

# Farklı Sinterizasyon Yöntemlerinin ve Kalınlığın Monolitik Zirkonyanın Renk Stabilitesine Etkisi

## Sintering Methods and Thickness Effects on Monolithic Zirconia Color Stability

Gökçe DAĞHAN

<https://orcid.org/0000-0002-3169-416X>

Burcu KANAT ERTÜRK

<https://orcid.org/0000-0001-7799-6844>

Kocaeli Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Kocaeli

**Atf/Citation:** Dağhan, G., Kanat Ertürk, B., (2024). Farklı Sinterizasyon Yöntemlerinin ve Kalınlığın Monolitik Zirkonyanın Renk Stabilitesine Etkisi. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2024; 45\_3, 134-140.

### ÖZ

**GİRİŞ ve AMAÇ:** Farklı sinterizasyon yöntemleriyle sinterlenen 2-farklı kalınlıktaki monolitik zirkonya örneklerin kahvedeki renklenme miktarının değerlendirilmesidir.

**YÖNTEM ve GEREÇLER:** Kendinden renkli (InCoris TZI-C-A2, Sirona) (RZ) monolitik zirkonya bloklar, sinterizasyon sonrası 7 mm × 7 mm × 1 mm (I) ve 7 mm × 7 mm × 2 mm (K) boyutlarında olacak şekilde kesilmiştir (N=48). Farklı kalınlıktaki örnekler konvansiyonel sinterizasyon(KS), hızlı sinterizasyon (HS) ve süper-hızlı sinterizasyon (SHS) olmak üzere 3-alt-gruba ayrılmıştır (n=8/alt grup). Başlangıç CIELAB değerleri ölçüldükten sonra örnekler kahve içinde 1, 2, 3 ve 4 hafta bekletilmiştir. Başlangıç ölçümleri ile kahvede bekletilme sonrası yapılan ölçümler arasındaki renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) hesaplandıktan sonra istatistiksel olarak analiz edilmiştir (SPSS26, Tekrarlı ölçümlerde iki-yönlü varyans analizi, tek-yönlü ANOVA).

**BULGULAR:** Tüm çalışma gruplarını incelediğimizde 4.haftadaki renk değişim değerleri 1. haftaya kıyasla rakamsal olarak daha yüksek bulunmuş, bu farklılığın I-KS, K-KS ve K-HS gruplarında istatistiksel açıdan da anlamlı olduğu gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). 1. hafta değerleri incelendiğinde, sinterizasyon yöntemlerinin ve kalınlığın  $\Delta E$  üzerinde anlamlı etkisinin olmadığı gözlenmiştir ( $p>0,05$ ). 2. haftada ve 3. haftada ise I-KS grubu, K-KS grubuna göre anlamlı derecede daha fazla renk değişimi gösterirken, 4. haftada hem I-KS grubu K-KS grubuna göre hem de I-SHS grubu K-SHS grubuna göre anlamlı derecede renk değişimi göstermiştir ( $p<0,05$ ).

**TARTIŞMA ve SONUÇ:** Kahvede bekleme süresi arttıkça konvansiyonel sinterleme yönteminin renk stabilitesi, diğer sinterleme yöntemlerine göre daha düşük bulunmuştur. Ayrıca örnek kalınlığının azalması, konvansiyonel sinterleme yönteminde daha fazla renk değişimine neden olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Monolitik zirkonya, konvansiyonel sinterizasyon, hızlı sinterizasyon, süper hızlı sinterizasyon, renk stabilitesi

### ABSTRACT

**INTRODUCTION:** To evaluate discoloration of monolithic zirconia prepared in different thicknesses and sintered with various methods, following storage in coffee.

**METHODS:** Self-colored monolithic zirconia blocks (InCoris TZI-C-A2, Sirona)(RZ) were prepared to be in 7 mm × 7 mm × 1 mm (I) and 7 mm × 7 mm × 2 mm (K) after sintering (N=48). All samples were divided into 3-subgroups as conventional sintering(CS), rapid sintering (RS) and super-fast sintering (SFS)(n=8/subgroup). Following the initial CIELAB measurements, samples were measured again after 1-week, 2-week, 3-week and 4-week storage in coffee. The obtained color change values were analyzed statistically (SPSS26, Two-way analysis of variance in repeated measurements, one-way ANOVA).

**RESULTS:** Color change values in 4-week were found higher than values in 1-week, and the differences for I-CS, K-CS and K-RS groups were found statistically significant ( $p < 0.05$ ). According to the 1-week values, sintering methods and thicknesses had no significant effect on color change ( $p>0.05$ ). According to 2-week and 3-week values, I-CS group showed significantly higher color change compared to K-CS group while according to 4-week, both I-CS and I-SFS groups showed significantly higher color change compared to K-SFS group ( $p<0.05$ ).

**DISCUSSION AND CONCLUSION:** With the increase of storage time in coffee, color stability of conventional sintering method was found lower than the other sintering methods. Moreover, decrease in sample thicknesses caused more discoloration for conventional sintering.

**Keywords:** Monolithic zirconia, conventional sintering, rapid sintering, high-speed sintering, color stability

Sorumlu yazar/Corresponding author\*: gokcedaghan@outlook.com

Başvuru Tarihi/Received Date: 05.10.2023

Kabul Tarihi/Accepted Date: 15.03.2024

## GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknoloji ve hastaların estetik beklentilerindeki artış ile birlikte diş hekimliği uygulamalarında yeni tam seramik sistemler tercih edilmeye başlanmıştır. Tam seramik restorasyonlar arasında yer alan ve mekanik özellikleri gelişmiş olan zirkonya restorasyonların, yüksek biyouyumluluğu, gelişmiş estetik özellikleri, düşük alerjik etkileri ve termal iletkenlikleri nedeniyle kullanımı yaygınlaşmıştır.<sup>1</sup> Zirkonya, sahip olduğu polikristalin mikroyapısı nedeni ile yüksek opaklık gösterdiği için başlangıçta altyapı materyali olarak kullanılmış ve cam seramiklerle veneerlenmiştir.<sup>2</sup> Fakat zirkonya altyapı ile veneer porseleni arasındaki termal genişleme katsayılarının uyumsuzluğu nedeniyle ortaya çıkan rezidüel stresler ve zirkonya altyapı ile veneer porseleni arasındaki bağlanma dayanımının düşük olması nedeniyle üst yapı porseleninde atma (chipping) veya kırılma görülebilmektedir.<sup>3</sup> Bu sorunun üstesinden gelmek amacıyla, son yıllarda CAD/CAM sistemleriyle tek bir materyalden üretilen ve üzerine üstyapı porselen uygulaması gerektirmeyen monolitik zirkonya materyali geliştirilmiştir.<sup>4</sup>

Estetik materyallerdeki gelişmeler ile birlikte zirkonya ve lityum disilikat seramiklerden daha estetik ve dayanıklı oldukları belirtilen monolitik zirkonya seramik sistemlerin kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.<sup>5,6</sup> Monolitik zirkonya restorasyonlar, yüksek mekanik dayanımı ve kabul edilebilir estetik sonuçlar göstermesi, konservatif diş preparasyonu gerektirmesi, karşıt dişte minimal aşındırma oluşturması ve zaman kaybını önleyen hazırlanma aşamaları göstermesinden dolayı günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir.<sup>7</sup> Monolitik zirkonya restorasyonların, veneerlenen zirkonya restorasyonlara göre daha opak olması nedeniyle önceleri daha çok posterior bölgede tercih edildiği bildirilirken son yıllarda arttırılmış translusensi özelliği ve farklı estetik gereksinimleri karşılayabilecek renklendirme teknolojileri sayesinde kullanım alanları artmaktadır.<sup>8</sup> Kullanıma ilk sunulan renklendirilmemiş monolitik zirkonya blokların renklendirilme işlemi, sinterizasyon öncesinde renklendirici solüsyona daldırılarak (infiltrasyon) veya renklendirici solüsyonun fırça ile uygulanmasıyla gerçekleştirilmektedir.<sup>8</sup> Günümüzde, çeşitli üretici firmalar tarafından farklı renk seçeneklerine sahip olarak üretilen monolitik zirkonya blokların yanı sıra çok tabakalı veya renk geçişli monolitik zirkonya bloklar da kullanıma sunulmuştur.<sup>9</sup> Doğal görünümlü restorasyonlar elde edebilmek için renklendirilmiş blokların kullanımı ve sinterizasyon işlemi öncesi renklendirme teknikleri daha elverişli olsa da özellikle hedeflenen renge ulaşılamadığı durumlarda sinterleme sonrasında da zirkonya yüzeyine uygulanan renklendirme teknikleri bulunmaktadır.<sup>2</sup>

Sinterizasyon işlemi, malzemenin erime sıcaklığından daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilerek ısı olarak aktive edilen bir süreçtir. Bu işlemdeki asıl amaç daha

yoğun bir mikroyapı elde etmektir.<sup>1</sup> Özel olarak programlanmış fırınlarda gerçekleştirilen sinterizasyon işlemi sırasında, sıcaklık değişimlerine bağlı olarak materyalde %20-25 oranlarında sinterizasyon büzülmesi meydana gelmektedir. Bu büzülmenin karşılanabilmesi için restorasyonlar, bu oranda büyütülerek şekillendirilmekte ve ardından yüksek sıcaklıklarda sinterize edilmektedir.<sup>10</sup> Sinterizasyon yöntemleri; konvansiyonel, hızlı ve süper hızlı sinterizasyon şeklinde sınıflandırılabilmektedir. Konvansiyonel sinterleme yönteminde restorasyonların üretimi aşamasında uzun sinterleme süresinin gerekmesi, hastalar tarafından tercih edilen tek randevulu tedavilerin kullanımını zorlaştırmaktadır.<sup>11</sup> Bu problemin üstesinden gelmek amacıyla üretici firmalar tarafından daha kısa sürelerde sinterlemeye imkan sağlayan hızlı ve süper-hızlı sinterleme protokolleri uygulamaya sunulmuştur. En son geliştirilen süper-hızlı sinterleme protokolü, uygulama olarak diğerlerinden farklılık göstermektedir. Bu protokolde frezelenen restorasyonlar, daha önceden sinterleme son ısısına ulaşmış fırına yerleştirilerek 1580°C'de 10 dk süresinde sinterlenmektedir.<sup>4</sup> Dakikalar içinde tamamlanan hızlı sinterleme işlemlerinin yanı sıra monolitik zirkonya restorasyonların CAD/CAM sistemleri ile üretilmesi, bu restorasyonların tek seansta hastaya teslimini mümkün kılmakta ve klinik kullanımı arttırmaktadır.

Dental estetik yaklaşımda, doğal dişlerin translusensi özelliğinde ve rengine yeterli mekanik özelliklere sahip materyaller seçilerek diş ve çevre dokuların taklit edilmesi amaçlanmaktadır. Restorasyonların uzun dönem klinik başarısında estetik kadar renk stabilitesi de önemli bir kriterdir. Seramik materyalin üretim tekniği, materyalin tipi, kalınlığı, rezin simanın rengi ve polimerizasyon yöntemi materyalin renk stabilitesini etkileyen faktörler arasındadır.<sup>12</sup> Zaman içinde ısı, nem, yiyecek, içecek ve asidite gibi dış etkenlere maruz kalan restorasyonlarda gözlemlenen renk değişimi<sup>13</sup>, görsel olarak değerlendirilebildiği gibi renk ölçüm cihazları yardımı ile de değerlendirilebilir.<sup>14</sup> Renk ölçüm cihazlarıyla yapılan değerlendirme daha objektif, niceleyici, tekrarlanabilir ve hassas olduğu için bilimsel çalışmalarda renk ölçüm cihazları kullanılır. Renk ölçümlerinde kullanılan başlıca cihazlar, kolorimetreler, spektrometreler, spektrofotometreler ve dijital fotoğraf makineleridir.<sup>14</sup>

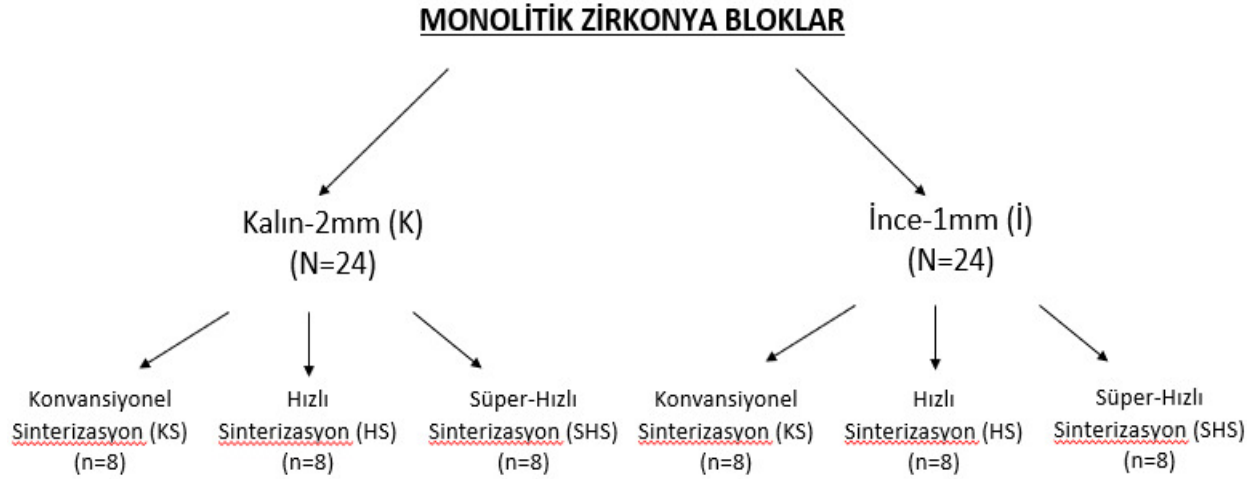
Günümüzde yaygın şekilde kullanılan monolitik zirkonya restorasyonların uzun dönem renk stabilitesi henüz tam olarak öngörülemezdir.<sup>15</sup> Bununla birlikte literatürde kalınlığın ve sinterizasyon yöntemlerinin monolitik zirkonyanın renk stabilitesi üzerine etkisini inceleyen kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı; farklı sinterizasyon yöntemlerinin ve materyal kalınlığının, monolitik zirkonyaların 1 hafta, 2 hafta, 3 hafta ve 4 hafta kahve solüsyonunda bekletildikten sonra elde edilen renk değişim değerleri üzerindeki etkilerinin incelenmesidir. Çalışmamızın hipotezleri şu şekildedir;

1. Farklı sinterizasyon yöntemlerinin monolitik zirkonyaların kahve solüsyonunda oluşan renk değişim değerleri üzerinde anlamlı etkisi yoktur.
2. Materyal kalınlığının monolitik zirkonyaların kahve solüsyonunda oluşan renk değişim değerleri üzerinde anlamlı etkisi yoktur.
3. Kahve solüsyonunda bekletme süresinin renk değişimi üzerinde etkisi yoktur.

## GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmamızda kendinden renkli (In Coris TZI C A2, Sirona, Bensheim, Almanya) (CZ) monolitik zirkonya bloklar, sinterizasyon sonrası 7 mm×7 mm×1 mm (İ) ve 7 mm×7 mm×2 mm (K) boyutlarında olacak şekilde su soğutmalı döner elmas disk (Metkon Micracut 151; Metkon Instruments, Bursa, Türkiye) ile kesildi (N=48). Sinterizasyon esnasında meydana gelebilecek büzülme miktarını karşılayabilmek için örnekler %20 oranında

büyük hazırlandı. Örnek yüzeyleri 60 sn süre boyunca sulu ortamda uygulanan 600, 800 ve 1200 gritlik zımparalar (Metlab Corp, Niagara Falls, Kanada) ile standardize edildikten sonra ultrasonik olarak temizlendi. Örneklerin kalınlıkları dijital mikrometre (Mitutoyo Corp, Tokyo, Japonya) ile kontrol edilmesinin ardından her iki kalınlık grubundaki örnekler; konvansiyonel sinterizasyon (KS), hızlı sinterizasyon (HS) ve süper-hızlı sinterizasyon (SHS) olmak üzere 3 alt gruba ayrıldı (n=8/alt grup) (Resim 1). Çalışma öncesinde referans makale<sup>16</sup> dikkate alınarak power analizi yapılmış olup % 95 güven aralığı için her bir alt grupta 8 örnek yer almasına karar verilmiştir. Örnekler, üretici firmanın önerileri doğrultusunda sinterizasyon fırınında (Sirona InFire HTC Speed, Sirona Dental, Bensheim, Almanya) sinterize edildi. Gruplara ait sinterizasyon sıcaklık ve süre değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Sinterizasyon işlemi tamamlanan örneklerin kalınlıkları dijital mikrometre (Mitutoyo Corp, Tokyo, Japonya) ile kontrol edildi.



**Resim 1.** Monolitik zirkonya blokların farklı kalınlık ve sinterizasyon yöntemlerine göre sınıflandırılması

**Tablo 1:** Gruplara ait sinterizasyon sıcaklığı ve süre değerleri

Hızlı Sinterizasyon	Dakikadaki Sıcaklık Değişim Değeri (°C/dk)	Ulaşılan Sıcaklık Değeri (°C)	Ulaşılan Sıcaklık Değerinde Bekleme Süresi (dk)
S1	99	800	5
S2	50	1510	30
S3	99	1100	0
S4	99	750	0
<b>Konvansiyonel Sinterizasyon</b>			
S1	30		0
S2	15		120
S3	25	200	0
<b>Süper-hızlı Sinterizasyon</b>	Belirtilmemiştir.	1510	10

Tüm örneklerin başlangıç renk değerleri, beyaz bir zemin üzerinde dental spektrofotometre (VITA Easyshade Advance; Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya ) ile CIELAB renk uzayında ölçüldü.<sup>12,17</sup> Renk değerlerinin ölçümü için Commission Internationale D' Eclairage (CIE) tarafından tanımlanan LAB renk uzayı kullanıldı. L\* açıklığı (yani siyahtan beyaza gri skalayı), a\* parametresi yeşilden (negatif) kırmızıya (pozitif) değişen renkliliği temsil ederken, b\* parametresi ise maviden (negatif) sarıya (pozitif) değişen renkliliği göstermektedir.<sup>12</sup> Spektrofotometre, üreticinin talimatlarına göre her numunenin ölçümünden önce kalibre edildi. Her numunenin ölçümü, hata payını azaltmak amacıyla üç kez tekrarlandı ve üç ölçümün ortalaması L\*, a\* ve b\* değerleri olarak kaydedildi.

İlk ölçümlerin ardından 2 gr kahve granülü (Nescafe Gold; Nestle, Vevey, İsviçre) 200 ml sıcak suda demlendi. Örnekler, dijital termometre ile ölçülen 37°C'de kahveye daldırıldı ve bir gün boyunca oda sıcaklığında tutuldu.<sup>18</sup> Her gün aynı kişi tarafından kahve solüsyonu yenilendi ve örnekler değiştirildi. Örneklerin 1 haftalık, 2 haftalık, 3 haftalık ve 4 haftalık (periyotlardaki renk değerleri, başlangıç ölçümlerinde kullanılan prosedür izlenerek dental spektrofotometre (VITA Easyshade Advance) ile tekrar ölçüldü. Başlangıç renk ölçümleri ile 1.hafta, 2. hafta, 3. Hafta ve 4 haftalık renk ölçümleri arasındaki renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerleri " $\Delta E = [(L1^* - L2^*)^2 + (a1^* - a2^*)^2 + (b1^* - b2^*)^2]^{1/2}$ ." formülü kullanılarak bilgisayar programında (MATLAB 2016a; The Mathworks, Natick, MA, USA) hesaplandı. L1\*, a1\* ve b1\* numunelerin başlangıç renk değerlerini temsil ederken, L2\*, a2\* ve b2\* kahvede bekletilme sonrası ölçümü temsil etmektedir. Elde edilen  $\Delta E$

değerleri 3,3'ün altındaysa renk değişikliği klinik olarak kabul edilebilir olarak kabul edilir.<sup>19,20</sup>

Elde edilen renk değişim değerlerin istatistiksel analizi IBM SPSS 26 (SPSS, Chicago, IL, USA) programında gerçekleştirildi (p=0.05). Tekrarlı ölçümlerde iki yönlü varyans analizi (repeated measures two-way ANOVA) kullanılarak tanımlayıcı analizler yapıldı. Ayrıca kalınlığın ve sinterizasyon yöntemlerinin kahve solüsyonunda bekletme süreleri üzerindeki ana etkileri ve etkileşimlerinin etkileri de yorumlandı. Benferroni düzeltmeli post-hoc testleri uygulandı. Farklı sinterizasyon yöntemlerine tabi tutulan farklı kalınlıklardaki örnekler arasındaki istatistiksel farklılığın değerlendirilmesi için ise tek yönlü ANOVA kullanıldı.

## BULGULAR

Sinterizasyon yöntemlerinin ve kalınlığın ana etkileri ve etkileşimlerine ilişkin 2-yönlü ANOVA sonuçları Tablo 2'de, zamanın ana etkileri ve etkileşimlerine ilişkin sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir.

Tekrarlı ölçümlerde iki yönlü varyans analizi (repeated measures two-way ANOVA) sonucuna göre; kahvede bekletme zamanının, sinterizasyon yöntemlerinin ve kalınlığın renk değişim değerleri üzerinde anlamlı etkisi bulunmuştur (p<0.05) (Tablo 2 ve 3). Ayrıca zaman\*sinterizasyon yöntemi, kalınlık\*sinterizasyon yöntemi ve zaman\*kalınlık yöntemi etkileşimlerinin  $\Delta E$  üzerinde anlamlı etkisi var iken (p<0.05), zaman\*kalınlık\*sinterizasyon yöntemi etkileşiminin anlamlı olmadığı gözlenmiştir (p>0.05) (Tablo 3).

**Tablo 2 :** Sinterizasyon yöntemlerinin ve kalınlığın ana etkileri ve etkileşimlerine ilişkin 2-yönlü ANOVA tablosu

Kaynak	Tip3 Kareler Toplamı	sd	Karelerin Ortalaması	F	P	Kısmi Eta Kare
Düzeltilmiş model	373,808	1	373,808	1422,269	,000	,971
Sinterizasyon	4,032	2	2,016	7,671	,001	,268
Kalınlık	12,654	1	12,654	48,148	,000	,534
Sinterizasyon *	2,318	2	1,159	4,410	018	,174
Kalınlık Hata	11,039	42	,263			

**Tablo 3:** Zamanın ana etkileri ve etkileşimlerine ilişkin 2-yönlü ANOVA tablosu

Kaynak	Tip3 Kareler Toplamı	sd	Karelerin Ortalaması	F	P	Kısmi Eta Kare
Zaman	8,131	2,401	3,386	17,312	,000	,202
Zaman* Sinterizasyon	6,211	4,802	1,293	6,613	,000	,239
Zaman* Kalınlık	1,339	2,401	,558	2,851	,053	,064
Zaman* Sinterizasyon *	,884	4,802	,184	,941	,455	,043
Kalınlık Hata	19,725	100,842	,196			



Tanımlayıcı istatistiksel analiz sonuçları doğrultusunda, farklı sinterizasyon yöntemleri ile sinterize edilmiş farklı kalınlıktaki monolitik zirkonya örnek gruplarının

ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4:** Grupların ortalama ve standart sapma değerleri. Aynı küçük harfler aynı sütunda istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını belirlerken aynı büyük harfler aynı sırada istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını ifade etmektedir.

		1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
1 mm	Konvansiyonel Sinterizasyon (KS)	1,41±0,52 (a, c, A)	1,58±0,43 (a, c, A)	2,47±0,74 (a, d, B)	2,52±0,41 (a, c, B)
	Hızlı Sinterizasyon (HS)	1,37±0,25 (a, d, A, B)	1,13±0,44 (a, e, A)	1,23±0,30 (b, f, A)	1,83±0,35 (a, c, B)
	Süper-hızlı Sinterizasyon (SHS)	1,38±0,37 (a, e, A)	1,49±0,31 (a, f, A)	1,47±0,30 (b, g, A)	1,90±0,57 (a, f, A)
2 mm	Konvansiyonel Sinterizasyon (KS)	0,84±0,27 (b, c, A)	0,85±0,34 (b, d, A)	1,41±0,54 (c, e, B)	1,64±0,61 (b, d, B)
	Hızlı Sinterizasyon (HS)	0,92±0,23 (b, d, A)	1,18±0,31 (b, e, A)	1,00±0,16 (c, f, A)	1,31±0,12 (b, e, B)
	Süper-hızlı Sinterizasyon (SHS)	1,12±0,54 (b, e, A)	1,27±0,36 (b, f, A)	0,99±0,42 (c, g, A)	1,08±0,68 (b, g, A)

Tek yönlü ANOVA'ya göre 4.haftadaki renk değişim değerleri, K-SH grubu hariç tüm gruplarda 1.haftaya kıyasla rakamsal olarak daha yüksek bulunmuştur. İ-KS, K-KS ve K-HS gruplarında istatistiksel açıdan fark var iken ( $p<0.05$ ), İ-HS, İ-SHS ve K-SHS gruplarında istatistiksel fark gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ).

İnce örnek grubunda her hafta ölçülen renk değişim değerleri; KS sinterizasyon yönteminde H ve SH sinterizasyon yöntemlerine göre rakamsal olarak daha yüksek olmakla birlikte sadece 3. hafta ölçümlerinde istatistiksel açıdan farklılık gözlenmiştir ( $p<0.05$ ). Kalın örnek grubunda her hafta ölçülen renk değişim değerlerinde ise KS, H ve SH sinterizasyon yöntemleri arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ).

İnce ve kalın örnek grupları karşılaştırıldığında, 2. haftada ölçümlenen H sinterizasyon yöntem değerleri hariç tüm haftalarda ve tüm gruplarda 1 mm olan ince grubundaki örneklerin, 2 mm olan kalın grubundaki örnekler göre rakamsal olarak daha yüksek renk değişim değerleri gösterdiği gözlenmiştir. KS sinterizasyon yönteminde, İ grubunda 2., 3. ve 4.haftalardaki renk değişim değerleri K grubuna göre istatistiksel açıdan anlamlı yüksek bulunurken ( $p<0.05$ ) H sinterizasyon grubunda kalınlık grupları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). SH sinterizasyon yönteminde ise sadece 4. hafta ölçümlerinde İ grubunda K grubuna göre istatistiksel açıdan daha fazla renk değişimi gözlenmiştir ( $p<0.05$ ).

## TARTIŞMA

Bu çalışmada, farklı kalınlıklarda hazırlanan monolitik zirkonya örneklerin farklı sinterizasyon yöntemleri ile sinterize edilmesinin ardından kahve içerisinde 1 hafta, 2 hafta, 3 hafta ve 4 hafta bekletilmesi sonucundaki renk değişimi incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde konvansiyonel sinterleme yönteminin renk stabilitesi, diğer sinterleme yöntemlerine göre daha düşük bulunmuştur. Bu nedenle çalışmanın 1. hipotezi

olan 'Farklı sinterizasyon yöntemlerinin monolitik zirkonyaların kahve solüsyonunda oluşan renk değişim değerleri üzerinde anlamlı etkisi yoktur.' hipotezi reddedilmiştir. KS ve SH sinterleme yöntemlerinde yapılan bazı haftalardaki ölçümlere göre, ince örnek gruplarının kalın örnek gruplarına göre daha fazla renk değişimine neden olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle çalışmanın 2. hipotezi olan 'Materyal kalınlığının monolitik zirkonyaların kahve solüsyonunda oluşan renk değişim değerleri üzerinde anlamlı etkisi yoktur.' hipotezi reddedilmiştir. Kahve içerisinde bekletme süresi arttıkça gözlenen renk değişim değerleri, tüm örnek gruplarında genellikle artış göstermiştir. Bu sebeple çalışmanın 3. hipotezi olan 'Kahve solüsyonunda bekletme süresinin renk değişimi üzerinde etkisi yoktur.' hipotezi de reddedilmiştir.

Stabil bir zirkonya elde etmek için sinterleme koşulları en önemli faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüksek sinterleme sıcaklıkları ve zamanı dental zirkonyanın faz kompozisyonunu, mikroyapısını ve mekanik özelliklerini etkileyebilmektedir.1 Sinterizasyon sıcaklığının materyalin yapısında meydana getirdiği değişiklikleri inceleyen bir çalışmada, zirkonyanın sinterleme sıcaklığını 1400 C'den 1500 C'ye yükseltilmesinin, daha fazla sıkıştırma, daha yüksek yoğunluk ve daha az gözeneklilik sağladığı bildirilmiştir.21 Yapılan bu çalışmada sinterlemenin, kılcal kuvvetler tarafından yönlendirilen atomik difüzyonla granüler bir malzemedeki parçacıklar arası gözenekleri ortadan kaldırdığı, sıcaklık yükseldikçe, partiküllerin birlikte sinterlenip, katı hal difüzyonu ile tane sınırlarındaki gözeneklerin küçüldüğü belirtilmiştir.21 Konvansiyonel, hızlı ve süper hızlı sinterleme protokollerinin 2 farklı monolitik zirkonyanın rengi ve yarı saydamlığı üzerindeki etkisinin incelendiği başka bir çalışmada, uzayan sinterleme süresinin gren sınırlarının ve aralarındaki gözeneklerin azalmasına yol açtığı bildirilmiştir.22 Sen ve ark.'ları da farklı monolitik zirkonya seramikler üzerinde yaptıkları çalışmada, sinterizasyon sıcaklığının artırılmasının gren boyutunda artışa ve gren sınırlarında azalmaya sebep olduğunu

bildirmişlerdir.<sup>23</sup> Çalışmamızda daha düşük sıcaklıkta daha uzun sinterleme süresine sahip konvansiyonel sinterleme yönteminin renk stabilitesinin, diğer yöntemlere göre daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Diğer çalışmalar referans alındığında çalışmamızdaki sonucun farklı sinterizasyon yöntemlerindeki farklı sıcaklık ve bu sıcaklığa ulaşma süresine bağlı oluşan gren farklılığından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Sinterleme protokollerinin monolitik zirkonyanın optik özellikleri üzerine etkilerini inceleyen çeşitli çalışmalarda, farklı sinterizasyon yöntemlerinin monolitik zirkonyanın renk değişimi üzerinde önemli ölçüde etkisi olduğu bildirilmiştir. Juntavee ve ark.nın yaptığı bir çalışmada<sup>24</sup>, Y-TZP seramikten hazırlanmış örnekler (VITA YZ HT color) farklı sıcaklıklarda (1350 °C, 1450 °C ve 1550 °C) ve farklı sinterizasyon sürelerinde (1, 2 ve 3 saat) sinterlenerek renk değişimi ve translusensi parametreleri değerlendirilmiştir. Çalışmada sinterleme sıcaklığının artırılması ve sinterleme süresinin uzatılması sonucu tanecik boyutunun arttığı ve sinterleme parametrelerindeki değişikliklerin renk değişimi, yarı saydamlık, kontrast ve opaklık gibi optik özellikleri önemli ölçüde etkilediği bildirilmiştir. Ayrıca sinterleme sonrası en fazla renk değişiminin, en az süre ve ısıda sinterlenen örneklerde gözlemlendiği belirtilmiştir.<sup>24</sup> Sinterleme protokolünün ve renklendirici solüsyona daldırma süresi farklılığının monolitik zirkonyanın optik özellikleri üzerindeki etkilerini inceleyen bir in vitro çalışmada ise monolitik zirkonya bloklar (In Coris TZI), farklı daldırma sürelerinde A2 renklendirici solüsyona daldırıldıktan sonra konvansiyonel, hızlı ve süper hızlı sinterizasyona tabi tutulmuşlardır. Çalışma sonucunda en fazla renk değişiminin, daldırma süresi en uzun olan ve süper hızlı sinterizasyona tabi tutulan örneklerde gözlemlendiği ve sinterleme protokolünün monolitik zirkonyanın renk değişimi üzerinde etkisi olduğu bildirilmiştir.<sup>16</sup> Çalışmamızda da benzer şekilde farklı sinterleme yöntemlerinin monolitik zirkonyanın renk değişimi üzerinde etkisi olduğu gözlenmesine rağmen en fazla renk değişimi diğer yöntemlere göre daha uzun sinterleme süresine sahip konvansiyonel sinterleme yönteminde gerçekleşmiştir. Çalışmamızda gözlenen bu farklılığın, sinterlenen örneklerin kahve solüsyonunda bekletildikten sonra renk değişim değerlerinin ölçülmesinden dolayı kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Seramik materyalinin renk stabilitesi üzerinde üretim tekniğinin, materyal tipinin, rezin simanın tonunun ve polimerizasyon yönteminin etkisi olduğu kadar materyal kalınlığının da etkili olduğu ifade edilmektedir.<sup>12</sup>

Çalışmamızda, materyal kalınlığının monolitik zirkonya örneklerin renk değişimi üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacıyla örnekler 1 mm ve 2 mm olmak üzere hazırlanmıştır. Kalınlığı 1 mm olan İ grubundaki tüm örneklerin renk değişim değerlerinin, kalınlığı 2 mm olan K grubundaki tüm örneklerin renk değişim değerlerine göre, 2. haftada ölçülen H sinterizasyon grubu hariç, rakamsal olarak daha yüksek olduğu görülmüştür. Aynı zamanda kalınlığı konvansiyonel sinterizasyon yönteminde, K grubuna göre İ grubunda gözlenen yüksek renk değişim değerlerinin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu bulunmuştur. Çalışmamızda gözlenen bu farklılığın, renklendirici kahve solüsyonunun ince olan örneklerde daha fazla nüfuz edebileceğinden dolayı oluştuğunu düşünmekteyiz. Farklı içeriklerde ve farklı kalınlıklardaki monolitik seramiklerin kahve solüsyonunda 5000 ısı döngüye tabi tutularak renklendirilmesinin değerlendirildiği bir in vitro çalışmada, materyal kalınlığının renklenme üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturmadığı sonucuna varılmıştır.<sup>25</sup> Çalışmamızda elde edilen sonucun farklı olmasının, uyguladığımız test yönteminin farklı olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bu nedenle kalınlığın renk değişimi üzerine etkisini inceleyen daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Farklı sinterizasyon yöntemlerinin ve kalınlığın mono-litik zirkonyanın renk stabilitesine etkisini inceleyen çalışmamızın kısıtlılıkları olarak, tek monolitik zirkonya materyali ile tek renklendirme solüsyonunun kullanılması sayılabilir. İlerleyen çalışmalarda monolitik zirkonya sistemleri ve renklendirici solüsyon çeşitleri artırılarak çeşitli termal siklus döngülerinin renk stabilitesi üzerine etkilerinin incelenmesi planlanmaktadır. Literatürde bu konuda daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

## SONUÇ

Çalışmanın kısıtlılıkları dahilinde elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; sinterleme protokolü ve kalınlık farklılığının monolitik zirkonyanın renk stabilitesi üzerinde önemli ölçüde etkisi bulunduğu gözlenmiştir. Kahvede bekleme süresi arttıkça konvansiyonel sinterleme yönteminin renk stabilitesi, diğer sinterleme yöntemlerine göre daha düşük bulunmuştur. Örnek kalınlığının azalması da konvansiyonel sinterleme yönteminde daha fazla renk değişimine neden olmuştur. Ayrıca elde edilen renk değişim değerlerinin 3,3'ün altında olması nedeniyle renk değişikliklerinin klinik olarak kabul edilebilir düzeyde olduğu gözlenmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Caner Ö. Sinterleme Parametrelerindeki Değişikliklerin Monolitik Transludent Zirkonya Özellikleri Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2017.
2. İnal, C. B.; Güngör, M. B.; Nemli, S. K. Zirkonya Restorasyonlarda Renklendirme. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi **2021**, 31, 662–668.
3. Al-Amleh, B.; Lyons, K.; Swain, M. Clinical Trials in Zirconia: A Systematic Review. *J Oral Rehabil* **2010**, 37, 641–652.
4. Coşkun, M. E.; Tuğut, F. İki Farklı Hızlı Sinterleme Protokolünün ve İki Farklı Yüzey İşleminin Çok-Katmanlı Monolitik Zirkonyanın Işık Geçirgenliği Üzerine Etkisi. *Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi* **2019**, 25, 301–309.
5. Nordahl, N.; Vult von Steyern, P.; Larsson, C. Fracture Strength of Ceramic Monolithic Crown Systems of Different Thickness. *J Oral Sci* **2015**, 57, 255–261.
6. Bindl, A.; Lüthy, H.; Mörmann, W. H. Strength and Fracture Pattern of Monolithic CAD/CAM-Generated Posterior Crowns. *Dental Materials* **2006**, 22, 29–36.
7. Papageorgiou-Kyran, A.; Kokoti, M.; Kontonasaki, E.; ve ark. Evaluation of Color Stability of Preshaded and Liquid-Shaded Monolithic Zirconia. *The Journal of Prosthetic Dentistry* **2018**, 119, 467–472.
8. Kim, H.-K.; Kim, S.-H. Optical Properties of Pre-Colored Dental Monolithic Zirconia Ceramics. *Journal of dentistry* **2016**, 55, 75–81.
9. Kolakarnprasert, N.; Kaizer, M. R.; Kim, D. K.; ve ark. New Multi-Layered Zirconias: Composition, Microstructure and Translucency. *Dental Materials* **2019**, 35, 797–806.
10. YerliYurt, K. Restoratif Diş Hekimliğinde Zirkonyum Uygulamaları. *Kocatepe Tıp Dergisi* **2014**, 15, 202–206.
11. Michailova, M.; Elsayed, A.; Fabel, G.; ve ark. Comparison between Novel Strength-Gradient and Color-Gradient Multilayered Zirconia Using Conventional and High-Speed Sintering. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* **2020**, 111, 103977.
12. Turgut, S.; Bagis, B. Colour Stability of Laminate Veneers: An in Vitro Study. *J Dent* **2011**, 39 Suppl 3, e57–64.
13. Pallesen, U.; Qvist, V. Composite Resin Fillings and Inlays. An 11-Year Evaluation. *Clinical Oral Investigations* **2003**, 7, 71–79.
14. Joiner, A. Tooth Colour: A Review of the Literature. *Journal of dentistry* **2004**, 32, 3–12.
15. Duymuş, Z. Y.; Öztürk, I.; Çağlar, İ.; ve ark. Farklı İçeceklerde Bekletilen Monolitik Zirkonyanın Renk Stabilitesinin İncelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* **2021**, 31, 228–233.
16. Yılmaz Savaş, T.; Akın, C. Effects of Sintering Protocol and Dipping Time on the Optical Properties of Monolithic Zirconia. *J Prosthet Dent* **2022**, 127, 801.e1-801.e8.
17. Çömlekoğlu, M. E.; Paken, G.; Tan, F.; ve ark. Evaluation of Different Thickness, Die Color, and Resin Cement Shade for Veneers of Multilayered CAD/CAM Blocks. *J Prosthodont* **2016**, 25, 563–569.
18. Tekçe, N.; Tuncer, S.; Demirci, M.; ve ark. The Effect of Different Drinks on the Color Stability of Different Restorative Materials after One Month. *Restor Dent Endod* **2015**, 40, 255–261.
19. Stawarczyk, B.; Ozcan, M.; Hallmann, L.; ve ark. The Effect of Zirconia Sintering Temperature on Flexural Strength, Grain Size, and Contrast Ratio. *Clin Oral Investig* **2013**, 17, 269–274.
20. Gawriolek, M.; Sikorska, E.; Ferreira, L. F. V.; ve ark. Color and Luminescence Stability of Selected Dental Materials in Vitro. *J Prosthodont* **2012**, 21, 112–122.
21. Jiang, L.; Liao, Y.; Wan, Q.; Li, W. Effects of Sintering Temperature and Particle Size on the Translucency of Zirconium Dioxide Dental Ceramic. *J Mater Sci: Mater Med* **2011**, 22, 2429–2435.
22. Salah, K.; Sherif, A. H.; Mandour, M. H.; Nossair, S. A. Optical Effect of Rapid Sintering Protocols on Different Types of Zirconia. *J Prosthet Dent* **2023**, 130, 253.e1-253.e7.
23. Sen, N.; Isler, S. Microstructural, Physical, and Optical Characterization of High-Translucency Zirconia Ceramics. *The Journal of Prosthetic Dentistry* **2020**, 123, 761–768.
24. Juntavee, N.; Attashu, S. Effect of Sintering Process on Color Parameters of Nano-Sized Ytria Partially Stabilized Tetragonal Monolithic Zirconia. *J Clin Exp Dent* **2018**, 10, e794–e804.
25. Subaşı, M. G.; Alp, G.; Johnston, W. M.; Yılmaz, B. Effect of Thickness on Optical Properties of Monolithic CAD-CAM Ceramics. *J Dent* **2018**, 71, 38–42.