

Ön Isıtma İşlemi Uygulanan Kompozit Rezinlerin Renk Stabilitesi ve Polimerizasyon Derinliği: *in vitro* Değerlendirme

Color Stability and Polymerization Depth of Preheated Composite Resins: *in vitro* Study

İpek ÇUBUKCU^a, Mustafa ÇADIRCI^a, Pınar GÜL^a

^aAtatürk Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi, Restoratif Dış Hekimliği AD, Erzurum, Türkiye

ÖZET Amaç: Bu çalışmada, farklı kalınlıklarda hazırlanan kompozit rezinlerin ön ısıtma sonrası renk stabilitesi ve polimerizasyon derinliğinin karşılaştırılması amaçlandı. **Gereç ve Yöntemler:** İki anterior (Clearfil Majesty Anterior, Geanial Anterior) ikisi posterior (Clearfil Majesty Posterior, Gaenial Posterior) dişlerde kullanılmak üzere üretilmiş toplam 4 kompozitin her birinden oda sıcaklığında (25°C) ve ön ısıtma işlemine tabi tutularak (60°C), 2 mm ve 3 mm olacak şekilde iki farklı kalınlıkta toplam 32 örnek (n=8) hazırlandı. 24 saat distile suda bekletilen örnekler başlangıç sertlik ve renk ölçümlerinin ardından kahve solüsyonu ile renklendirme prosedürüne maruz bırakıldı. Renklendirme prosedürü sonrası renk ölçümleri tekrarlandı. Elde edilen verilerin analizi Bağımsız örneklerde t-testi, üç yönlü varyans analizi ve Tukey "post hoc" testleri kullanılarak yapıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi p<0,05 olarak alındı. **Bulgular:** Polimerizasyon derinliği bulguları incelendiğinde, en yüksek değer 2 mm kalınlıkta hazırlanan Clearfil Majesty Posterior grubunda (0,92±0,35) elde edilirken, kalınlık artışı tüm gruplarda polimerizasyon derinliğinde azalmaya sebep olmuştur (p<0,05). Oda sıcaklığında hazırlanan G-aenial Posterior ve her iki sıcaklıkta hazırlanan Clearfil Majesty Esthetic gruplarında bu azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ön ısıtma işlemi G-aenial Posterior ve Clearfil Majesty Esthetic kompozitlerle hazırlanan 3 mm'lik örneklerin polimerizasyon derinliğini istatistiksel olarak anlamlı derecede artırmıştır (p<0,05). Renklenme bulgularına bakıldığında ise ön ısıtma işleminin G-aenial Anterior 2 mm-3 mm kompozit grupları ve Clearfil Majesty Esthetic 2 mm grubu haricî diğer gruplarda ΔE00 değerlerinde azalma sağlamadığı görülmüştür. **Sonuç:** Bu çalışmanın sınırları içerisinde ön ısıtma işleminin kullanılan anterior ve posterior kompozitlerde çoğunlukla polimerizasyon derinliğini artırdığı ancak örneklerin ΔE00 değerlerinde çoğunlukla anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı gözlemlenmiştir.

ABSTRACT Objective: In this study, it was aimed to compare the color stability and polymerization depth of composite resins prepared in different thicknesses after preheating. **Material and Methods:** In this study, a total of four composites were used, two designed for anterior teeth (Clearfill Majesty Anterior, Gaenial Anterior) and two for posterior teeth (Clearfill Majesty Posterior, Gaenial Posterior). From each composite, 32 samples were prepared in two different thicknesses (2 mm and 3 mm), under two conditions: at room temperature (25°C) and after preheating (60°C). After being stored in distilled water for 24 hours, the samples underwent initial hardness and color measurements, followed by a staining procedure with coffee solution. After the staining procedure, color measurements were repeated. The data were analyzed using independent samples t-test, three-way ANOVA, and Tukey post-hoc tests. The level of statistical significance was set at p<0.05. **Results:** When the polymerization depth findings were examined, the highest value was obtained in the Clearfil Majesty Posterior group (0.92±0.35), which was prepared with a thickness of 2 mm, and the increase in thickness caused a decrease in the polymerization depth in all groups (p<0.05). This decrease was statistically significant in the G-aenial Posterior group prepared at room temperature and the Clearfil Majesty Esthetic group prepared at both temperatures. The preheating process statistically significantly increased the polymerization depth of 3 mm samples prepared with G-aenial Posterior and Clearfil Majesty Esthetic composites (p<0.05). Considering the coloration findings, it was seen that the preheating process did not reduce the ΔE00 values in the groups except the G-aenial Anterior 2 mm-3 mm composite groups and the Clearfil Majesty Esthetic 2 mm group. **Conclusion:** Within the limits of this study, it was observed that the preheating process increased the polymerization depth in the anterior and posterior composites used but did not cause a significant difference in the ΔE00 values of the specimens.

Anahtar Kelimeler: Kompozit rezin; ön ısıtma; polimerizasyon derinliği; renklenme

Keywords: Composite resin; preheating; depth of polymerization; coloration

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN:

Çubukcu İ, Çadircı M, Gül P. Ön ısıtma işlemi uygulanan kompozit rezinlerin renk stabilitesi ve polimerizasyon derinliği: *in vitro* değerlendirme. Türkiye Klinikleri J Dental Sci. 2024;30(4):679-88.

Correspondence: İpek ÇUBUKCU

Atatürk Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi, Restoratif Dış Hekimliği AD, Erzurum, Türkiye

E-mail: ipek.cubukcu@icloud.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences.

Received: 29 Nov 2023

Received in revised form: 14 Aug 2024

Accepted: 21 Aug 2024

Available online: 26 Aug 2024

2146-8966 / Copyright © 2024 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Kompozit rezinler, günümüzde diş hekimliği uygulamalarında önemli bir yer edinmiştir. Kompozit rezinlerin, mine ve dentin ile etkili bir şekilde bağlanabilme yetenekleri, diş yapısına benzer renk ve mekanik özellikleri, klinik uygulamalarda sağladıkları kolaylık ve daha ekonomik maliyetleri nedeniyle diş hekimliğinde yaygın olarak tercih edilen malzemeler arasında yer almasını sağlamıştır.¹ Ancak kompozit materyalden kullanıldığı bölgeye göre farklı özellikler göstermesi beklenmektedir. Anterior dişlerde renk uyumu ve cilalanabilirliği artırmak amacıyla küçük doldurucular içeren kompozitler kullanılmaktadır. Posterior diş restorasyonlarında ise aşınma direncinin yüksek ve kırılma mukavemetinin düşük olması beklendiğinden, bu bölgelerde büyük doldurucular içeren kompozit materyaller tercih edilmektedir.²

Kompozit rezinlerin kullanımının başladığı dönemden bu yana ağız içindeki dayanıklılıklarını artırmak için birçok olumlu gelişme yaşanmış olsa da optik özelliklerinin hâlâ geliştirilmesi gerekmektedir.^{3,4} Renk stabilitesi, rezin bazlı kompozit restorasyonlar için önemli bir parametredir. Kompozit rezin restorasyonların her ne kadar renklenme direnci iyileştirilmiş olsa da bu materyallerin renklenmesi bu restorasyonların yenilenmesine sebep olmaktadır.⁵⁻⁷ Renk değişikliği, özellikle anterior dişlerde kompozit restorasyonun değiştirilmesinin başlıca nedenidir. Restorasyonun renk stabilitesi, dişlerin estetik görünümünü korumak ve hastanın beklentilerini karşılamak açısından son derece kritiktir.⁸ Renk değişikliği, kompozit rezinlerdeki birçok farklı etkenin sonucunda meydana gelebilir. Çoğunlukla kahve, çay, diğer içecekler ve klorheksidin gibi renkli solüsyonlar kompozit rezinlerin boyanmasından sorumludur. Bu solüsyonların neden olduğu renk değişiklikleri, kullanılan kompozit rezinin bileşimine ve özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterebilir.⁹ Materyalin matris yapısı, polimerizasyon derecesi, dolgu parçacıklarının miktarı, boyutu ve dağılımı gibi içsel özellikleri renklenmenin şiddetini belirler. Yetersiz polimerizasyon, dönüşmemiş bağların oranı malzemenin renk stabilitesinin azalmasına neden olmasının yanı sıra aynı zamanda solventlerin ağız ortamından polimerik ağa nüfuz etmesini kolaylaştırarak hasara yol açar.¹⁰

Kompozit rezinlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi için kullanılan ön ısıtma tek-

niği, kompozit rezinlerin kaviteye yerleştirmeden önce ısıtılmasıdır.¹⁰ Bu teknikte kompozit rezin kaviteye yerleştirilmeden önce 50-68 °C'ye kadar ısıtılır. Kompozitin bu ön ısıtma işlemi, moleküler hareketin artmasını, serbest monomerlerin azalmasını, daha yüksek polimerizasyon derecesinin sağlanmasını ve malzeme akışkanlığının artmasını sağlar. Yapılan çalışmaların bir kısmında ön ısıtma işleminin renk stabilitesine olumlu etkiler gösterdiği, diğer bir kısmında ise herhangi bir etki bulunmadığı bildirilmiştir.¹¹⁻¹³

Bu çalışmanın amacı, anterior ve posterior kompozit rezinlere ön ısıtma işlemi yapılması sonucunda rezinlerin polimerizasyon derinliği ve renk stabilitesinin rezinlerin kalınlığına bağlı olarak ne düzeyde değiştiğinin incelenmesidir.

Bu çalışmanın sıfır hipotezleri:

1. Farklı kalınlıktaki materyallere uygulanan ön ısıtma işlemi materyallerin polimerizasyon derinliğini etkilememektedir.
2. Farklı kalınlıktaki materyallere uygulanan ön ısıtma işlemi materyallerin renk stabilitesini etkilememektedir.
3. Ön ısıtma işlemi uygulamasının polimerizasyon derinliğine olan etkisi materyal tipine bağlı değildir.
4. Ön ısıtma işlemi uygulamasının renk stabilitesine olan etkisi materyal tipine bağlı değildir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmamız, Helsinki Deklerasyonu prensiplerine uygun olarak yapılmıştır. Bu çalışmada farklı içeriğe sahip anterior ve posterior grup olmak üzere 4 farklı kompozit rezin kullanıldı. Kullanılan materyallere ait bilgiler [Tablo 1](#)'de sunulmuştur.

GRUPLARIN OLUŞTURULMASI

Her bir kompozit rezinden, ön ısıtma işlemine tabii tutularak ve oda sıcaklığında muhafaza edilerek 2 farklı kalınlıkta (2 mm, 3 mm) 5 mm çapında toplam 32 adet örnek hazırlandı. Her kompozit rezin için aşağıdaki gibi 4 grup (n=8) oluşturuldu.

Grup 1: Oda sıcaklığında 2 mm kalınlığında,

Grup 2: Oda sıcaklığında 3 mm kalınlığında,

TABLO 1: Çalışmada kullanılan materyallere ait bilgiler.

Materyal	Tip	İçerik	Üretici	Lot No
Clearfil Majesty Esthetic	Nanohibrit kompozit rezin	BISGMA %15, silanize baryum cam doldurucu	Kuraray Co., Ltd, Osaka, Japonya	7A0191
Clearfil Majesty Posterior	Nanohibrit kompozit rezin	BISGMA <%3, TEGDMA <%3, silanize cam seramik	Kuraray Co., Ltd, Osaka, Japonya	6F0062
G-aenial Posterior	Mikrohibrit kompozit rezin	UDMA, DMA ko-monomer, önceden polimerize edilmiş silika doldurucu (16-17 µm), Silika/Stronsiyum ve lantanoid florid 77/65.	GC, Tokyo, Japonya	2207121
G-aenial Anterior	Mikrohibrit kompozit rezin	UDMA, dimetakrilat ko-monomer, önceden polimerize edilmiş silika ve stronsiyum florid içeren doldurucular %76	GC Corp, Tokyo, Japonya	2206231

BISGMA: Bisfenol A-glisidil metakrilat; TEGDMA: Trietilen glikol dimetakrilat; UDMA: Üretan dimetakrilat; DMA: Dimetilasetamid.

Grup 3: 60 °C ön ısıtma uygulanmış 2 mm kalınlığında,

Grup 4: 60 °C ön ısıtma uygulanmış 3 mm kalınlığında.

ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

Örnekler hazırlanırken 5x2 mm ve 5x3 mm ebatlarında silikon kalıplar kullanıldı. Grup 1 ve Grup 2'deki örneklerin hazırlanmasında oda sıcaklığında (25°C) siman camı üzerine şeffaf bant yerleştirilip kompozit rezin materyalleri ağız spatülü kullanılarak silikon kalıba taşındı, daha sonra kompozit rezinin üzerine tekrar şeffaf bant ve siman camı yerleştirildi. Bu sırada hafif baskı (15-20 N) uygulanarak fazlalık materyalin taşınması ve düzgün bir yüzey elde edilmesi sağlandı.¹⁴ Daha sonra örnekler polimerizasyon cihazı Curing Pen (Eighteenth, Changzhou, Çin) ile 1.000 mW/cm² ışık yoğunluğunda üst yüzeylerinden 20 sn süreyle polimerize edildi. Polimerizasyon işlemi için kullanılan ışıkla sertleştirme ünitesinin ışık yoğunluğu bir radyometre (Hilux UltraPlus Sertleştirme Üniteleri, Benlioğlu Dental, İstanbul, Türkiye) kullanılarak kontrol edildi. Hazırlanan örnekler Sof-lex (3M ESPE, St Paul, MN, ABD) kaba, orta, ince ve süper-ince diskler kullanılarak cilalandı. Her bir diskten sonra örnekler yıkanıp kurulandı ve diskler her kullanımdan sonra yenisiyle değiştirildi. Deneysel aşamalar için hazır hâle gelen tüm örnekler 37°C'de 24 saat distile suda bekletildi.

Grup 3 ve Grup 4'deki örneklerin hazırlanmasında ise kompozit tüpler, kalıplara yerleştirilmeden önce kompozit rezinlerin sıcaklığı Ease-It (Ronvig Dental Mfg. A/S, Daugaard, Danimarka) ısıtma cihazı kullanılarak 60 °C'ye ayarlandı ve ardından

örnek hazırlama işlemi diğer gruplardaki şekilde yapıldı. Kompozit örnek hazırlama işlemi esnasında rezinin ön ısıtma cihazından çıkarılmasından polimerize edilmesine kadar geçen sürenin 40 sn'yi aşmamasına dikkat edildi.¹⁵

RENK ÖLÇÜMÜ

Başlangıç renk ölçümleri bir spektrofotometre (Spectro Shade™ MICRO, MHT Optic Research AG, Milan, İtalya) kullanılarak yapıldı. Elde edilen spektral veriler, standart D65 aydınlatıcı ve 2° gözlemci açısı referans olarak kullanılarak yazılımla CIELAB koordinatlarına çevrildi. Her örneğin CIELAB koordinatları beyaz (L*=92,3, a*=1,4, b*=-5,6) arka plana karşı ölçüldü. Spektrofotometre numune yüzeylerini tamamen kapatacak şekilde konumlandırıldı ve ölçüm aynı mesafeden yapıldı.

Örneklerin renk koordinatları başlangıçta (T0) ve boyama işleminden sonra (T1) ölçüldü. Numune çiftlerinin CIEDE2000 renk farklılıkları (ΔE00), T0 ve T1 arasındaki formül izlenerek hesaplandı.¹⁶

$$\Delta E00=[(\Delta L'/KLSL)^2+(\Delta C'/KCSC)^2+(\Delta H'/KHS)2+RT(\Delta C'/KCSC)(\Delta H'/KHS)]1/2$$

burada ΔL', ΔC' ve ΔH', renk ölçümleri arasındaki parlaklık, kroma ve renk tonu farklılıkları olarak kabul edilir. KL, KC ve KH, bu çalışmada 1 olarak ayarlanan izleme koşulları ve aydınlatma koşullarının etkisi için kullanılan parametrik faktörlerdir. RT, mavi bölgedeki renk tonu ve kroma farklılıkları etkileşiminin fonksiyonudur. SL, SC ve SH, L*, a* ve b* koordinatlarının konum değişimini dikkate alan renk farkı ayarına yönelik ağırlıklandırma fonksiyonlarıdır.^{16,17}

Bu çalışmada, CIEDE2000 renk farkı formülünün parametrik faktörleri 1 olarak ayarlandı. Renk değişiklikleri %50:%50 algılanabilirlik ve %50:%50 kabul edilebilirlik eşikleri ile karşılaştırılarak değerlendirildi. CIEDE2000 için algılanabilirlik eşiği $\Delta E00 > 0,8$ birim, klinik kabul edilebilirlik eşiği ise $\Delta E00 \leq 1,8$ birim olarak belirlendi.^{18,19}

RENKLENDİRME İŞLEMİ

İlk renk ölçümlerinin ardından örnekler renklenme prosedürüne tabii tutuldu. Örnekler oda sıcaklığında 24 saat boyunca kahve (Nescafe 3'ü 1 arada, Bursa, Türkiye, 24 g kahve tozu 100 mL kaynar suda eritildi) ile renklendirme prosedürüne maruz bırakıldı.^{20,21} Renklendirme işlemi sırasında numuneler, işaretli üst yüzey yukarı bakacak şekilde düz tabanlı bir kapta düzenlendi. Numuneler sıvı içinde yüzmüyor, kap altında sıra hâlinde tutuluyordu. Daha sonra solüsyondan çıkarılan örnekler deiyonize su ile yıkandı ve kurutuldu. Tüm örneklerin renk ölçümleri renklendirme sürecinden sonra tekrarlandı.

POLİMERİZASYON DERİNLİĞİNİN ÖLÇÜMÜ

Örneklerin renk stabilitesinin yanı sıra ön ısıtma işleminin polimerizasyon derinliği üzerine olan etkisi de incelendi. Vickers mikro sertliği [vickers microhardness (VHN)], 10 sn boyunca 50 g forceluk bir yük uygulayan bir mikrosertlik test cihazı (MVK-H1, Akashi Co, Tokyo, Japonya) kullanılarak ölçüldü.²²⁻²⁴

Dikey ve yatay VHN okumalarının ortalaması, girinti başına bir okumaya sahip olacak şekilde hesaplandı. Yüzey başına girintilerin toplamının ortalaması, hem alt hem de üst yüzey sertliği için temsili bir okumaya sahip olacak şekilde hesaplandı. Üstte ölçülen değerler %100 olarak kabul edildi ve 2 ve 3 mm mesafede ölçülen değerler değerinin yüzdesi olarak ifade edildi ve şu denklemden elde edildi: $\%VHN = \frac{\text{alt VHN}}{\text{üst VHN}} \times 100$. VHN değerleri elde edildikten sonra polimerizasyon derinliği %80 referansı ile değerlendirilmiştir, bu da alt yüzeylerin yeterli derecede polimerize edildiğini göstermektedir.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Elde edilen veriler SPSS 20 (IBM, Chicago, IL, ABD) istatistik paket programı kullanılarak analiz

edildi. Öncelikle verilerin dağılımı ve varyansların homojenliği Kolmogorov-Smirnov ve Levene testleri kullanılarak analiz edildi. Elde edilen verilerin karşılaştırılmasında Üç yönlü varyans analizi ve Tukey "post hoc" testleri kullanıldı. Her bir kompozit rezin için kalınlık ve ısıtma değerlerinin karşılaştırılmasında Bağımsız örneklerde t-testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak alındı.

BULGULAR

POLİMERİZASYON DERİNLİĞİ İLE İLGİLİ BULGULAR

Çalışmada elde edilen polimerizasyon derinliği değerlerinin karşılaştırılması için yapılan 3 yönlü varyans analizi bulguları **Tablo 2**'de verilmiştir. Gruplar arası etkileşimler açısından sadece kompozit, kalınlık ve kompozit*ısıtma gruplarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar mevcuttur ($p < 0,05$). Her bir kompozit rezinin kalınlıkları açısından karşılaştırılmasında kullanılan bağımsız örneklerde t-testi sonucunda sadece G-aenial Posterior (GC Corp., Tokyo, Japonya) ön ısıtma uygulanmayan grupta ve Clearfil Majesty Esthetic (Kuraray Medical Inc., Tokyo, Japonya) kompozitlerde her iki ısıtma grubunda da anlamlı farklılıklar elde edilmiştir ($p < 0,05$). Genel olarak kalınlık arttıkça polimerizasyon derinliği değerlerinde azalma görülmüştür (**Tablo 3**).

Her bir kompozit rezinin farklı kalınlıklarda ısıtma grupları açısından karşılaştırılmasında kullanılan bağımsız örneklerde t-testi sonucunda sadece 3 mm kalınlıktaki G-aenial Posterior ve Clearfil Majesty Esthetic kompozitlerde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$). Gruplarda ön ısıtma işlemi uygulandığında çoğunlukla polimerizasyon derinliği değerlerinde artış olmuştur.

Kompozit rezinler arasındaki polimerizasyon derinliği değerleri açısından elde edilen bulgu ve istatistiksel sonuçlar **Şekil 1**'de verilmiştir. Her bir kalınlık ve ısıtma grupları için analizler ayrı ayrı yapılmış ve 3 mm kalınlıkta ve ön ısıtma uygulanan grup dışında genel olarak posterior grup kompozit rezinlerden elde edilen polimerizasyon derinliği değerlerinin anterior gruplardan istatistiksel olarak anlamlı ölçüde yüksek olduğu ancak posterior kompozitlerin kendi aralarında anlamlı farklılık bulunmadığı tespit edildi ($p > 0,05$). 3 mm kalınlıkta ve ön ısıtma uygu-

TABLO 2: Polimerizasyon derinliği değerleri için elde edilen 3 yönlü varyans analizi bulguları.

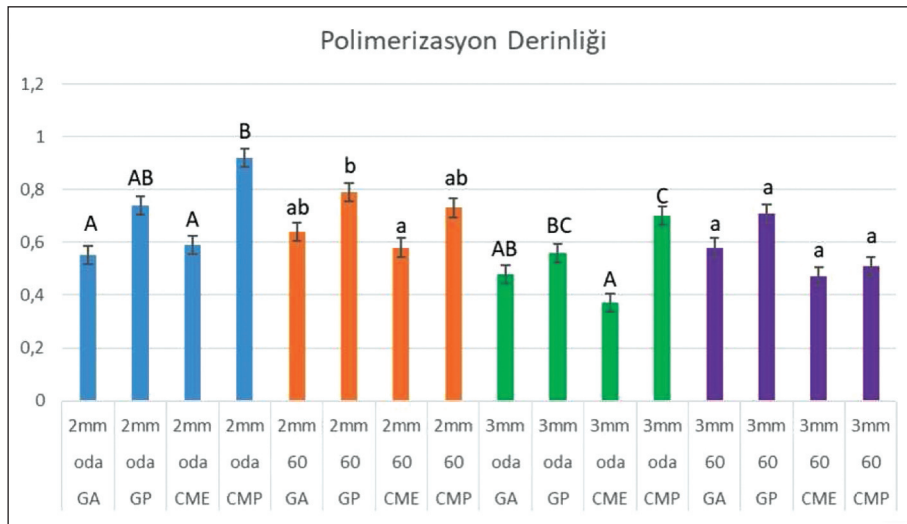
Kaynak	KT	sd	KO	F	p değeri
Kompozit	1,046	3	0,349	13,806	<0,001*
Kalınlık	0,673	1	0,673	26,642	<0,001*
Isıtma	0,003	1	0,003	0,111	0,739
Kompozit*Kalınlık	0,098	3	0,033	1,293	0,281
Kompozit*Isıtma	0,450	3	0,150	5,935	0,001*
Kalınlık*Isıtma	0,022	1	0,22	0,852	0,358
Kompozit*Kalınlık*Isıtma	0,020	3	0,007	0,264	0,852

KT: Karelere toplamı; sd: Serbestlik derecesi; KO: Karelerin ortalaması; Fisher-Snedecor (F) dağılımı, *p<0,05 istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etmektedir.

TABLO 3: Gruplara ait ortalama polimerizasyon derinliği değerleri ve istatistiksel karşılaştırma sonuçları.

Materyaller	Isıtma	2 mm	3 mm	p değeri
G-aenial Anterior	Oda sıcaklığı	0,55±0,09	0,48±0,13	0,247
	60 °C	0,64±0,13	0,58±0,15	0,407
p değeri		0,147	0,200	
G-aenial Posterior	Oda sıcaklığı	0,74±0,13	0,56±0,07	0,006*
	60 °C	0,79±0,12	0,71±0,16	0,246
p değeri		0,455	0,040*	
Clearfil Majesty Esthetic	Oda sıcaklığı	0,59±0,14	0,37±0,08	0,001*
	60 °C	0,58±0,08	0,47±0,05	0,004*
p değeri		0,858	0,011*	
Clearfil Majesty Posterior	Oda sıcaklığı	0,92±0,35	0,70±0,17	0,143
	60 °C	0,73±0,14	0,51±0,27	0,063
p değeri		0,176	0,105	

*p<0,05 istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etmektedir.



ŞEKİL 1: Polimerizasyon derinliği değerleri açısından materyaller arasındaki istatistiksel karşılaştırma sonuçları. 2 ve 3 mm için ayrı ayrı yapılan karşılaştırmada büyük harfler ön ısıtma uygulanmayan, küçük harfler ise 60 derece ön ısıtma uygulanan materyallerin karşılaştırmasını göstermektedir. Farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir.

GA: G-aenial Anterior; GP: G-aenial Posterior; CME: Clearfil Majesty Esthetic; CMP: Clearfil Majesty Posterior.

lanan grupta ise kompozitler arasında anlamlı farklılık bulunamadı ($p>0,05$). Anterior grup kompozit rezinlerde ise çoğunlukla G-aenial Anterior kompozitte daha yüksek polimerizasyon derinliği değerleri elde edilse de gruplar arasında anlamlı farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

RENK İLE İLGİLİ BULGULAR

Çalışmada elde edilen DE00 değerlerinin karşılaştırılması için yapılan 3 yönlü varyans analizi bulguları Tablo 4’de verilmiştir. Gruplar arası etkileşimler açısından sadece kompozit, kalınlık ve kompozit*ısıtma gruplarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar mevcuttur ($p<0,05$). Her bir kompozit rezinin kalınlıkları açısından karşılaştırılmasında kullanılan bağımsız örneklerde t-testi sonucunda sadece ön ısıtma uygulanmayan Clearfil Majesty Esthetic örnekleri dışında diğer gruplarda anlamlı farklılık bulunamamış-

tır ($p>0,05$). Genel olarak anlamlı farklılık bulunmasa da kalınlık arttıkça DE00 değerinde azalma kaydedilmiştir. Ek olarak tüm gruplarda DE00 değeri klinik olarak kabul edilebilir limitin üzerinde bulunmuştur (Tablo 5).

Her bir kompozit rezinin farklı kalınlıklarda ısıtma grupları açısından karşılaştırılmasında kullanılan bağımsız örneklerde t-testi sonucunda 2 mm kalınlıktaki G-aenial Anterior ve Posterior kompozit grupları dışında diğer tüm gruplarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunamamıştır ($p>0,05$). Çoğunlukla ön ısıtma işlemine tabi tutulan gruplarda elde edilen DE00 değerlerinde artış görülmüştür (Tablo 5).

Kompozit rezinler arasındaki DE00 değerleri açısından elde edilen bulgu ve istatistiksel sonuçlar Şekil 2’de verilmiştir. Her bir kalınlık ve ısıtma grup-

TABLO 4: $\Delta E00$ değerleri için elde edilen 3 yönlü varyans analizi bulguları.

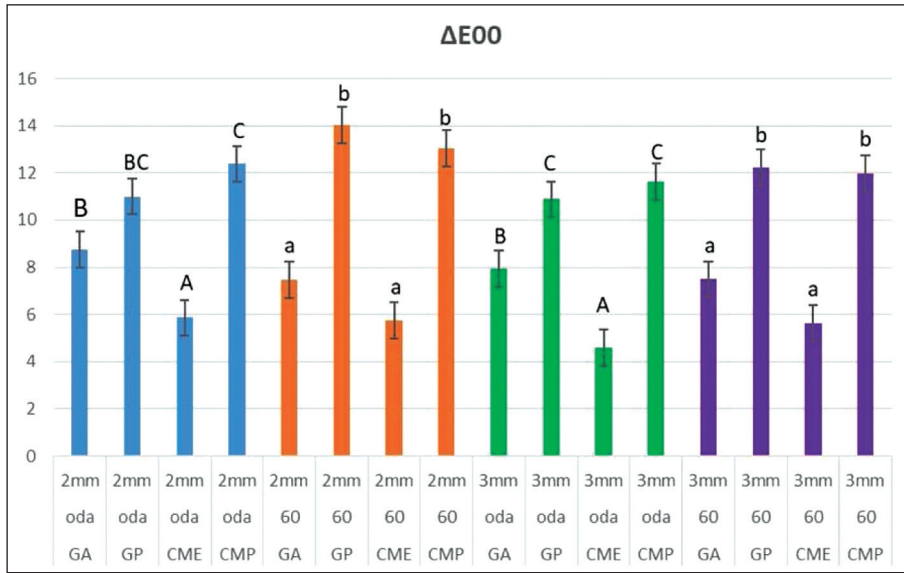
Kaynak	KT	sd	KO	F	p değeri
Kompozit	1048,881	3	349,627	84,904	<0,001*
Kalınlık	17,464	1	17,464	4,241	0,042*
Isıtma	10,420	1	10,420	2,530	0,114
Kompozit*Kalınlık	1,670	3	0,557	0,135	0,939
Kompozit*Isıtma	37,384	3	12,461	3,026	0,033*
Kalınlık*Isıtma	0,001	1	0,001	0,000	0,988
Kompozit*Kalınlık*Isıtma	9,870	3	3,290	0,799	0,497

KT: Kareler toplamı; sd: Serbestlik derecesi; KO: Karelerin ortalaması, F: F dağılımı * $p<0,05$ istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etmektedir.

TABLO 5: Gruplara ait ortalama $\Delta E00$ değerleri ve istatistiksel karşılaştırma sonuçları.

Materyaller	Isıtma	2 mm	3 mm	p değeri
G-aenial Anterior	Oda sıcaklığı	8,74±1,40	7,95±1,24	0,249
	60 °C	7,47±0,63	7,49±0,54	0,937
	p	0,034*	0,368	
G-aenial Posterior	Oda sıcaklığı	11,00±3,35	10,88±1,74	0,928
	60 °C	14,03±2,91	12,22±2,80	0,225
	p	0,074*	0,269	
Clearfil Majesty Esthetic	Oda sıcaklığı	5,86±0,84	4,59±0,38	0,003*
	60 °C	5,75±0,94	5,63±1,55	0,856
	p	0,817	0,104	
Clearfil Majesty Posterior	Oda sıcaklığı	12,38±1,85	11,63±3,23	0,577
	60 °C	13,03±2,42	11,96±2,70	0,417
	p	0,554	0,826	

* $p<0,05$ istatistiksel olarak anlamlı.



ŞEKİL 2: ΔE00 değerleri açısından materyaller arasındaki istatistiksel karşılaştırma sonuçları. 2 ve 3 mm için ayrı ayrı yapılan karşılaştırmada büyük harfler ön ısıtma uygulanmayan, küçük harfler ise 60 derece ön ısıtma uygulanan materyallerin karşılaştırmasını göstermektedir. Farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir.

GA: G-aenial Anterior; GP: G-aenial Posterior; CME: Clearfil Majesty Esthetic; CMP: Clearfil Majesty Posterior.

ları için analizler ayrı ayrı yapılmış ve genel olarak posterior grup kompozit rezinlerden elde edilen DE00 değerlerinin anterior gruplardan istatistiksel olarak anlamlı ölçüde yüksek olduğu ancak posterior kompozitlerin kendi aralarında anlamlı farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Anterior grup kompozit rezinlerde ise tüm gruplarda Clearfil Majesty Esthetic gruplarında elde edilen DE00 değerleri daha düşük bulunmuş ancak bu fark sadece ön ısıtma uygulanmayan gruplarda anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

TARTIŞMA

Ön ısıtma işleminin farklı kalınlıklardaki örneklerin polimerizasyon derinliğine ve renklenme direncine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen bulgulara göre “Ön ısıtma işleminin materyallerin polimerizasyon derinliğini etkilemeyeceği”ne dair 1. hipotez, G-aenial Posterior kompozitin 3 mm hazırlanan örneklerinde ön ısıtmanın istatistiksel olarak anlamlı artışa sebep olması sebebiyle reddedilmiştir. “Materyallere uygulanan ön ısıtma işleminin renk stabilitesini etkilemeyeceği”ne dair 2. hipotez G-aenial Anterior 2 mm grubunun renk stabilitesinin istatistiksel olarak anlamlı artış, G-aenial Posterior 2

mm grubunda ise anlamlı olarak azalmaya sebep olması sebebiyle reddedilmiştir. Ön ısıtma işleminin polimerizasyon derinliğine ve renk stabilitesine olan etkisi açısından materyaller arasında anlamlı farklılıklar bulunduğundan 3 ve 4. hipotezler de reddedilmiştir.

Ön ısıtma işleminde yüksek sıcaklık ile malzemenin viskozitesi azalır, reaktif olmayan gruplar ile serbest radikaller arasındaki çarpışma sıklığı ve radikal hareketliliği artar. Bu durum, ek polimerizasyonu ve daha yüksek bir dönüşüm derecesini destekler.^{25,26} Yapılan daha önceki bir çalışmada, araştırmacılar polimerizasyon süresini %25-50 oranında azaltarak ve sıcaklığı artırarak oda sıcaklığında hazırlanan bir rezin kompozitle karşılaştırılabilir dönüşüm oranları elde edebilmişlerdir.²⁷ Mevcut çalışmada 3 mm kalınlığındaki örnekler, ön ısıtma işlemine tabii tutularak oda sıcaklığında hazırlanan 2 mm kalınlığındaki örneklerin elde ettiği polimerizasyon derinliğine ne kadar yaklaşabileceğini test etmek amacıyla hazırlanmıştır. Polimerizasyon derinliği sonuçlarına göre kalınlık arttıkça polimerizasyon derinliği değerlerinde azalma görülmüştür. Ek olarak uygulanan ön ısıtma işlemi kompozit rezinlerin polimerizasyon derinliği değerlerinde çoğunlukla artışa sebep ol-

muştur. Lempel ve ark. yaptıkları çalışmada, fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin dönüşüm derecesini artırmak için ön ısıtma işleminin, uzatılmış polimerizasyon süresinden daha yüksek bir oranda etkili olduğunu bulmuşlardır.²⁸

Renk stabilitesinin, etkili bir polimerizasyon ve yüksek derecede polimer dönüşümden olumlu etkileceği düşünülmüştür.²⁹ Çünkü polimerik zincirde bulunan artık monomer, solventlerin ağız ortamından polimerik ortama nüfuz etmeyi kolaylaştırabilir ve kolorimetrik bozunma ürünlerinin oluşumuna yol açabilir. Böylece yeni oluşan zincirin hidrolitik bozunmasını teşvik edebilir.³⁰ Schneider ve ark. yaptıkları çalışmada, ön ısıtma işlemi uygulanmış kompozitlerin L* ve b* değerlerindeki değişikliğin az olmasını materyalin düşük çözünürlük göstermesine ve az su emmesine bağlamış, yine de bu bulgunun tüm materyaller için kanıt yetersizliğinden geçerli olamayacağını vurgulamışlardır.³¹ Bu çalışmada, ön ısıtma işleminin polimerizasyon derinliğini artırmasına rağmen renk stabilitesinde belirgin bir iyileşme sağlamadığını göstermiştir. Kalınlık arttıkça DE00 değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak çoğunlukla anlamlı bulunamamıştır (p>0,05). Ön ısıtma işlemi uygulandığında da benzer bir durum gözlenmektedir. Gugelmin ve ark. çalışmamızın sonuçlarına benzer şekilde, rezin simanlara uygulanan ön ısıtma işleminin sıcaklığında kullanılan malzemelerle karşılaştırıldığında, kullanılan kompozit reçinelerin renk stabilitesini etkilemediği sonucuna varmışlardır.³² Mundim ve ark., bu çalışmanın bulgularıyla uyumlu bir şekilde, kompozitin 60 °C'ye önceden ısıtılmasının polimer dönüşüm derecesini artırdığını ancak renk değişimini iyileştirmediğini göstermişlerdir.¹³ Çalışmamızda elde edilen bulgulara göre G-aenial Posterior kompozit grubundaki 2 mm kalınlığındaki örnekler uygulanan ön ısıtmanın anlamlı derecede daha fazla renklendirme meydana getirdiği bulunmuştur. Benzer bir eğilim 3 mm kalınlığındaki örneklerde de görülmüş, ancak istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır. Darabi ve ark. bulgularımıza benzer şekilde, ön ısıtma uygulanan kompozitlerin renk değişiminin oda sıcaklığında hazırlananlardan daha fazla olduğunu bulmuş, ancak bu farkın anlamlı olmadığını bildirmişlerdir.³³ Gruplar içerisinde en düşük DE00 değeri Majesty Esthetic grubuna aittir. Nanohibrit yapıdaki bu anterior kompo-

zitin kıyaslandığı mikrohibrit kompozite göre daha az renklenmesinin sebebinin muhtemelen partikül boyutu ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Daha büyük doldurucu partikül içeren rezin kompozitler, daha küçük doldurucu partikül içerenlere göre renk bozulmasına daha duyarlı olabilmektedir. Ayrıca kıyaslanan diğer materyal G-aenial'in, yapısındaki inorganik dolgu maddesi ve silisyum-oksit sebebiyle yüksek gözenekliliğe ve daha fazla renk bozulmasına neden olduğu gösterilmiştir.^{34,35}

SONUÇ

Bu çalışmanın limitasyonları, sınırlı sayıda kompozit rezin incelenmiş olması ve kompozit rezinlerin ağız içerisinde maruz kaldığı termal, mekanik ve kimyasal etkilerin in vitro çalışılması nedeniyle örnekler tam olarak yansıtamamış olmasıdır. Ek olarak polimerizasyon derinliği ölçümünde fourier dönüşümlü kızılötesi ya da raman spektroskopisi gibi çift bağ dönüşüm yüzdesinin hesaplanabildiği yöntemlerin kullanılmamış olmasıdır.

Sonuç olarak, bu çalışmanın limitleri içerisinde ön ısıtma işleminin kullanılan anterior ve posterior kompozitlerde, polimerizasyon derinliğini artırdığı, ancak renk stabilitesi üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Ancak ön ısıtma işleminin kompozit rezinlerin polimerizasyon derinliği ve renklenme direncine etkilerini daha kapsamlı bir şekilde incelemek için farklı kompozit türlerinin (bulk-fill, akışkan, indirekt vb.) dâhil edildiği; dinamik yaşlandırma, polisaj ve polimerizasyon süreçlerinin değiştirildiği deneylerin yapılması faydalı olacaktır.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Pınar Gül, İpek Çubukcu; **Tasarım:** İpek Çubukcu, Mustafa Çadircı; **Denetleme/Danışmanlık:** İpek Çubukcu, Mustafa Çadircı, Pınar Gül; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** İpek Çubukcu, Mustafa Çadircı; **Analiz ve/veya Yorum:** İpek Çubukcu,

Pınar Gül; **Kaynak Taraması:** İpek Çubukcu, Mustafa Çadircı; **Makalenin Yazımı:** İpek Çubukcu, Mustafa Çadircı, Pınar Gül; **Eleştirel İnceleme:** İpek Çubukcu, Mustafa Çadircı; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** İpek Çubukcu, Mustafa Çadircı, Pınar Gül; **Malzemeler:** İpek Çubukcu, Pınar Gül.

KAYNAKLAR

- Bolat M, Stoleriu S, Vasilache V, Iovan G, Pancu G, Sandu AV, et al. Comparative study of color stability of three composite materials, treated by finishing and coated sealing, after immersion in different wholesale. Rev. Chim. 2019;70(5):1681-4. [Crossref]
- Gajapriya M, Somasundaram J, Geetha RV. Fillers in composite resins-recent advances. Eur J Mol Clin Med. 2020;7(1). [Link]
- Vichi A, Fraioli A, Davidson CL, Ferrari M. Influence of thickness on color in multi-layering technique. Dent Mater. 2007;23(12):1584-9. [Crossref] [PubMed]
- Lee YK. Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. Dent Mater. 2008;24(9):1243-7. [Crossref]
- Burke FJ, Lucarotti PS. How long do direct restorations placed within the general dental services in England and Wales survive? Br Dent J. 2009;206(1):E2; discussion 26-7. [Crossref] [PubMed]
- Dietschi D, Shahidi C, Krejci I. Clinical performance of direct anterior composite restorations: a systematic literature review and critical appraisal. Int J Esthet Dent. 2019;14(3):252-70. [PubMed]
- Ren YF, Feng L, Serban D, Malmstrom HS. Effects of common beverage colorants on color stability of dental composite resins: the utility of a thermocycling stain challenge model in vitro. J Dent. 2012;40 Suppl 1:e48-56. [Crossref] [PubMed]
- Assaf C, Abou Samra P, Nahas P. Discoloration of resin composites induced by coffee and tomato sauce and subjected to surface polishing: an in vitro study. Med Sci Monit Basic Res. 2020;26:e923279. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Shamszadeh S, Sheikh-Al-Eslamian SM, Hasani E, Abrandabadi AN, Panahandeh N. Color Stability of the Bulk-Fill Composite Resins with Different Thickness in Response to Coffee/Water Immersion. Int J Dent. 2016;2016:7186140. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Hordones Ribeiro MT, Felipe de Bragança G, Sales Oliveira LR, Lourenço Braga SS, Quirino de Oliveira HL, Price RB, et al. Effect of pre-heating methods and devices on the mechanical properties, post-gel shrinkage, and shrinkage stress of bulk-fill materials. J Mech Behav Biomed Mater. 2023;138:105605. [Crossref] [PubMed]
- Borges BCD, da Costa ES, Sousa SEP, Arrais AB, de Assunção IV, Santos AJS. Preheating impact on the colour change of pit-and-fissure sealants after immersion in staining beverages. Int J Dent Sci Res. 2015;2(2-3):64-8. [Crossref]
- Sousa SEP, da Costa ES, Borges BCD, de Assunção IV, dos Santos,AJS. Staining resistance of preheated flowable composites to drinking pigmented beverages. Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac. 2015;56(4):221-5. [Crossref]
- Mundim FM, Garcia Lda F, Cruvinel DR, Lima FA, Bachmann L, Pires-de-Souza Fde C. Color stability, opacity and degree of conversion of pre-heated composites. J Dent. 2011;39 Suppl 1:e25-9. [Crossref] [PubMed]
- Bretz KJ, Jobbágy Á, Bretz K. Force measurement of hand and fingers. Bio-mechanica Hungarica. 2010;3(1):61-6. [Crossref]
- Tauböck TT, Tarle Z, Marovic D, Attin T. Pre-heating of high-viscosity bulk-fill resin composites: effects on shrinkage force and monomer conversion. J Dent. 2015;43(11):1358-64. [Crossref] [PubMed]
- CIE Central Bureau (2001) CIE technical report: Improvement to industrial color difference equation-technical report CIE 142-2001 Central Bureau Vienna Austria. [Erişim tarihi: 20 Mayıs 2023]. Erişim linki: [Link]
- Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. J Dent. 2010;38 Suppl 2:e57-64. [Crossref] [PubMed]
- Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. J Esthet Restor Dent. 2015;27 Suppl 1:S1-9. [Crossref] [PubMed]
- Tinastepe N, Malkondu O, Iscan I, Kazazoglu E. Effect of home and over the contour bleaching on stainability of CAD/CAM esthetic restorative materials. J Esthet Restor Dent. 2021;33(2):303-13. Erratum in: J Esthet Restor Dent. 2022;34(3):577. [Crossref] [PubMed]
- Torres CR, Perote LC, Gutierrez NC, Pucci CR, Borges AB. Efficacy of mouth rinses and toothpaste on tooth whitening. Oper Dent. 2013;38(1):57-62. [Crossref] [PubMed]
- Yılmaz MN, Gul P, Unal M, Turgut G. Effects of whitening toothpastes on the esthetic properties and surface roughness of a composite resin. J Oral Sci. 2021;63(4):320-5. [Crossref] [PubMed]
- AlQahtani MQ, Michaud PL, Sullivan B, Labrie D, AlShaafi MM, Price RB. Effect of High Irradiance on Depth of Cure of a Conventional and a Bulk Fill Resin-based Composite. Oper Dent. 2015;40(6):662-72. [Crossref] [PubMed]
- Gul P, Alp HH, Özcan M. Monomer release from bulk-fill composite resins in different curing protocols. J Oral Sci. 2020;62(3):288-92. [Crossref] [PubMed]
- Jang JH, Park SH, Hwang IN. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resin composites and highly filled flowable resin. Oper Dent. 2015;40(2):172-80. [Crossref] [PubMed]
- Borges BC, Barreto AS, Gomes CL, Silva TR, Alves-Júnior C, Pinheiro IV, et al. Preheating of resin-based flowable materials in a microwave device: a promising approach to increasing hardness and softening resistance under cariogenic challenge. Eur J Esthet Dent. 2013;8(4):558-68. [PubMed]
- Deb S, Di Silvio L, Mackler HE, Millar BJ. Pre-warming of dental composites. Dent Mater. 2011;27(4):e51-9. [Crossref] [PubMed]
- Muñoz CA, Bond PR, Sy-Muñoz J, Tan D, Peterson J. Effect of pre-heating on depth of cure and surface hardness of light-polymerized resin composites. Am J Dent. 2008;21(4):215-22. [PubMed]
- Lempel E, Óri Z, Szalma J, Lovász BV, Kiss A, Tóth Á, et al. Effect of exposure time and pre-heating on the conversion degree of conventional, bulk-fill, fiber reinforced and polyacid-modified resin composites. Dent Mater. 2019;35(2):217-28. [Crossref] [PubMed]
- Svizzera NR, Alonso RC, Wang L, Palma-Dibb RG, Atta MT, D'Alpino PH. Kinetic of water diffusion and color stability of a resin composite as a function of the curing tip distance. Mater Res. 2012;15(4):603-10. [Crossref]

30. Al Kheraif AA, Qasim SS, Ramakrishnaiah R, Ihtesham ur Rehman. Effect of different beverages on the color stability and degree of conversion of nano and microhybrid composites. *Dent Mater J.* 2013;32(2):326-31. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
31. Schneider LFJ, Ribeiro RB, Liberato WF, Salgado VE, Moraes RR, Cavalcante LM. Curing potential and color stability of different resin-based luting materials. *Dent Mater.* 2020;36(10):e309-e15. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
32. Gugelmin BP, Miguel LCM, Baratto Filho F, Cunha LFD, Correr GM, Gonzaga CC. Color stability of ceramic veneers luted with resin cements and pre-heated composites: 12 months follow-up. *Braz Dent J.* 2020;31(1):69-77. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
33. Darabi F, Seyed-Monir A, Mihandoust S, Maleki D. The effect of preheating of composite resin on its color stability after immersion in tea and coffee solutions: An in-vitro study. *J Clin Exp Dent.* 2019;11(12):e1151-e6. [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
34. Endo T, Finger WJ, Kanehira M, Utterodt A, Komatsu M. Surface texture and roughness of polished nanofill and nanohybrid resin composites. *Dent Mater J.* 2010;29(2):213-23. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
35. Gönülol N, Yılmaz F. The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. *J Dent.* 2012;40 Suppl 2:e64-70. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]