial aging.

**Materials and Methods:** Three hundred (n=300) samples were prepared from five different all-ceramic materials, namely Feldspathic glass-ceramic (FC), Lithium disilicate glass-ceramic (LDC), Resin nano-ceramic (RNC), Polymer infiltrated resin ceramic (PRC), Zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic (VS), with different thicknesses (0.5 mm, 1 mm), different shades (A1, A2, A3) and with the dimensions of 14 x 10 mm. The colors of the specimens were measured with a spectro photometer and the color parameters (L*, a*, b*, ΔEab) were calculated according to the CIE Lab color system.

**Results:** The effects of aging on color stability of all-ceramic materials were statistically significant ($p<0.05$). The highest color change was seen in RNC ceramic material. No significant differences were found between VS and FC ceramic groups ($p>0.05$). No significant difference were found between thicknesses and color change ($p>0.05$).

**Conclusions:** A1 shade ceramic samples had significantly greater color change compared with A2 and A3 shades. The increase in thicknesses of the ceramic specimens (0.5-1 mm) caused a decrease in the color change values but it was not significant.

**Keywords:** Accelerated artificial aging, all ceramic, color stability.

## GİRİŞ

Son yıllarda tam seramik sistemlerin optik özelliklerinin ve doğal mine benzeri görünümlerinin gelişimi, estetik beklentilerin artmasına neden olmuştur. Doğal dişler ve seramik restorasyonlar arasındaki renk uyumunun uzun süre korunması estetik başarı için önemli kriterlerden biridir.[1] Metal destekli porselen restorasyonlar üstün mekanik özellikleri nedeniyle diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır.[2] Ancak bu tür restorasyonlarda metal korozyonu, alerjik reaksiyonlar, metal renginin yansıması, farklı kalınlıklardaki porselen tabakalarının farklı optik özelliklere sahip olması nedeni ile doğal dişler ve restorasyonlar arasında estetik uyum sağlamak zordur.[3]

Günümüzde diş hekimlerinin ve hastaların artan beklentileri biyouyumlu, estetik ve uzun ömürlü tam seramik restoratif materyallerin geliştirilmesini hızlandırmıştır. Yüksek dayanıklılığa sahip zirkonyum ve alüminyum oksit seramiklerin geliştirilmesi, çiğneme kuvvetlerinin arttığı posterior bölgelerde daha stabil restorasyonların üretilmesine olanak sağlamıştır.[4] Bu materyallerin yüksek dayanıklılığına rağmen artan opasiteleri, özellikle anterior bölgede doğal dişlerle renk uyumunun sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Bu materyallerle anterior bölgede istenen estetik başarı ancak 'veneer' restorasyonlar ile sağlanabilmektedir. Ancak tedaviden kısa bir süre sonra çiğneme kuvvetleri altında 'veneer' restorasyonlarda kırılma ve 'chipping' (ufalanma) riskinin arttığı bildirilmiştir.[5]

Bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve üretim (CAM) teknolojilerindeki gelişmelerle, monolitik bloklardan kırılmaya dayanıklı, yarı saydam ve polikromatik tam seramik restorasyonlar üretilebilmektedir.[6] Vita Enamik (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) gibi polimer infiltre seramik malzemeler, diğer seramik malzemelere kıyasla farklı mikroyapılarıyla dental uygulamalarda kullanılmaktadır. Seramik yapı içerisine yerleştirilen polimer ağ yapısının kırık gelişimini engelleyerek malzemeye yapısal dayanıklılık kazandırdığı bildirilmiştir.[7] Önceki çalışmalarda polimer yapının üretan di-metakrilat (UDMA) ve trietilen glikol di-metakrilat (TEGDMA) arasında çapraz bağlanma ile oluştuğu bildirilmiştir. Dental porselenlerle karşılaştırıldığında, bu özellik materyale daha düşük elastikiyet modülü ve daha yüksek dayanıklılık kazandırdığı bildirilmiştir.[8,9] Son zamanlarda geliştirilen bir diğer rezin içeren seramik materyal rezin nano-seramiktir (Lava Ultimate; 3M ESPE, St. Paul, MN, ABD). Önemli avantajlarından biri, üretimden sonra ağızda kompozit rezin kullanılarak restorasyonun uyumlandırılabilmesidir. Ayrıca hibrit nano-seramik ve polimer infiltre hibrit seramiğin diğer tüm seramik materyallere kıyasla kabul edilebilir ışık geçirgenliğine sahip olduğu bildirilmiştir.[10] Zirkonya ve cam seramiklerin olumlu yönlerini birleştiren, ağırlıkça ~%10 oranında zirkonya içeren Vita Suprinity (Vita Zahnfabrick, Bad Säckingen, Almanya) gibi zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat seramikler başka bir estetik CAD/CAM monolitik materyal olarak piyasaya sürülmüştür.[11]

'Veneer' seramiklerin kırılma ve 'chipping' riski ile kor ve seramik materyaller arasındaki termal etkileşim literatürde halen tartışılmaktadır. Nitekim, CAD/CAM sistemler ile üretilen ve herhangi bir 'veneer' işlemi uygulanmadan tek bir materyal içeren monolitik restorasyonlar geliştirilmiştir.[12] 'Veneer' materyali olmadan hazırlanan monolitik restorasyonların faydaları, materyal kalınlığını artırarak ve mekanik stabiliteyi geliştirerek kırılma mukavemetinin artırılması, klinik endikasyonların genişletilmesi, seramik üretim sürecini kısaltması ve basitleştirmesidir.[13] Bununla birlikte, monolitik restorasyonların farklı laboratuvar ve üretim süreçleri, arka planda yer alan diş ve siman rengi, seramiklerin farklı optik özellikleri gibi nihai restorasyonun estetiğini olumsuz etkileyen bazı dezavantajları da vardır.[14,15]

CIE Lab renk sisteminde, bir nesnenin rengi L*, a* ve b* değerleriyle tanımlanır, böylece restorasyondaki veya doğal dişteki renk değişikliklerinin (ΔEab) sayısal ifadesi mümkün olur. L* değeri rengin açıklığını, a* değeri (+a=kırmızı eksen, -a=yeşil eksen) kırmızı-yeşil dengesini ve b* değeri (+b=sarı eksen, -b=mavi eksen) sarı-mavi dengesini gösterir. a* ve b* koordinatları rengin kromatik karakteristiğini, L* değeri ise akromatik karakteristiğini belirler. ΔEab'nin büyüklüğü, üç boyutlu renk uzayında renklendirme öncesi (L1*, a1* ve b1*) ve sonrası (L2*, a2* ve b2*) yapılan ölçümlerle elde edilen L*, a* ve b* değerlerine dayanarak Denklem 1'e göre elde edilebilir:[16,17]

$$\Delta Eab=\sqrt{(L1*-L2*)2+(a1*-a2*)2+(b1*-b2*)2}$$

Bu çalışma, hızlandırılmış suni yaşlandırma sonrasında farklı kalınlık ve renk tonlarındaki tam seramik monolitik restoratif materyallerin uzun dönem renk stabilitesini karşılaştırmaktadır. Sıfır hipotezimiz; suni yaşlandırma sonrası farklı özelliklere, renk tonlarına ve kalınlıklara sahip tam seramik materyaller arasında renk değişimi yönünden fark oluşmayacağı yönündedir.

## GEREÇ VE YÖNTEM

### Örneklerin Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan seramik bloklar şunlardır: Feldspatik cam seramik (FC; Cerec CAD/CAM blokları; Sirona, Salzburg, Avusturya), Lityum disilikat cam seramik (LDC; IPS e.max CAD LT; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein), Rezin nano seramik (RNC; Lava Ultimate LT; 3M

ESPE, St. Paul, MN, ABD), Polimer infiltre rezin seramik (PRC; Vita Enamik T; Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya), Zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat cam seramik (VS; Vita Suprinity T; Vita Zahnfabrick, Bad Säckingen, Almanya).

30 alt grubun her birinde on adet (n=10) olmak üzere toplamda 300 (N=300) örnek hazırlanmıştır. A1, A2 ve A3 renklerinde 14×10 mm boyutlarında ve 0,5±0,05 mm ve 1±0,05 mm kalınlıklarında seramik bloklar ISOMET 1000 hassas testere (Buehler, Dusseldorf, Almanya) kullanılarak hazırlanmıştır. LDC (Programat EP, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ve VS (Vita Vacumat 6000MP; Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) örnekleri üreticinin talimatlarına göre kristalizasyon fırınlamasına tabi tutulmuştur. PRC ve RNC örneklerinin üst yüzeyi #220, #500 ve #1200 silikon-karbür disklerle (Astropol Astrobrush; Ivoclar Vivadent) parlatılmıştır. LDC, FC ve VS seramik örneklere, bir diş teknisyeni tarafından nötr tonda glaze uygulaması yapılmıştır. Örnek kalınlığı dijital mikrometre (Astor Digital Caliper; Çin) ile 0,01 mm hassasiyet ve tekrarlanabilirlikle ölçülmüştür.

Örnekler renk ölçümünden önce Eurosonic Micro ultrasonik temizleyicide (Euronda; Vicenza, İtalya) 10 dakika boyunca distile su ile temizlenmiş ve ardından Kimwipes-Lite 200 kurutma kağıdı (Kimberly Clark Corp.; Irving, TX, ABD) ile kurutulmuştur. Tüm numuneler spektrofotometrik ölçümden önce oda sıcaklığında ışık almayan kuru bir ortamda saklanmıştır.

**Yapay Yaşlandırma Öncesi Örneklerin Renk Ölçümü**

Örnekler daha sonra renk parametrelerini ölçmek için bir spektrofotometreye (Konica Minolta CM 3600A; Tokyo, Japonya) aktarılmıştır. Ölçümler numunelerin üst yüzeylerinde D65 gün ışığı altında 8° perspektif, 10 nm aralık ve 360-740 nm dalga boyu aralığında gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerden seramik örneklerin L* (parlaklık) ve a* ve b* (kromatik) değerleri elde edilmiştir. Spektrofotometre, standart bir beyaz diskin üretici tarafından belirtilen aralıklarla ölçülmesiyle kalibre edilmiştir.

**Hızlandırılmış Yapay Yaşlandırma Süreci**

Tüm numuneler metal bir tutucu kullanılarak hızlandırılmış yapay yaşlandırma cihazına (ATLAS Xenotest Alpha Weather-Ometer; Chicago, IL, ABD) üst yüzeyleri radyan enerjiye maruz kalacak şekilde yerleştirilmiştir. Numuneler 300 saat boyunca %100 bağıl nem ve 38°C'de ultraviyole (UV) ve görünür ışığa maruz bırakılmıştır. Bu çalışmada kullanılan yaşlandırma cihazı üreticileri 300 saatlik uygulamanın yaklaşık 1 yıllık klinik etkiye karşılık geldiğini bildirmiştir.[18] 300 saatin ardından örnekler toplamda yaklaşık 150 kJ/m$^2$ radyan enerjiye maruz bırakılmıştır. Yapay yaşlandırma cihazı, UV ve görünür dalga boylarında ışık sağlayan bir ksenon ark lambasına sahiptir. Yapay yaşlandırma işleminden sonra numuneler kurutulmuş ve oda sıcaklığında kuru, ışıksız bir ortamda saklanmıştır.

**Yapay Yaşlandırma Sonrası Numune Renk Ölçümü**

Örnekler yaşlandırma cihazından çıkarıldıktan sonra, renk parametrelerindeki değişiklikleri belirlemek için L*, a* ve b* değerleri spektrofotometre ile ikinci kez ölçülmüştür. Bu ölçümler sırasında beyaz bir disk kullanılarak cihaz düzenli aralıklarla kalibre edilmiştir. Her bir numunenin ΔEab değeri, yapay yaşlandırma öncesi (L1*, a1* ve b1*) ve sonrası (L2*, a2* ve b2*) değerlerine dayanarak, Denklem 1 kullanılarak hesaplanmış ve SPSS v.23.0 yazılımında (IBM, Chicago, IL, ABD) Bonferroni ve üç yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılarak istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

**Renk Değişim Değerlerinin (ΔEab) Değerlendirilmesi**

Paravina ve ark.[19] renk değişim değerleri (ΔEab) için % 50:50 algılanabilirlik (PT) ve % 50:50 kabul edilebilirlik eşiği (AT) aracılığıyla dişler ve diş rengindeki materyaller arasındaki renk farklılıklarının yorumlanması için bazı eşik değerleri belirlemişlerdir. Buna göre ΔEab ≤1,2 değerlerinde olduğunda ilgili materyalin mükemmel renk uyumuna sahip olduğu; ΔEab >1,2, ≤2,7 değerleri arasında kabul edilebilir bir uyuma sahip olduğu; ΔEab >2,7, ≤5,4 değerleri arasında orta derecede kabul edilemez olduğu; ΔEab >5,4 ≤8,1 değerleri arasında açıkça kabul edilemez; 8,1'den büyük ΔEab değerleri için ise son derece kabul edilemez renk değişim değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

**BULGULAR**

Üç yönlü varyans analizi sonucu; renk değişim değerlerinin kalınlık, renk tonu ve materyal değişkenlerine istatistiksel olarak etkisi Tablo 1'de gösterilmiştir. ΔEab'nin renk tonundan (A1, A2 ve A3) ve malzeme türünden istatistiksel olarak anlamlı derecede etkilendiği saptanmıştır (p<0,05). Ancak, kalınlık değişimi ΔEab değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0,05).

**Tablo 1.** Deney grupları arasındaki istatiksel belirginliğin tespiti için yapılan 3 yönlü varyans analizi değerleri (p<0,05).

| Varyasyon Kaynakları | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F-değeri | p-değeri |
|---|---|---|---|---|---|
| Sabit Terim | 1783,138 | 29 | 94,696 | 94,696 | <0,05 |
| Renk | 41,004 | 2 | 20,502 | 31,575 | <0,05 |
| Kalınlık | 0,241 | 1 | 0,241 | 0,372 | 0,543 |
| Materyal | 1547,734 | 4 | 386,934 | 595,908 | <0,05 |
| Renk * Kalınlık | 2,987 | 2 | 1,494 | 2,300 | 0,102 |
| Renk * Materyal | 167,900 | 8 | 20,987 | 32,322 | <0,05 |
| Kalınlık * Materyal | 17,906 | 4 | 4,477 | 6,894 | <0,05 |
| Renk * Kalınlık * Materyal | 5,365 | 8 | 0,671 | 1,033 | 0,411 |
| Hata | 175,316 | 270 | 0,649 | | |
| Toplam | 3653,259 | 300 | | | |

Kalınlık parametresinden bağımsız olarak seramik örneklerin ΔEab değerleri karşılaştırıldığında; en küçük ΔEab değerleri FC seramik grubunun A3 (ΔEab=0,75) ve VS seramik grubunun A2 renk tonunda (ΔEab=0,75), en büyük ΔEab değerleri ise RNC seramik grubunun A1

renk tonunda (ΔEab=9,26) belirlenmiştir (Tablo 2). Kalınlık ve renk parametrelerinden bağımsız olarak seramik örneklerin renk değişim değerleri karşılaştırıldığında ise; FC seramik grubundaki ΔEab değerleri LDS, RNC ve PRC seramik gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede daha küçük bulunmuştur (p<0,05). Ancak, FC ve VS seramik grupları arasında ΔEab değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmemiştir (p>0,05; Tablo 3).

**Tablo 2.** Seramik örneklerin renk gruplarına göre renk değişim (ΔEab) değerleri.

| Renk | Seramik Materyal ve Renk Değişim Değerleri (ΔEab± Std. Sapma) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | FC | LDC | RNC | PRC | VS |
| A1 | 1,01 (±0,59) | 1,83 (±0,33) | 9,26 (±1,03) | 3,06 (±0,86) | 1,04 (±0,42) |
| A2 | 1,22 (±0,64) | 1,55 (±0,23) | 5,54 (±0,59) | 3,00 (±1,01) | 0,75 (±0,85) |
| A3 | 0,75 (±0,23) | 1,26 (±0.50) | 6,15 (±0,84) | 3,63 (±1,83) | 0,93 (±0,63) |

**Tablo 3.** Seramik örneklerin renk değişim (ΔEab) değerlerinin karşılaştırılması.

| Materyal(1) | Materyal (2) | Ortalama Fark (1-2) | Standart Hata | *p* |
|---|---|---|---|---|
| FC | LDC | -0,5508* | 0,14712 | 0,002 |
| | RNC | -5,9885* | 0,14712 | 0,000 |
| | PRC | -2,4593* | 0,14712 | 0,000 |
| | VS | 0,0905 | 0,14712 | 1,000 |
| LDC | FC | 0,5508* | 0,14712 | 0,002 |
| | RNC | -5,437* | 0,14712 | 0,000 |
| | PRC | -1,9085* | 0,14712 | 0,000 |
| | VS | 0,6413* | 0,14712 | 0,000 |
| RNC | FC | 5,9885* | 0,14712 | 0,000 |
| | LDC | 5,4377* | 0,14712 | 0,000 |
| | PRC | 3,3792* | 0,14712 | 0,000 |
| | VS | 6,0790* | 0,14712 | 0,000 |
| PRC | FC | 2,4593* | 0,14712 | 0,000 |
| | LDC | 1,9085* | 0,14712 | 0,000 |
| | RNC | -3,3792* | 0,14712 | 0,000 |
| | VS | 2,5498* | 0,14712 | 0,000 |
| VS | FC | -,0905 | 0,14712 | 1,000 |
| | LDC | -0,6413 | 0,14712 | 0,000 |
| | RNC | -6,0790* | 0,14712 | 0,000 |
| | PRC | -2,5498* | 0,14712 | 0,000 |

* istatistiksel olarak anlamlı (p<0,05)

Kalınlık ve materyal tipinden bağımsız olarak örneklerin A1, A2 ve A3 renk tonlarındaki ΔEab değerleri arasındaki ortalama farklar ve SD değerleri Tablo 4'te gösterilmiştir. Sadece renk parametresi karşılaştırıldığında, A1 seramik gruplarındaki ΔEab değerlerinin diğer iki gruba göre anlamlı ölçüde daha yüksek olduğu görülmüştür (p<0,05). Benzer şekilde, A2 renk tonuna sahip olanlar A3 renk tonuna sahip olanlardan anlamlı derecede daha düşük ΔEab değerlerine sahipti (p<0,05). Ayrıca, seramik tipi ve kalınlığından bağımsız olarak her bir renk grubu için ortalama ΔEab değerleri, A1 ΔEab= 3,046, A2 ΔEab= 2,142 ve A3 ΔEab= 2,546 şeklinde belirlenmiştir (Tablo 5).

**Tablo 4.** Seramik örneklerde renk değişimi (ΔEab) değerlerinin renk tonuna bağlı olarak karşılaştırılması.

| (I) Renk | (II) Renk | Ortalama Fark (I-II) | Standart Hata | *p* |
|---|---|---|---|---|
| A1 | A2 | 0,904* | 0,114 | 0,000 |
| | A3 | 0,500* | 0,114 | 0,000 |
| A2 | A1 | -0,904* | 0,114 | 0,000 |
| | A3 | -0,404* | 0,114 | 0,001 |
| A3 | A1 | -0,500* | 0,114 | 0,000 |
| | A2 | 0,404* | 0,114 | 0,001 |

* istatistiksel olarak anlamlı (p<0,05)

**Tablo 5.** Seramik türü ve kalınlığına bakılmaksızın renk gruplarının ortalama renk değişim (ΔEab) değerleri

| Renk | Ortalama | Std. Hata | 95% Güven Aralığı | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Alt Sınır | Üst Sınır |
| A1 | 3,046 | 0,075 | 2,912 | 3,224 |
| A2 | 2,142 | 0,075 | 1,953 | 2,301 |
| A3 | 2,546 | 0,075 | 2,346 | 2,616 |

Renk tonlarından bağımsız olarak farklı kalınlıklardaki seramik örneklerin ΔEab değerleri Tablo 6'da gösterilmiştir. Her bir tam seramik sistemdeki farklı kalınlıklar için ortalama ΔEab değerlerini karşılaştırdığımızda, 0,5 mm kalınlığa sahip RNC seramik grupları 1 mm kalınlığa sahip olanlardan anlamlı ölçüde daha yüksek olduğu görülmüştür (p<0,05). PRC seramik gruplarında ise 1 mm kalınlıktaki örneklerde renk değişim miktarı 0,5 mm kalınlıktakilere göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur (p<0,05). Diğer seramik gruplarında kalınlık değişimi ortalama ΔEab değerlerini anlamlı şekilde etkilememiştir (p>0,05).

**Tablo 6.** Kalınlık değişiminin (ΔEab) renk stabilitesine etkisi.

| Materyal | Kalınlık (1) | Kalınlık(2) | Ortalama Fark(1-2) | Standart Hata | *p* |
|---|---|---|---|---|---|
| FC | 0,5 mm | 1 mm | 0,375 | 0,208 | 0,072 |
| LDC | 0,5 mm | 1 mm | 0,290 | 0,208 | 0,164 |
| RNC | 0,5 mm | 1 mm | 0,782* | 0,208 | 0,000 |
| PRC | 0,5 mm | 1 mm | -0,611* | 0,208 | 0,004 |
| VS | 0,5 mm | 1 mm | 0,028 | 0,208 | 0,894 |

* istatistiksel olarak anlamlı (p<0,05)

## TARTIŞMA

Bu çalışmada, farklı kalınlık ve renk tonlarına sahip farklı tam seramik restoratif materyallerin ΔEab değerleri yapay yaşlandırma işlemi sonrası karşılaştırılmıştır. RNC örneklerinin en yüksek ΔEab değerlerine sahip olduğu bulunmuştur. Buna karşın, FC ve VS seramik örnekleri benzer ΔEab değerlerine sahip olup, diğer gruplardan daha düşük ΔEab değerleri göstermiştir. Elde ettiğimiz bu sonuçlara dayanarak, hızlandırılmış yapay yaşlandırma işleminden sonra tam seramik örneklerin bir bölümünde renk değişimi gözlendiğinden sıfır hipotezimizin reddi söz konusudur. Farklı renk tonları tam seramik örneklerin ΔEab değerlerini önemli ölçüde etkilerken, kalınlık sadece RNC ve PRC seramik örneklerin ΔEab değerlerini anlamlı ölçüde etkilemiştir. Ancak, diğer seramik gruplarında kalınlık değişimi ΔEab değerlerini önemli ölçüde etkilememiştir.

Günümüzde, doğal dişlere benzer ışık yansıtma ve geçirgenlik özellikleri nedeniyle diş hekimliği pratiğinde tam seramik restoratif materyallerin kullanımı artmaktadır. Uzun vadeli estetik görünümlerini korumak için 3 üniteli köprülerde, tek diş restorasyonlarında, inleylerde ve on-

leylerde kullanılan seramik materyallerin renginin stabil olması önemlidir. Tam seramik materyallerin estetik özelliklerinin materyalin kimyasal yapısına, üretim aşamasına ve çevresel faktörlere bağlı olarak değiştiği daha önce bildirilmiştir.[20] Buna ek olarak, Stevenson ve Ibbetson[21] tam seramik materyallerin renginin kalınlık, opaklık ve alttaki diş dokusunun renginden etkilendiğini bildirmiştir. Ayrıca Alqahtani ve ark.[22] 0,5 mm kalınlığa sahip seramik materyallerin ΔEab değerlerinin 0,7 mm kalınlığa sahip olanlara göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumun nedeni olarak artan kalınlığın translusensiteyi azaltması gösterilmiştir.[23] Çalışmamızda 0,5 ve 1 mm kalınlıktaki seramik numuneler kullanılmış ve PRC grupları haricindeki seramik numunelerde ΔEab değerlerinin artan kalınlıkla birlikte azaldığı tespit edilmiştir.

Stawarczyk ve ark.[24] 14 hafta boyunca farklı çözeltilerde boyanan RNC, PRC ve LDC seramik örneklerin mekanik ve optik özelliklerini karşılaştırmış, RNC ve PRC seramik örneklerin ΔEab değerlerinin >3,3 olduğunu bulmuşlardır. RNC seramik örneklerinde ΔEab değerlerini kırmızı şarap için 15,1±1,2, çay için 3,3±0,4, PRC seramik örneklerinde kırmızı şarap için 13,6±1,1 çay için 4,3±0,9 ve LDC seramik örneklerinde kırmızı şarap için 3,1±0,4, çay için 0,6±0,2 olarak saptamışlardır. Görülmektedir ki, çalışmamızın bulguları Stawarczyk ve ark.'nın bulgularıyla tutarlıdır. Ancak, onlar PRC ve RNC seramik malzemelerin ΔEab değerlerinde önemli bir fark bulmazken, biz PRC seramik örneklerinin ΔEab değerlerini RNC seramik örneklerinden anlamlı derecede daha düşük bulduk. Bu çalışmanın bulguları, kahve çözeltisinde bekletilen PRC seramik örneklerin ΔEab değerlerinin RNC örneklerden daha iyi olduğunu tespit eden Alharbi ve ark.[25] 'nın bulgularıyla da uyumludur. Buna ek olarak, Karaokutan ve ark.[26] 300 saatlik yapay yaşlandırma sonrasında üç farklı tam seramik malzemenin renk stabilitesini karşılaştırmış ve RNC seramik malzemelerin ΔEab değerlerinin (ΔEab =9,29) LDC seramik (ΔEab =2,46) ve FC seramik (ΔEab =2,10) malzemelerden önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

PRC seramik yapısı %86 feldspatik seramik ve %14 çapraz bağlı polimer içerirken, RNC seramik %80 feldspatik seramik ve %20 rezin matriksi (bisfenol A-glisidil metakrilat [BisGMA], UDMA, etoksillenmiş bisfenol-A dimetakrilat [BisEMA] ve TEGDMA) içermektedir. Rezin içeren malzemelerin renk değişiminin ana nedeninin rezin matriksinin hidrofilik/hidrofobik özelliklerinden dolayı su emilimi olduğu bildirilmiştir.[27] Bu nedenle, hidrofobik UDMA ve hidrofilik TEGDMA ve BisGMA bu malzemelerde gözlenen renk değişiminin nedeni olabilir. BisGMA diğerlerinden daha fazla olmak üzere, tüm bu yapısal elemanlar su emdiğinden, renklendirici maddeler rezin matrikse kolayca nüfuz eder. Buna ek olarak, doldurucu ve rezin matriks arasındaki kimyasal bağların bozulması, yapay yaşlandırma işlemi sırasında renk değişimine neden olabilir.[27-29] Bu bozulma muhtemelen rezin içeren seramiklerin renk değişiminin neden diğer seramiklerden daha fazla olduğunu açıklamaktadır.

Bu çalışma VS, LDC ve FC seramik materyallerin RNC ve PRC rezin seramiklerine göre daha iyi renk stabilitesi gösterdiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, VS ve FC'nin ΔEab değerleri LDC'ninkilerden anlamlı derecede daha düşüktü. VS seramik malzemesinde zirkonya partiküllerinin daha küçük bir moleküler yapıda cam matriks içine dağıldığı, dayanıklılığını ve homojen yüzey özelliklerini artırdığı bildirilmiştir. Ayrıca lityum silikatın yarı saydam ve estetik özellikleri ile zirkonyanın dayanıklılık özelliklerini birleştirmektedir. Stamenkovic ve ark.[29], VS, LDC, PRC ve LDC seramik materyallerinin renk değişimlerini karşılaştırmış, kahve ve şarap solüsyonunda boyanan VS seramik örneklerinin renginin RNC ve PRC seramik örneklerine göre önemli ölçüde daha stabil olduğunu bildirmişlerdir. İlgili çalışmada, RNC seramik numunelerinin ΔEab değerleri PRC numunelerinden daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, yapay yaşlandırma işlemi uygulanan seramik örneklerde görülen ΔEab değerlerinin, çalışmamızın bulgularıyla tutarlı olarak, renklendirici çözeltilerde bekletilen örneklere kıyasla daha düşük olduğu bildirilmiştir.

Son çalışmalar, CIEDE2000 formülü (ΔE00) kullanılarak elde edilen renk değişimi ölçümlerinin, CIELAB sistemi (ΔEab) kullanılarak elde edilenlere kıyasla diş hekimliğinde kullanılmasının daha uygun olduğunu bildirmiştir.[30,31] Bununla birlikte, ΔEab ve ΔE00 değerleri arasında yüksek bir korelasyon olduğu bildirilmiştir.[32] ΔE00 değerini ΔEab değerine veya tersine çeviren bir denklem kullanılarak, klinik olarak kabul edilebilir (AT) veya algılanabilir (PT) eşik değerleri de tanımlanabilir. Paravina ve ark.[19,33] ΔEab ≤1,2 değerlerinin klinik olarak mükemmel uyuma sahip olduğu, 1,2-2,7 arasında olan değerlerin klinik olarak kabul edilebilir ve 2,7' den büyük ΔEab değerlerinin ise klinik olarak kabul edilemez olduğunu bildirmişlerdir. Bu eşik değerleri göz önüne alındığında, çalışmamızda üç farklı tonda (A1/A2/A3) FC (1,01/1,22/0,75) ve VS (1,04/0,75/0,93) seramik örneklerin ΔEab değerleri klinik olarak mükemmel, LDC (1,83/1,55/1,26) örneklerin klinik olarak kabul edilebilir, PRC (3,06/3,00/3,63) örneklerin orta derecede kabul edilemez ve RNC (9,26/5,54/6,15) örneklerin ise A1 tonu için yüksek derecede kabul edilemez, A2 ve A3 tonları için tamamen kabul edilemez uyuma sahip olduğu şeklinde bir sınıflandırma yapabiliriz (Tablo 2).

Seramik malzemedeki pigmentler ve partiküller arasındaki kırılma indisi farkı; ışığın saçılmasını, yayılmasını ve renk tonunu etkiler.[34] Sonuç olarak, renk tonu seramik malzemelerin renk değişimini etkiler. Çalışmalar, açık tonlu malzemelerdeki ΔEab değerlerinin koyu tonlu malzeme-

lerden daha yüksek olduğunu bildirmiştir.[22,35] Bu çalışmada, seramik türleri ve kalınlıklarından bağımsız olarak A1 seramik örneklerinin ΔEab değerleri (ΔEab =3,046), A2 (ΔEab =2,142) ve A3 (ΔEab =2,546) seramik örneklerinden anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur.

Yapay yaşlandırma işlemi, materyallerin yaşlandırma işlemi sırasında sadece neme, UV ışığına ve ağız koşullarına kıyasla aşırı sayılabilecek sıcaklığa maruz kalması nedeniyle klinik koşulları tam olarak yansıtamaz. Restorasyon altındaki diş dokusunun ve simanın rengi, restoratif materyalin üst yapıdaki uzun vadeli rengini önemli ölçüde etkiler. Ayrıca diş fırçalama, beslenme alışkanlıkları ve sigara kullanımı gibi faktörler de renk değişimini etkileyebilir. Bu nedenle, klinik çalışmalarda dental materyallerin uzun vadeli renk değişimini değerlendirmek zordur. Yapay yaşlandırma süreci, dental materyallerin renk stabilitesinin *in vitro* olarak hızlı bir şekilde değerlendirilmesini standardize etmek için önemli bir yöntemdir.[18,36] Klinisyenlere, aynı koşullarda standardize edilen materyallerin özellikleri hakkında önemli bilgiler sağlar. Ayrıca, materyaller yaşlanma süreci ve klinik uygulamalar sırasında harici UV ışığına maruz kalmaktadır. Ancak, yapay yaşlandırma işlemi boyunca malzemenin sadece dış yüzeyi ekstrinsik faktörlere maruz kalır. Bu nedenle farklı renk tonlarının ve materyal kalınlıklarının tam seramiklerin renk stabilitesini ne ölçüde etkileyebileceği klinik çalışmalarda değerlendirilmesini gerektirir.

## SONUÇLAR

Bu çalışmanın sınırlılıkları dahilinde, şu sonuçlara varıyoruz:

**1.** Artan seramik malzeme kalınlığı renk değişimini etkilemektedir. Ancak bu durum sadece PRC ve RNC seramik malzemelerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

**2.** Hızlandırılmış yapay yaşlandırma süreci tam seramik malzemelerde önemli renk değişikliklerine neden olmaktadır. En büyük renk değişimi RNC seramik örneklerinde, en küçük renk değişimi ise FC ve VS'de gözlenmiştir.

**3.** Renk değişiminin büyüklüğü seramik malzemelerin renk tonu koyulaştıkça azalmaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Recep Türken tarafından Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nde tamamlanan "Suni Yaşlandırma İşlemi Uygulanan Farklı Tam Seramik Materyallerin Renk Stabilitelerinin Karşılaştırılması" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir. Doktora çalişması, Yükseköğretim Kurulu Ögretim Üyesi Yetiştirme Programı (OYP) kapsamında desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

**1.** Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: Historical evaluation and current practice. Aust Dent J 2011; 56: 84–96.

**2.** Zhang Y, Griggs JA, Benham AW. Influence of powder/liquid mixing ratio on porosity and translucency of dental porcelains. J Prosthet Dent 2004; 91: 128-35.

**3.** Harianawala HH, Kheur MG, Apte SK, Kale BB, Sethi TS, et al. Comparative analysis of transmittance for different types of commercially available zirconia and lithium disilicate materials. J Adv Prosthodont 2014; 6: 456–461.

**4.** Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Clinical Implications Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: A systematic review. J Prosthet Dent 2007; 98: 389-404.

**5.** Al-Amleh B, Lyons K, Swain M. Clinical trials in zirconia: a systematic review. J Oral Rehabil 2010; 37: 641–652.

**6.** Höland W, Schweiger M, Frank M, Rheinberger V. A Comparison of the Microstructure and Properties of the IPS Empress2 and the IPS Empress Glass-Ceramics. J Biomed Mater Res (Appl Biomater) 2000; 53: 297–303.

**7.** Carvalho Ramos N, Bastos Campos TM, de la Paz IS, Barros Machado JP, Bottino MA, et al. Microstructure characterization and SCG of newly engineered dental ceramics. Dent Mater 2016; 32: 870–878.

**8.** Coldea A, Swain M, Thiel N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. Dent Mater 2013; 29: 419–426.

**9.** Coldea A, Swain M, Thiel N. In-vitro strength degradation of dental ceramics and novel PICN material by sharp indentation. J Mech Behav Biomed Mater 2013; 26: 34–42.

**10.** Awad D, Stawarczyk B, Liebermann A, Ilie N. Translucency of esthetic dental restorative CAD/CAM materials and composite resins with respect to thickness and surface roughness. J Prosthet Dent 2015; 113: 534–540.

**11.** "Brochure (t.y.). VSCCRVS. https://www.vita-zahnfabrik.com/en/VITA-SUPRINITY-14036.html".

**12.** Guess PC, Schultheis S, Bonfante EA, Coelho PG, Ferencz JL, et al. All-ceramic systems: Laboratory and clinical performance. Dent Clin North Am 2011; 55: 333–352.

**13.** Tabatabaian F. Color Aspect of Monolithic Zirconia Restorations: A Review of the Literature. J Prosthodont 2019; 28: 276–287.

**14.** Basso GR, Kodama AB, Pimentel AH, Kaizer MR, Della Bona A, et al. Masking colored substrates using monolithic and bilayer CAD-CAM ceramic structures. Oper Dent 2017; 42: 387–395.

**15.** Sun T, Zhou S, Lai R, Liu R, Ma S, et al. Load-bearing capacity and the recommended thickness of dental monolithic zirconia single crowns. J Mech Behav Biomed Mater 2014; 35: 93–101.

**16.** Goodacre CJ, Sagel PA, Dental Esthetics in Practice: Part 3 - Understanding Color & Shade Selection. "Crest ®

Oral-B® at dentalcare.com Continuing Education Course 2011.
**17.** Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. Contemporary Fixed Prosthodontics. 4th ed., St. Louis, Mosby; 2004.
**18.** Garcia LFR, Mundim FM, Pires-de-Souza FCP, Rontani RMP, Consani S. Effect of artificial accelerated aging on the optical properties and monomeric conversion of composites used after expiration date. Gen Dent 2013; 61: 1–5.
**19.** Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. J Esthet Restor Dent 2019; 31: 103–112.
**20.** Lee YK, Cha HS, Ahn JS, Cie R. Layered color of all-ceramic core and veneer ceramics. J Prosthet Dent 2007; 97: 279-286.
**21.** Stevenson B, Ibbetson R. The effect of the substructure on the colour of samples/restorations veneered with ceramic: A literature review. J Dent 2010; 38: 361–368.
**22.** Alqahtani MQ, Aljurais RM, Alshaafi MM. The effects of different shades of resin luting cement on the color of ceramic veneers. Dent Mater J 2012; 31: 354–361.
**23.** Akgungor G, Akkayan B, Gaucher H. Influence of ceramic thickness and polymerization mode of a resin luting agent on early bond strength and durability with a lithium disilicate-based ceramic system. J Prosthet Dent 2005; 94: 234–241.
**24.** Stawarczyk B, Liebermann A, Eichberger M, Güth JF. Evaluation of mechanical and optical behavior of current esthetic dental restorative CAD/CAM composites. J Mech Behav Biomed Mater 2016; 55: 1–11.
**25.** Alharbi A, Ardu S, Bortolotto T, Krejci I. Stain susceptibility of composite and ceramic CAD/CAM blocks versus direct resin composites with different resinous matrices. Odontology 2017: 105; 162–169.
**26.** Karaokutan I, Yilmaz Savas T, Aykent F, Ozdere E. Color Stability of CAD/CAM Fabricated Inlays after Accelerated Artificial Aging. J Prosthodont 2016: 25; 472–477.
**27.** Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. Dent Mater 2006: 22; 211–222.
**28.** Arif R, Yilmaz B, Johnston WM. In vitro color stainability and relative translucency of CAD-CAM restorative materials used for laminate veneers and complete crowns. J Prosthet Dent 2019: 122; 160–166.
**29.** Stamenkovic DD, Nisie R, Todorovi A, Karasan D, Sailer I, et al. Staining and aging-dependent changes in color of CAD-CAM materials. J Prosthet Dent 2021: 126; 672-678.
**30.** Ghinea R, Pérez MM, Herrera L J, Rivas MJ, Yebra A, et al. Color difference thresholds in dental ceramics. J Dent 2010: 38; 57-64.
**31.** Wee AG, Lindsey DT, Shroyer KM, Johnston WM. Use of a porcelain color discrimination test to evaluate color difference formulas. J Prosthet Dent 2007: 98; 101-109.
**32.** Paravina RD, Pereira Sanchez NA, Tango RN. Harmonization of color measurements for dental application. Color Research and Application 2020: 45; 1094–1100.
**33.** Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C. Color difference thresholds in dentistry. J Esthet Restor Dent 2015: 27; 1–9.
**34.** Pissaia JF, Guanaes BKA, Kintopp CCA, Correr GM, Cunha LF, et al. Color stability of ceramic veneers as a function of resin cement curing mode and shade: 3-year follow-up. PLoS One 2019: 14; 7: e0219183.
**35.** Pissaia JF, Correr GM, Gonzaga CC, Cunha LF. Influence of shade, curing mode, and aging on the color stability of resin cements. Braz J Oral Sci 2015: 14; 272–275.
36. Ghavam M, Amani-Tehran M, Saffarpour M. Effect of accelerated aging on the color and opacity of resin cements. Oper Dent 2010: 35; 605–609.