

Polimerizasyon öncesi ısıtma i leminin kompozit rezinlerde renk de i imine etkisi**Effect of pre-heating on color stability of resin composites**

Nihan Gönülol, DDS, PhD, Emel Karaman, DDS, PhD

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Di Hekimli i Fakültesi, Restoratif Di Tedavisi Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye.

Received: 05 November 2012

Accepted: 15 April 2013

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı farklı ön-ısıtma i lemlerinin mikrohibrit bir kompozit rezinin renk de i imine etkisini *in vitro* incelemektir.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada 4 farklı ısıda bekletilen (4°C, 23 °C, 37 °C, 55 °C) A1 rengineki mikrohibrit yapıda bir kompozit rezinden (Filtek Z250,3M ESPE) 10 mm çapında ve 2 mm derinli inde 40 adet disk ekinde örnek hazırlanmıştır (n=10). Bu amaçla örnekler; 1. grupta 4 °C'de buzdolabında, 2. grupta 23 °C'de oda sıcaklığında bekletildi. Di er kompozit tüplerini 37 °C (3. Grup) ve 55 °C' ye (4.Grup) getirmek amacıyla kompozit ısıtma cihazı (Micerium, S.p.a., Avegno GE, Italy) kullanıldı. Hazırlanan örnekler halojen ışık cihazı (Smart-Lite, Benlio lu Dental, Ankara, Türkiye) ile 40 saniye polimerize edildi. Örneklerin ba langıç renk de erleri Vita Easy-Shade dijital kolorimetre cihazı ile tespit edilip kaydedildi. Daha sonra örnekler hazırlanan kahve solüsyonunda (Nescafe Classic) 48 saat bekletildi. Çıkarılan örnekler yıkayıp kurulandıktan sonra tekrar dijital kolorimetre cihazı ile renk de erleri tespit edilerek renk farklılıkları (E) hesaplandı. Renk farklılıkları verileri tek yönlü ANOVA ve Tukey testi kullanılarak de erlendirildi.

Bulgular: Polimerizasyon öncesinde 37 °C ve 55 °C'ye ısıtılan gruplar arasında anlamlı fark bulunmazken bu gruplarda 4°C ve 23 °C'deki gruplardan anlamlı bir ekinde daha düşük E de erleri tespit edilmiştir (p<0.01).

Sonuç: Mikrohibrit yapıdaki bir kompozitte polimerizasyon öncesi ısıtma i lemi daha az renk de i imine neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kompozit rezinler, önısıtma, renk stabilitesi.

ABSTRACT

Objectives: The aim of this *in vitro* study was to evaluate the affect of pre-heating on color stability of a microhybrid composite resin

Materials and Methods: In this study an A1 shade microhybrid resin composite (Filtek Z250, 3M ESPE) was used after storage in 4 different temperatures (4°C, 23 °C, 37 °C, 55 °C). Forty disc-shaped specimens were prepared in a teflon mold with a diameter of 10 mm and a depth of 2 mm (n=10). In the first group the specimens were stored in refrigerator at 4 °C and the 2nd group were kept in room temperature at 23 °C. In the 3rd and 4th groups a composite warmer (Micerium, S.p.a., Avegno GE, Italy) were used for heating the tubes up to 37 °C and 55 °C, respectively. The specimens were light cured for 40 s with a quartz tungsten halogen curing unit (Smart-Lite, Benlio lu Dental, Ankara, Turkey). The baseline and after 48 hours storage in the coffee solution (Nescafe Classic) the color measurements of the specimens were detected with Vita Easy-Shade digital colorimeter device and E were calculated. The data were analysed with parametric one-way ANOVA and Tukey HSD tests.

Results: The composite group pre-heated to 37 °C and 55 °C showed significantly lower E values than the groups at 4 °C ve 23 °C (p<0.01).

Conclusion: Pre-heating of the microhibrit composite caused lower discoloration.

Keywords: Composite resins, pre-heating, color stability.

Nihan GÖNÜLÖL
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Di Hekimli i Fakültesi
Restoratif Di Tedavisi AD
Samsun, Türkiye

Tel: +93623121919-4129
Fax: +93624576032
E-mail: nihan.gonulol@omu.edu.tr

G R

Restoratif di hekimli inin ana hedeflerinden biri dental restorasyonların ömrünün arttırılmasıdır. Kompozit rezinlerin en sık de i tirilme nedenleri ise ikincil çürüklerin olu umu ve restorasyon renklenmeleridir.¹

Kompozit rezin restorasyonların renklenmesi içsel ve dı sal sebeplere ba lı olabilmektedir. Dı sal renklenmeler plak ve yüzey eklentilerinin birikimi, renklendirici ajanlar, sigara vb nedenlerle kompozit restorasyonların yüzeyel kısmında olu an renklenmelerdir.² Restorasyonun daha derin tabakalarında fiziko-kimyasal tepkimelerle olu an renklenmeler ise içsel renklenmelere neden olmaktadır.^{2,3} Bu kimyasal tepkimelerin sebebinin ise polimer matriks yapısının, reaksiyona girmemi metakrilat gruplarının ve amin akselaratörlerin oksidasyonuna ba lı oldu u belirtilmi tir.⁴ Kompozit rezin restorasyonların yüzey renklenmelerinde rezin matriksin tamamlanmamı polimerizasyonunun da oldukça etkili oldu u bildirilmi tir.⁵

Son yıllarda kompozit rezinlere çe itli cihazlarla ön-ısıtma i lemi uygulanması viskoziteyi azaltması⁶, marjinal adaptasyonu^{7,8} ve monomer dönü üm derecesin arttırması^{9,10} ve ı k uygulama süresini azaltması⁹ gibi avantajlarından dolayı oldukça popüler hale gelmi tir.

Kompozit rezinlerin dönü üm derecesi reaksiyona giren C=C ba larının yüzdesi olarak tanımlanır ve bu oran mekanik özellikleri, çözünürlü ü, boyutsal stabiliteyi, renk de i imini ve biyouyumluluk gibi birçok parametreyi etkilemektedir.⁸ Polimerizasyon ısısının kompozit rezinlerin dönü üm derecesini önemli derecede etkiledi i, radikallerin hareketinin ısı ile arttı ı ve viskozitenin de azalmasıyla ilave polimerizasyonun olu tu u bildirilmi tir.¹⁰ Kompozit rezinlerin ısıtılması viskozitelerini azaltır. Çünkü termal vibrasyon kompozit monomerlerin ve oligomerlerin kolayca

kayarak daha uza a hareket etmelerini sa lar. Dolayısıyla arttı olan kompozit akı kanlı ı materyalin kavite duvarlarına adaptasyonunu arttırarak mikrosızıntıyı ve restorasyonun dı sal renklenmelerini de azaltır¹¹.

Kompozit rezinlerde dönü üm derecesi ile ısı arttı ı arasındaki ili ki birçok çalı mada ara tırılmı olmasına ra men ön ısıtma i leminin kompozit rezinin renk de i imi üzerine etkisi hakkında sınırlı sayıda bilgi mevcuttur.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalı mada 4 farklı ısıda bekletilen (4°C, 23 °C, 37 °C, 55 °C) A1 rengineki mikrohibrit yapıda bir kompozit rezinden (Filtek Z250,3M ESPE) 10 mm çapında ve 2 mm derinli indeki teflon kalıp içerisinde 40 adet disk eklinde örnek hazırlanmı tır (n=10). Bu amaçla kompozit rezinler; 1. grupta 4 °C'de buzdolabında, 2. grupta 23 °C'de oda sıcaklı ında 2 saat bekletildikten sonra kullanılmı tır. Di er kompozit tüplerini 37 °C (3. Grup) ve 55 °C' ye (4.Grup) getirmek amacıyla kompozit ısıtma cihazı (Micerium, S.p.a., Avegno GE, İtalya) üretici önerileri do rultusunda kullanılmı tır.

Siman camı üzerine effaf bant yerle tirilip kompozit rezin materyalleri a ız spatülü kullanılarak kalıp içerisindeki yuvaya ta ınmı , daha sonra kompozit rezinin üzerine tekrar effaf bant ve siman camı yerle tirilmi tir. Bu sırada hafif baskı uygulanarak fazlalık materyalin ta ması ve düzgün bir yüzey elde edilmesi sa lanmı tır. Hazırlanan örnekler halojen ı k cihazı (Smart-Lite, Benlio lu Dental, Ankara, Türkiye) ile 40 saniye polimerize edilmi tir. ı k cihazının gücü her örne in polimerizasyonundan önce bir radyometre (Hilux, Benlio lu Dental A , Ankara, Türkiye) ile kontrol edilmi tir ve 500 mW/cm², den yüksek güçte olmasına dikkat edilmi tir. Hazırlanan örneklere Sof-lex setinin (3M ESPE, St Paul, MN, ABD) sırasıyla kaba, orta, ince ve süper-

ince diskler 15 sn boyunca su kullanılmaksızın aynı yönde uygulanmıştır. Her bir diskten sonra örnekler yıkayıp kurulanmıştır ve diskler her kullanımdan sonra yenisiyle değiştirilmiştir.

Polisajı yapılan örneklerin başlangıç L_0^* , a_0^* ve b_0^* renk değerleri Easy Shade spektrofotometre (Vita Zahnarzt, Almanya) cihazı ile standart beyaz arka plan kullanılarak tespit edilmiştir. Ölçümler D65 standart aydınlatma koşullarında yapılmış olup her ölçümden önce cihaz kalibre edilmiştir. Her bir örnek için 3 ölçüm yapılmış ve bu ölçümlerin ortalamaları kaydedilmiştir. Bu işlemin ardından 3.6 g kahve (Nescafe Classic, Nestle, sviçre) 300 ml kaynamış distile suda hazırlanıp 10 dk karıştırıldıktan sonra filtre kâğıdı ile filtre edilmiştir. Temel renk ölçümleri yapılan örnekler sıraları bozulmadan metal küvetlere yerleştirildikten sonra hazırlanan kahve solüsyonları ilave edilmiştir. Hazırlanan küvetler etüv cihazında (EN025, Nüve, Türkiye) 37°C'de 48 saat boyunca bekletilmiştir. Çıkarılan örnekler yıkayıp kurulandıktan sonra tekrar dijital spektrofotometre cihazı ile L_1^* , a_1^* ve b_1^* renk değerleri tespit edilerek renk farklılıkları (E) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$E^* = [(L_1^* - L_0^*)^2 + (a_1^* - a_0^*)^2 + (b_1^* - b_0^*)^2]^{1/2}$$

Elde edilen renk farklılıkları verileri tek yönlü ANOVA ve Tukey testi kullanılarak değerlendirilmiştir.

BULGULAR:

Bütün gruplar arasında en düşük E değeri 55°C grubunda (5.66) elde edilmiştir. Bu değer 4°C ve 23°C gruplarından istatistiksel olarak farklıdır. En yüksek E değeri ise 4°C grubunda (8.38) elde edilmiştir. Bu grup ile 23°C grubu (7.50) arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmazken, 37°C ve 55°C grupları ile olan farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 1).

Tablo1. Örneklerin renk değerleri ortalamaları ± standart sapmaları (SS).

	L	a	b	E
4°C	8.02 ^a (0.73)	1.59 ^a (0.37)	0.88 ^a (1.67)	8.38 ^a (0.74)
21°C	6.14 ^b (1.43)	1.54 ^{ab} (0.31)	3.86 ^b (1.01)	7.50 ^a (1.30)
37°C	4.04 ^c (0.64)	1.92 ^{ac} (0.19)	3.65 ^b (0.61)	5.81 ^b (0.53)
55°C	3.76 ^c (0.41)	1.44 ^{ab} (0.21)	3.93 ^b (0.89)	5.66 ^b (0.69)
P değeri	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

*p<0.05 istatistiksel olarak anlamlıdır.
Üst simgeler dikey yöndeki farklılıkları belirtmektedir.

TARTI MA

Bu çalışmada farklı ön-ısıtma işlemlerinin metakrilat yapıdaki mikrohibrit bir kompozit rezinde renk değerine etkisi *in vitro* olarak incelenmiştir. Son zamanlarda yapılan birçok çalışmada kompozit rezinlere polimerizasyon öncesinde ısıtma işlemlerinin etkileri incelenmiştir ve sonuç olarak da bu işlemlerin kompozitlerin dönüşüm derecesini, mekanik özelliklerini, polimerizasyon bütünlüğünü, yüzey sertliğini ve kenar uyumunu etkilediği bildirilmiştir.^{6-8,10-15} Ancak ön-ısıtma işleminin kompozit rezinlerde renk değerine etkisi ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır.

Renk stabilitesinin ölçüldüğü çalışmalarda sıklıkla kullanılan bir kompozit olduğu için bu çalışmada metakrilat yapıda mikrohibrit içerikli bir kompozit olan Filtek Z250 tercih edilmiştir.^{5,16-20}

Çalışmamızda, Filtek Z250 kompozit tüplerini ısıtmak için kompozit ısıtma cihazı (Micerium, S.p.a., Avegno GE, İtalya) üretici önerileri doğrultusunda kullanılmıştır. Bu cihazda 37 ve 55 °C'de iki farklı ısıtma eili bulunmektedir.

stenilen ısıya ayarlandıktan sonra cihazın ısıya eri ildi ini bildiren uyarısından sonra kompozit hemen ısıtma cihazından çıkarılıp, kalıplara yerle tirip polimerize edilmi tir. Mundim ve ark'ın¹⁰ çalı malarına benzer ekilde kompozit tüplerini 4 °C' ye getirmek için buzdolabında, 23 °C' ye getirmek için ise oda sıcaklı nda 2 saat bekletilmi tir.

Renk de i imi ölçüm çalı malarında hazırlanan kompozit örneklerinin renklendirici solüsyonlarda bekletilmesi oldukça yaygın bir yöntemdir. Renklendirici solüsyonlar arasında kahve, günlük tüketiminin oldukça yüksek olması sebebiyle yapılan çalı malarda sıklıkla tercih edilmi tir.²⁰⁻²⁴ Bu çalı mada da bu sebeple renklendirici solüsyon olarak kahve kullanılmı tir.

Günümüzde di renginin ölçülmesinde birçok metot kullanılmaktadır. Bunlar porselen veya akrilik rezin tonlarını içeren skalaların kullanımı gibi subjektif kıyaslamalar olabildi i gibi spektrofotometre, kolorimetre ve imaj analiz teknikleri gibi enstrümanların kullanıldı ı objektif teknikler de olabilmektedir.²⁵ Spektrofotometreler rengin geçirgenli ini, yansımaları ve gerçek emilimini ölçmek için kullanılan fotometrik bir apanydır.²⁶ Ölçüm yaparken insan gözünün algılayabildi i tüm dalga boyu aralıklarında (380-720 nm) yansıyan ı ık enerjisinin tamamını toplayarak sonuca ula ır ve oldukça net bir sonuç verir.²⁷ Çalı mamızda kullanılan Vita Easy Shade spektrofotometre (Vita Zahnarzt, Almanya) di hekimli i kliniklerinde di ve restorasyonların renk seçimi için üretilmi cihazdır. Klasik spektrofotometrelerden en önemli farkı renk ölçümlerini CIE Lab de erleri üzerinden ölçmekle kalmayıp bu de erleri Vita renk skalası de erlerine çevirerek vermesidir.²⁸ CIE Lab sisteminde L* de eri bir rengin aydınlık de erini, a* de eri kırmızı-ye il miktarını, b* ise sarı-mavi miktarını temsil eder. L*a*b*

koordinatlarındaki tüm ölçümler ve de i ıklıklar ise E olarak hesaplanır.²

Yapılan birçok klinik ve laboratuvar çalı masında kompozit rezinlerin monomer dönü üm derecesi ile mekanik özelliklerinin ili kili oldu u ve kimyasal stabilitesini direkt etkiledi i bildirilmi tir.^{10,29} Kompozit rezinlerde dönü üme u ramamı çift karbon ba ları materyalin degredasyona u ramasından sorumludur ve bu durum kompozitin renk stabilitesini azaltmaktadır.^{10,30} Çünkü polimer zincirindeki reziduel monomer kolorimetrik degredasyon ürünlerinin olu umuna ve a ız ortamındaki solventlerin polimer a ına penetrasyonuna sebep olurlar ve dolayısıyla yeni olu an zincirde hidrolitik degredasyon meydana gelir.³¹ Micali ve Basting yeterli polimerizasyonun ve yüksek dönü üm derecesinin renk stabilitesini olumlu etkiledi ini bildirmi lerdir.³¹

Restoratif materyallerin hemen hepsi boyutsal de i ıklık göstermeleri ve kavite duvarlarına iyi adapte olamamaları yüzünden de i ik derecelerde kenar sızıntısı gösterirler.³² Son yıllarda yapılan çalı malarda kompozit rezinlerin polimerizasyonundan önce ısılarının artırılması ile daha akıcı kıvama getirilmelerinin bu sorunu azaltabilece i bildirilmi tir.¹² Kompozit rezinlerin ısısındaki ortalama bir artı termal enerjiyi yükselterek moleküler hareketi arttırmaktadır. Dolayısıyla artan akıcılık kompozitlerin kaviteye yerle tirilmelerinde adaptasyonlarını artırır ve son yapılan çalı malara göre de dönü üm derecesini arttırmaktadır.⁹

Mundim ve ark yaptıkları çalı mada polimerizasyon öncesinde 60 °C'ye ısıtılan kompozitlerde 8°C ve 25°C'deki örneklerden daha fazla dönü üm derecesi elde ettiklerini bildirmi lerdir.¹⁰ Prasanna ve ark kompozitlerin monomer dönü üm derecesinin foto-aktivasyon öncesi ısıtılması ile önemli oranda arttı mını bildirmi lerdir.³³ Daronch ve ark

çalı maları sonucunda fotoaktivasyon öncesi kompozitlerin ön ısıtma i leminin oda ısısına oranla, daha az ı k uygulaması ile daha fazla dönü üm derecesine neden oldu unu bildirmi lerdir.⁹

Bu çalı mada 37°C ve 55 °C'ye ısıtılan kompozit örneklerinde daha az renk de i imi görülürken 4 °C'de ve oda sıcaklı nda polimerize olan örneklerde belirgin ekilde daha fazla renk de i imi tespit edilmi tir. Dolayısıyla bu sonucun kompozit rezinlerin ıstılması ile daha yüksek dönü üm derecesi göstermesine ba lı oldu u dü ünülmektedir.

Sonuç olarak kompozit rezinlerde ön ısıtma i lemi sonucunda daha az renk de i imi oldu u tespit edilmi tir. Ancak bu çalı manın sınırlamaları içerisinde A1 renginde tek çe it kompozit kullanılmı tir. Monomer dönü üm derecesi kompozit rezinlerde markadan markaya ve renkten renge de i iklik gösterebilmektedir. Dolayısıyla bu konuyla ilgili daha fazla ara tırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Antonson SA, Yazici AR, Kilinc E, Antonson DE, Hardigan PC. Comparison of different finishing/polishing systems on surface roughness and gloss of resin composites. *J Dent* 2011;39:9-17
2. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao CV. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins--an in vitro study. *J Dent* 2010;38:137-142.
3. Powers JM, Dennison JB, Lepeak PJ. Parameters that affect the color of direct restorative resins. *J Dent Res* 1978;57:876-880.
4. Um C H, Ruyter, I. E. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quint Int* 1991;22:377-386.
5. Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, Shen C. The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. *J Am Dent Assoc* 2004;135:587-594
6. Lucey S, Lynch CD, Ray NJ, Burke FM, Hannigan A. Effect of pre-heating on the viscosity and microhardness of a resin composite. *J Oral Rehabil* 2010;37:278-282.
7. Fróes-Salgado NR, Silva LM, Kawano Y, Francci C, Reis A, Loguercio AD. Composite pre-heating: effects on marginal adaptation, degree of conversion and mechanical properties. *Dent Mater* 2010;26:908-914.
8. Lohbauer U, Zinelis S, Rahiotis C, Petschelt A, Eliades G. The effect of resin composite pre-heating on monomer conversion and polymerization shrinkage. *Dent Mater* 2009;25:514-519.
9. Daronch M, Rueggeberg FA, De Goes MF. Monomer conversion of pre-heated composite. *J Dent Res* 2005;84:663-667
10. 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;39:25-29
11. Wagner WC, Aksu MN, Neme AM, Linger JB, Pink FE, Walker S. Effect of pre-heating resin composite on restoration microleakage. *Oper Dent* 2008;33:72-78.
12. Deb S, Di Silvio L, Mackler HE, Millar BJ. Pre-warming of dental composites. *Dent Mater* 2011;27:51-59
13. Üçta lı MB, Arisu HD, Lasilla LV, Valittu PK. Effect of preheating on the mechanical properties of resin composites. *Eur J Dent*. 2008;2:263-268.
14. Papacchini F, Magni E, Radovic I, Mazzitelli C, Monticellia F, Goracci C, Polimeni A, Ferrari M. Effect of intermediate agents and pre-heating of repairing resin on composite-

- repair bonds. *Oper Dent* 2007;32:363-371.
15. Nada K, El-Mowafy O. Effect of precuring warming on mechanical properties of restorative composites. *Int J Dent* 2011;ID:536212.
 16. Reis AF, Giannini M, Lovadino J R, Ambrosano GM. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dent Mater* 2003;19:12-18.
 17. Erta E, Güler AU, Yücel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater Journal* 2006;25:371-376.
 18. Güler AU, Güler E, Yücel AC, Erta E. Effects of polishing procedures on color stability of composite resins. *J Appl Oral Sci* 2009;17:108-112.
 19. Da Costa J, Adams-Belusko A, Riley K, Ferracane JL. The effect of various dentifrices on surface roughness and gloss of resin composites. *J Dent*. 2010;38:123-128.
 20. Gönülol N, Yılmaz F. The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and colour stability of nanocomposites. *J Dent* 2012;Suppl 2:e64-70. doi: 10.1016/j.jdent.2012.07.005.
 21. Guler AU, Kurt S, Kulunk T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *J Prosthet Dent* 2005;93:453-458.
 22. Samra AP, Pereira SK, Delgado LC, Borges CP. Color stability evaluation of aesthetic restorative materials. *Braz Oral Res*, 2008;22: 205-210.
 23. Samra AP, Borges CP, Ribeiro DG, Kossatz S. Influence of professional prophylaxis on reducing discolouration of different aesthetic restorative materials. *J Dent* 2012; doi: 10.1016/j.jdent.2012.06.003.
 24. Tunçdemir AR, Kara HB, Aykent F. Farklı çecekler çerisindeki Seromerlerin, Hibrit Kompozit Ve Seramiklere Göre Renk Stabilitesinin Kar ıla tırılması. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 2012;18:163-169.
 25. Joiner A. Tooth colour: A review of the literature. *J Dent* 2004;32:3-12.
 26. Yavuzylmaz H, Ulusoy M, Kedici S, Kansu G. Protetik Di Tedavisi terimleri sözlü ü, Türk Prostodonti ve mplantoloji Derne i Ankara ubesi derne i yayınları, Ankara 2003.
 27. Berns RS. Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology, Third Ed., Wiley, New York. 2000.
 28. Ero lu E, Küçüke men HC, Uluhan B. S.D.Ü. Di Hekimli i Fakültesi Protetik Di Tedavisi klini ine müracaat eden hastaların di rengi da ılımının saptanması. *Süleyman Demirel Üni Tıp Fak Derg* 2007;14:28-32.
 29. Peutzfeldt A, Asmussen E. Investigations on polymer structure of dental resinous materials. *Trans Acad dent mater* 2004;18:81-104.
 30. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer Networks. *Dent Mater* 2006;22:211-222.
 31. Micali B, Basting RT. Effectiveness of composite resin polymerization using light-emitting diodes (LEDs) or halogen-based light-curing units. *Braz Oral Res* 2004;18:266-270.
 32. Arıkan S. Posterior kompozit restorasyonlar. *Cumhuriyet Üni Di Hekim Fak Derg* 2005;8:63-70.
 33. Prasanna N, Pallavi Reddy Y, Kavitha S, Lakshmi Narayanan L. Degree of conversion and residual stress of preheated and room-temperature composites. *Indian J Dent Res* 2007;18:173-176.