

Metal-seramik restorasyonlarda fırınlama sayısı ve seramik kalınlığının renk değişimine etkisi

İlkin Tuncel^α, Işıl Turp^α, Buğra Düş^α, Ahmet Hamdi Selçuker^α, Akif Aslantaş^α, Enes Bekman^α

Selcuk Dent J, 2017; 4: 123-127 (Doi: 10.15311/selcukdentj.312779)

Başvuru Tarihi: 17 Mayıs 2017
Yayına Kabul Tarihi: 27 Temmuz 2017

ÖZ

Metal-seramik restorasyonlarda fırınlama sayısı ve seramik kalınlığının renk değişimine etkisi

Amaç: Bu çalışmanın amacı metal alt yapı üzerindeki farklı kalınlık ve markalara ait venter seramiklerin tekrarlayan fırınlamalar sonrası renk değişimlerini incelemektir.

Gereç ve Yöntemler: İki farklı markaya ait venter seramik (Vita VMK Master, GC Initial) ile metal altyapı üzerinde iki farklı kalınlıkta (1 ve 1,5 mm) örnekler hazırlanmıştır. Her bir grup için örnek sayısı 20 olarak saptanmıştır. Porselen örnekler 2 kez fırınlandıktan sonra başlangıç renk ölçümü spektrofotometre ile yapılmıştır. Her örneğin renk ölçümü 3 kez tekrar edilmiş, ortalaması alınarak değerlendirilmiştir. Ölçümler 3, 5, 7 ve 9 fırınlama sonrası tekrarlanmıştır ve renk değişim değerleri (ΔE) elde edilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde tekrarlayan varyans analizi ve grupların karşılaştırılmasında ise Tukey's HSD testi kullanılmıştır.

Bulgular: Seramik kalınlığının ΔE değerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık yaratmadığı saptanmıştır. Markalar arasında ise ΔE değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık mevcuttur. GC markası grupları bütün fırınlama döngüleri sonrasında Vita markası gruplarına göre daha fazla renk değişimi göstermiştir. Fırınlama sayısının artmasıyla birlikte örneklerin renk değişimi istatistiksel olarak anlamlı derecede artmıştır.

Sonuç: Tekrarlayan fırınlama işlemleri seramiğin renk stabilitesini etkilemektedir ve bu etki markalar arasında farklılıklar gösterebilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER

Kalınlık, metal-seramik restorasyon, renk değişimi, tekrarlayan fırınlama

ABSTRACT

The effect of firing number and ceramic thickness on colour change of metal-ceramic restorations

Background: The aim of the study was to evaluate color change of metal supported ceramics of different thicknesses and brands after repeated firings.

Methods: Veneer ceramic specimens on metal substructures were prepared from two different brands (Vita VMK Master, GC Initial) with two different thicknesses (1-1,5 mm). Each group contained 20 specimens. The veneer ceramic was fired for two times and then the initial colour measurement was performed with spectrophotometer. Each specimen was measured for 3 times and their mean was taken. Color measurements were repeated after 3, 5, 7 and 9 firings and color change (ΔE) values were estimated. The obtained data was analyzed with repeated analysis of variance and the comparisons between the groups were carried out with Tukey's HSD test.

Results: The ceramic thickness did not cause any statistically significant ΔE value. However the ΔE values between the brands were statistically significant; groups of GC displayed higher ΔE values after all firing cycles compared with groups of Vita. The ΔE values increased significantly with the increase of number of firings.

Conclusion: Repeated firings affect the color stability of the ceramics and this effect varies between brands.

KEYWORDS

Thickness, metal-ceramic restoration, color change, repeated firings

Dental feldspatik seramikler üstün estetik, kimyasal stabilite ve biyouyumluluk özelliklerine rağmen düşük gerilme dayanımına ve kırılmalı bir yapıya sahiptirler.¹ Kırılmalı özellikleri ve dayanım değerlerinin düşük olması nedeniyle güçlendirilmeleri gerekmektedir.^{2,3} Metal alt yapı ile beraber kullanımı da bu yöntemlerden biridir. Metal-seramik restorasyonlar diş eksikliğinin fonksiyonel, biyolojik ve estetik olarak giderilmesinde yıllardır kullanılan güvenilir bir metoddur.

Olumlu özelliklerinin yanı sıra metal-seramik restorasyonların çeşitli olumsuz özellikleri de mevcuttur.

Bunlar arasında özellikle ince fenotipte dişeti varlığında metal renginin diş etinden yansması; özellikle kıymetsiz metal alaşımı kullanıldığında görülebilen metal alerjisi; kıymetsiz metal alaşımlarının korozyona yatkınlığı ve metal alt yapının ışığı geçirmemesi sonucu ışık geçirgenliğinin doğal dişlerden farklı olması sayılabilmektedir. Alt yapının metalik rengini kapatabilmek için öncelikle metalin üzerine opak seramik uygulamak gerekmektedir. Opak tabaka üzerine uygulanan seramiğin doğal dişin görsel özelliklerini verebilmesi için uygun kalınlıkta olması restorasyonun estetiği için önemlidir.

^α Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul

Bununla beraber uygun renk seçimi de estetik bir restorasyonun hazırlanmasında önemli bir faktördür.⁴ Algılanan diş rengi dentin ve mine içerisinden gelen ve mine yüzeyinden yansıyan ışığın sonucudur.⁴ Yapılacak olan dental restorasyonda renk uyumunun sağlanması için kullanılan seramiğin dentin ve mineye yakın görsel özellikler göstermesi beklenir. Seramiğin rengini etkileyen faktörlerin translusentlik özelliği, yüzey özellikleri ve şekli⁴, porselenin içeriği⁵⁻⁷, porselen kalınlığı⁸, final fırınlama ısısı⁹⁻¹², porselen yığılma tekniği ve fırınlama sayısı^{4,12-13} olduğu bildirilmiştir.

Porselen içeriği de rengi etkileyen faktörlerden biridir ve piyasada çeşitli içeriklere sahip porselenler bulunmaktadır. Bu içerik farklılığı bazen tekrarlayan fırınlamaların gerektiği metal-seramik restorasyonların renklerinde gözle algılanabilecek miktarlarda değişikliğe yol açabilmektedir. Bu nedenle çalışmamızda Türkiye’de en yaygın kullanılan iki vener seramik markasının farklı kalınlık ve tekrarlayan fırınlama işlemleri sonrasında renk değişimlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Sıfır hipotezi kalınlığın ve tekrarlayan fırınlamaların iki vener seramikte de renk değişimi üzerine etkisi olmadığıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamızda vener seramik yüklemesinin yapılması için 15 mm çapında 2 mm kalınlığında daire şeklinde 60 adet Cr-Co alaşımından (Wirobond, Bego, Germany) metal altyapı hazırlandı. Metal alt yapıların oluşturulması için içerişi mum ile doldurulabilecek kalıplar oluşturuldu. Bu kalıplarla elde edilen mum modelaj revetmana (Bellasum, Bego, Germany) alınarak döküm işlemi firma önerileri doğrultusunda gerçekleştirildi. Döküm işlemi sonrası elde edilen metal altyapılar revetmandan temizlendi, yüzey çapakları giderilerek cila işlemi uygulandı. Hazırlanan metal örneklerin üst yüzeyi 250 µm partikül boyutundaki temiz alüminyum oksit ile kumlama işlemine tabi tutuldu.

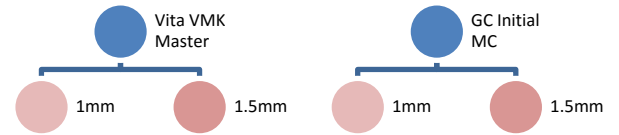
Vener seramiklerin metal altyapılar üzerine yığılma öncesinde her bir marka grubuna kendi firmasının ürettiği opak seramik (VITA VMK OPAQUE A2, GC Initial MC Paste Opaque OA2) uygulandı. Hazırlanan metal altyapılar üzerine A2 renkte iki farklı kalınlıkta (1 mm ve 1,5 mm) iki farklı seramik markası (Vita VMK Master (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) ve GC Initial (GC Corp, Tokyo, Japan)) yığıldı (Şekil 1). Çalışmamızda klinik kullanımda en çok tercih edilen renklerden biri olması sebebiyle A2 renkte opak ve dentin seramiği tercih edilmiştir. Vener seramiklerin hazırlanmasını standardize etmek amacıyla 10 mm genişliğinde ve 1 ile 1,5 mm derinliğinde delikleri olan metal şablonlar hazırlandı. Bu kalıplar yardımıyla örnekler üzerine seramikler yığılması sırasında da firmaların ürünleri için önermiş oldukları fırınlama prosedürleri uygulandı (Tablo 1). Seramikte meydana gelen büzülme kompanse

etmek ve seramik miktarının istenilen boyutlarda olmasını sağlamak için büzülen seramik üzerine metal şablon içerisinde tekrar seramik yığıldı ve fırınlama işlemi tekrarlandı. Vener seramiklerin ilk iki fırınlama işleminden sonra örnek kalınlıkları kumpas (Precimeter S, Renfert GmbH, Hilzingen, Germany) ile 5 farklı noktadan ölçülerek kontrol edildi.

Tablo 1.

Seramiklerin fırınlama prosedürleri

Gruplar	Ön Isıtma Derecesi	Kurutma Zamanı	Sıcaklık Artışı	Final Isısı	Final Isısı Süresi
GC	Firing 580°C	6 min	55°C/min	890°C	1 min
Vita	500°C	7,49	55°C/min	930	1 min



Şekil 1.

Seramik grupları ve alt gruplar

İlk iki fırınlama işlemi örnekler için başlangıç olarak kabul edildi ve her örnek için fırınlama işlemi ilk iki fırınlama sonrasında 9 fırınlamaya kadar tekrar edildi. Örneklerin başlangıç, 3., 5., 7. ve 9. tekrarlanan fırınlama işlemleri sonrasında spektrofotometre (VITA Easyshade Compact, Bad Säckingen, Germany) ile renk ölçümleri yapıldı. Bu sistemle D65 illuminant ışık (renk sıcaklığı 6500° Kelvin olan gün ışığı) ve maksimum iki derecelik sapma açısı göstercek şekilde örneklerin renk ölçümleri yapıldı ve renk değerleri elde edildi. CIE L*a*b* değerleri her bir örnek için 3'er kez tekrar edildi ve L*a*b* değerleri kaydedildi. Bu üç ölçümden elde edilen değerlerin ortalamaları ΔE hesaplamalarında kullanıldı. Cihaz kalibrasyonu her grup ölçümü bitiminde değerlendirildi ve yeniden kalibrasyon yapıldı.

CIE L*a*b* ölçümleri ile her örneğin renk değişimi değerlendirildi. Toplam renk değişimi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplandı;

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

Bu formüldeki ΔE değeri iki renk arasındaki L*a*b* değerleri arasındaki sayısal farklılığı göstermektedir. ΔE değeri 1'den küçük ise iki renk arasındaki

farklılık algılanamamaktadır. ΔE değeri 1'den büyük ve 3.7'den küçük ise iki renk arasındaki farklılık bireyin görsel yetisine bağlı olarak algılanabilmektedir. ΔE değeri 3.7'den büyük ise iki renk arasındaki farklılık algılabilir ve klinik olarak kabul edilemez seviyededir.^{14,15}

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi SPSS programı (SPSS PC, Vers.10.0; SPSS, Chicago, Ill) kullanılarak hesaplandı. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde tekrarlayan varyans analiz ölçümü kullanıldı. İkili karşılaştırmalarda Tukey's HSD testi ve paired 2-tailed testi kullanıldı ($\alpha=05$).

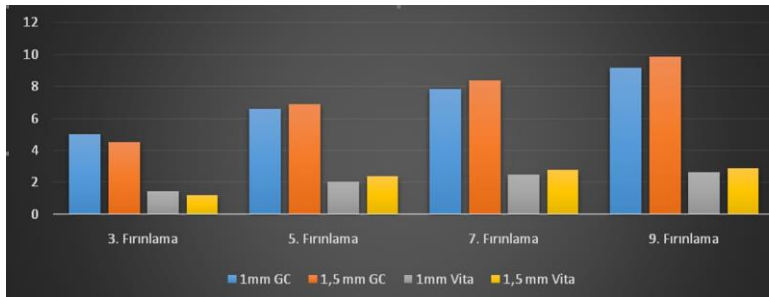
BULGULAR

Çalışma verileri sonucunda en az renk değişiminin 1mm kalınlığında Vita seramiğinde olduğu, en yüksek renk değişiminin ise 1,5 mm kalınlığındaki GC seramiğinde olduğu görüldü. Fırınlama sayıları arasında değerlendirme yapıldığında başlangıç, 3., 5., 7. ve 9. fırınlamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı. Fırınlama sayısının artmasıyla birlikte renk değişiminin de arttığı gözlemlendi. Kalınlık değişimleri değerlendirildiğinde istatistiksel olarak farklılık gözlenmedi (Tablo 2, Şekil 2).

Tablo 2.

Grupların renk değişim değerleri ve standart sapmaları

Grup	3. Fırınlama	5. Fırınlama	7. Fırınlama	9. Fırınlama
1mm GC	5.01±1.08 A,a	6.60±1.21 A,b	7.83±1.45 A,c	9.15±1.27 A,d
1.5 mm GC	4.52±0.82 A,a	6.92±1.04 A,b	8.39±1.01 A,c	9.89±1.22 A,d
1mm Vita	1.45±0.54 B,a	2.06±0.69 B,b	2.51±0.78 B,c	2.63±0.76 B,d
1.5 mm Vita	1.20±0.49 B,a	2.39±1.19 B,b	2.77±1.28 B,c	2.87±1.27 B,d



Şekil 2.

Grupların renk değişim değerleri

Markalar arasında renk değişimi açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu. GC marka grupların bütün sıklularda Vita marka gruplarına göre daha fazla renk değişimi gösterdiği gözlemlendi. GC marka gruplar başlangıçtan itibaren klinik olarak kabul edilemeyecek değerlerde ($\geq 3.7 \Delta E$) renk değişimi gösterirken Vita marka grupların renk değişimi 9. fırınlama sonrasında bile klinik olarak kabul edilebilecek seviyeyeydi.

TARTIŞMA

Çalışma verileri veneer seramiklerin tekrarlayan fırınlama işlemleri sırasında renk değişimi gösterdiğini ve farklı firmaların ürettiği seramik materyalleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunduğunu göstermiştir ($p < 0.05$).

Porselen kalınlığının renk değişimi üzerine etkilerinin de değerlendirildiği çalışmamızda 1 ve 1,5 mm'lik iki farklı kalınlık değerlendirilmiştir. Bazı çalışmalar kalınlığın renk üzerinde etkili olabileceğini rapor etmektedir.^{16,17} Bu çalışmalarda 0.5 ile 2mm arasındaki seramik kalınlıkları değerlendirilmiştir. Kalınlığın renk değişimini etkilediği çalışmalarda kalınlığın artmasıyla birlikte tekrarlanan fırınlama işlemlerinin seramik üzerinde daha az renk değişimi gösterdiğini raporlamışlardır. Çalışmamızın sonucunda seramik kalınlığındaki artış ile (3. fırınlama dışında) birlikte seramikteki renk değişiminin de arttığı bulunmuştur. Fakat kalınlığının tekrarlanan fırınlama işlemleri sonrasında seramik üzerinde istatistiksel olarak önemli bir renk değişimi etkisi olmadığı da görülmüştür.

Markalar kendi aralarında değerlendirildiğinde ise gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmuştur. Markalar arasındaki bu farklılık içerik ve firmaların belirtmiş oldukları fırınlama işlemleri sonucunda ortaya çıkmış olabilir.⁵

Çalışmamızda örneklerdeki renk değişimlerinin araştırılmasının yanısıra bu renk değişimlerinin görsel olarak algılanabilirliği de değerlendirilmiştir. Çalışmalarda ΔE değerindeki değişimin gözle farkedilebildiği değerler farklı kriterlerde değerlendirilmiştir. ΔE değerinin 1'den küçük olduğunda renk farklılığı gözle algılanmaz iken 1-2 arasındaki ΔE değerleri bir çok gözlemci tarafından algılanabilir olarak bulunmuştur. ΔE değerlerinin 2'nin üzerine çıktığı durumlarda ise renk değişiminin açıkça algılanabildiği kabul edilmiştir.¹⁸ Bunun yanı sıra Seghi ve arkadaşları renk değişiminin klinik olarak kabul edilebilir değerini 3,7 ΔE olarak belirtmişlerdir.¹⁸ İnsan gözünün algılayabildiği renk değişiminin incelendiği başka bir çalışmada ise ΔE değerinin üç ve üzeri olduğu durumlarda insan gözünün renk değişimini algıladığı bildirilmiştir.¹⁹ Çalışmamızda tekrarlanan fırınlama işlemleriyle birlikte ΔE değeri 1,2 ile 9,88 arasında değişiklik göstermiştir.

Vita markaya ait 1 mm ve 1,5 mm kalınlıktaki gruplar 9. fırınlama işleminden sonra sırasıyla 2,62 ve 2,86 $\Delta E'$ 'lik değerleri ortaya koymuştur. Bu değerler hem Seghi ve ark.'ın belirtmiş oldukları 3,7 $\Delta E'$ 'lik farkın hem de Yap ve ark.'ın belirtmiş olduğu 3 $\Delta E'$ 'lik farkın altında kalarak Vita markasının her iki kalınlık değeri için de 9. fırınlama sonrasında bile klinik olarak kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. GC markasında ise her iki kalınlık değeri için de 3. fırınlama işleminden sonra bile yapılan değerlendirmelerinde hem Seghi ve ark.'ın hem de Yap ve ark.'ın belirttikleri klinik kabul edilebilirlik değerinin üstünde ΔE değeri gözlenmiştir.

CIE renk sistemi L^* , a^* , b^* değerleri olmak üzere 3 farklı ekseninde renk sistemini tanımlamıştır. L^* koordinatı rengin açıklık/koyuluk, parlaklık ve siyah/beyaz karakterini belirtmektedir. Saf siyah 0, saf beyaz ise 100 L^* değerini almaktadır. Açık renkteki cisimler daha yüksek L^* değerine sahipken, koyu renkteki cisimlerin L^* değerleri daha düşüktür. Renk bileşenleri olan a^* ve b^* koordinatları rengin kromatik karakterini göstermektedir. a^* değeri rengin kırmızılık-yeşillik oranını, b^* değeri ise sarılık-mavilik oranını göstermektedir. a^* değeri pozitif ise kırmızılığı, negatif ise yeşilliği; b^* değeri pozitif ise sarılığı, negatif ise maviliği belirtmektedir.²⁰

L^* , a^* ve b^* değerleri tek tek incelendiğinde bütün örneklerin L^* değerlerinde fırınlama sayısının artmasıyla birlikte yükselme görülürken a^* ve b^* değerlerinde azalma görülmüştür. Böylelikle bütün örneklerde a^* değerinin azalmasıyla birlikte yeşile, b^* değerinin azalmasıyla birlikte maviye yaklaşan renk değişimi bulunmuştur.

Seramiklerin rengi metal oksitlerden oluşan renklendirici pigmentler kullanılarak elde edilmektedir. Stabil olmayan bu metal oksitler fırınlama derecelerinde yıkıma uğrayabilirler ve renk değişimine neden olabilirler.^{5,13,21,22} Crispin *et al*²² ve Lund and Piotrowski¹³ sarı ve turuncu renk ajanlarının fırınlama ısılarında en düşük renk stabilitesine sahip olan pigmentler olduklarını bildirmişlerdir. Çalışmamızdaki örneklerin a^* ve b^* değerindeki azalma renklendirici pigmentlerin fırınlama ısılarındaki yıkımı sonucunda gerçekleşmiş olabilir.⁵ Seramiğin tekrarlanan fırınlama işlemleri sırasında yapı içerisindeki kristal odaklarının oluşması ve oluşan odakların tekrarlanan fırınlama işlemleriyle büyümesi sonucunda yapının ışık geçirgenliğinde azalma olduğu rapor edilmiştir.^{23,24} Çalışmamızda L^* değerlerindeki artış seramiğin tekrarlayan fırınlama işlemleri sonrası kristalizasyonundaki artış ve opaklaşması sonucu ortaya çıkmış olabilir.

Çalışmamızın sınırlamaları arasında renk ölçümlerinin sadece spektrofotometre ile yapılması sayılabilir. Spektrofotometreler standardize ışık kaynağının bozulması veya ölçüm yapan aletin diş ve restorasyon üzerinde yanlış konumlandırılması sonucunda değişkenlik gösteren değerler verebilir.²⁵ Böylece materyale giren

ışığın önemli derecede kırılması veya kaybı olabilir. Bu durum prob ucundan çıkan ışığı veya prob ucuna geri dönen ışığın algılanmasını etkileyebilir.²⁶ "Edge-loss" olarak tanımlanan bu ışık kaybı renk ölçümünde hatalara neden olabilir.²⁶⁻²⁸ Kayıp özellikle translusent olan ve ölçüm yapılacak yüzey genişliği spektrofotometre prob genişliğinden küçük olan örneklerde görülür.^{27,28} Çalışmamızda da kullanılan örneklerin translusentlik özellikleri vardır. Bu nedenle gelecek çalışmalarda örneklerin hem spektrofotometre ve hem de kolometre ile değerlendirilmesi yöntemin verifikasyonunu sağlayacaktır. Çalışmanın bir diğer sınırlaması olarak ise sadece iki marka ve bu markalara ait tek bir rengin kullanılmasıdır. Gelecek çalışmalarda daha fazla renk ve markanın değerlendirilmesi seramiğin laboratuvar ve klinik uygulamalarını daha öngörülebilir kılacaktır.

SONUÇ

Tekrarlanan fırınlama işlemleri metal-seramik restorasyonlarda renk değişimine neden olmaktadır.

Seramik kalınlığı tekrarlanan fırınlamalar sonrası renk değişimini etkilememektedir.

Seramik markası tekrarlanan fırınlamalar sonrası renk değişimini etkilememektedir.

KAYNAKLAR

1. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent* 2004; 32(1): 3-12.
2. McLean JW, Odont D. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *J Prosthet Dent* 2001; 85: 61-5.
3. McLean JW. The Strengthening of Dental Porcelain. *The Science of Dental Ceramics*, Quintessence 1979. p.55-63.
4. Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent* 2002; 87: 657-66.
5. O'Brien WJ, Kay KS, Boenke KM, Groh CL. Sources of colour variation on firing ceramic. *Dent Mater* 1991; 7: 170-73.
6. Hammad IA, Stein RS. A qualitative study for the bond and colour of ceramometals. Part II. *J Prosthet Dent* 1991; 65: 169-78.
7. Jorgenson MW, Goodkind RJ. Spectrophotometric study of five porcelain shades relative to the dimensions of color, porcelain thickness, and repeated firings. *J Prosthet Dent* 1979; 42: 96-105.
8. Mulla FA, Weiner S. Effects of temperature on colour stability of ceramic stains. *J Prosthet Dent* 1991; 65: 507-12.
9. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between ceramic systems. *J Prosthet Dent* 1986; 56: 35-40.
10. Anusavice KJ. Dental ceramics. In: *Phillips' Science of Dental Materials*, ed 10. WB Saunders, 1996. p.595-6.
11. Douglas RD, Przybylska M. Predicting ceramic thickness required for dental shade matches. *J Prosthet Dent* 1991; 65: 351-6.
12. Judd DB, Wyszecski G. *Color in business science and industry*. 3rd edition. John Wiley; 1975. p.105-22.
13. Lund PS, Piotrowski TJ. Colour changes of ceramic surface colorants resulting from firing. *Int J Prosthodont* 1992; 5: 22-7.
14. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989; 68: 819-22.
15. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 1987; 3: 246-51.
16. Shokry TE, Shen C, Elhosary MM, Elkhodary AM. Effect of core and veneer thicknesses on the color parameters of two all-ceramic systems. *J Prosthet Dent* 2006; 95: 124-9.
17. Jalali H, Alizadeh ES, Sadighpour L, Shabestari GO, Fard MJ. The effect of background and ceramic thickness on the color of an all-ceramic restorative system. *J Calif Dent Assoc* 2010; 38: 179-86.
18. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 1989; 68: 1760-4.
19. Yap AU, Sim CP, Loh WL, Teo JH. Human-eye versus computerized color matching. *Oper Dent*. 1999; 24: 358-63.
20. Chu S, Devigus A, Mieleszko A., *Fundamentals of Color*. Quintessence Publishing; 2004. p.1-17.
21. Knispel G. Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth. *Quintessence Int* 1991; 22: 525-31.
22. Crispin BJ, Seghi RR, Globe H. Effect of different metal ceramic alloys on the color of opaque and dentin porcelain. *J Prosthet Dent* 1991; 65: 351-6.
23. Seghi RR, Daher T, Caputo A. Relative flexural strength of dental restorative ceramics. *Dent Mater*. 1990; 6: 181-4.
24. Primus CM, Chu CC, Shelby JE, Buldrini E, Heckle CE. Opalescence of dental porcelain enamels. *Quintessence Int* 2002; 33: 439-49.
25. Doğan A, Yüzüğüllü B. Renk seçiminde güncel teknolojik gelişmeler [Recent technological developments in color selection]. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg* 2011; 4: 65-72.
26. Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmid WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 155-62.
27. Bolt RA, Bosch JJ, Coops JC. Influence of window size in small-window colour measurement, particularly of teeth. *Phys Med Biol* 1994; 39: 1133-42.
28. Yilmaz K, Ozkan P. Profilometer evaluation of the effect of various polishing methods on the surface roughness in dental ceramics of different structures subjected to repeated firings. *Quintessence Int* 2010; 41: e125-31.

Yazışma Adresi:

İlkin TUNCEL
 Bezmialem Vakıf Üniversitesi
 Diş Hekimliği Fakültesi
 Protetik Diş Tedavisi AD
 34093, Fatih, İstanbul, Türkiye
 Tel : +90 212 453 17 00
 Faks : +90 212 523 08 76
 E-mail: ilkint@hotmail.com