

Farklı Yöntemlerle Polimerize Edilen Akriliklerde Yaşlandırma İşleminin Renk Stabilitesi Üzerine Etkisi

EFFECT OF ACCELERATED AGING ON COLOR STABILITY OF ACRYLIC RESINS POLYMERIZED BY DIFFERENT METHODS

Dr. Lale KARAAĞAÇLIOĞLU,^a Burak YILMAZ,^a Dr. Gürcan ÇETİN,^a Dr. Hakan LEVENT^b

^aProtetik Diş Tedavisi AD, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, ANKARA

^bBaşkent Üniversitesi Konya Uygulama ve Araştırma Merkezi, KONYA

Özet

Amaç: Bu çalışmada konvansiyonel yöntem ve mikrodalga enerjisi ile polimerize edilen akrilik rezinlerin hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonucu renk değişikliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntemler: Çalışmada farklı yöntemlerle polimerize olan Paladent 20 ve Acron MC akrilik rezin kullanılarak, her iki grup akrilik rezin için 10 3 10 x 3.3 mm boyutlarında 5'er adet örnek hazırlanmıştır. Örnekler hızlandırılmış yaşlandırma işlemine tabi tutulmadan önce ve sonra kolorimetre ile renk analizleri yapılmış olup elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Bulgular: Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi, her iki akrilik grubunda L*, a* ve b* değerlerinde artışa neden olmuştur. Buna göre örnek renklerinin açıldığı ancak kırmızı ve sarı renge doğru bir değişim gösterdiği söylenebilir. Ancak her 2 akrilik rezin sistemine ait ortalama L*, a*, b* sonuçlarından elde edilen ΔE değerleri 1'den küçük bulunmuş olup, hızlandırılmış yaşlandırma işleminin oluşturduğu değişimlerin gözle görünür sınırların altında olduğunu söylemek mümkündür.

Sonuç: Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonucu bütün örneklerde rengin açıldığı ve kırmızı-sarıya doğru değiştiği gözlenmiş, ancak genel olarak bu renk değişikliklerinin gözle farkedilir sınırlar altında kaldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikrodalga; akrilik rezinler; yaşlandırma; kaide plağı; renk

Abstract

Objective: The aim of this study is to evaluate the color stability between conventional and microwave polymerized acrylic resins after accelerated aging.

Material and Methods: Conventional polymerized and microwave polymerized acrylic resins were used for the assessments. 5 samples for each group were prepared to a size of 10 x 10 x 3.3 mm. The color of the samples were determined with a colorimeter before and after accelerated aging process and the results were statistically evaluated.

Results: The L*, a*, b* values increased after accelerated aging for both acrylic resin groups. Thus the brightness of the samples increased and the color changed through to red and yellow. However, the ΔE values calculated between two different acrylic resin groups were below 1 unit and it is likely to remark that the color changes remained below perceivable limits.

Conclusion: The color of all acrylic resin for both group samples became brighter and altered through to red and yellow after accelerated aging. However, the color change remained below the perceivable limits for human eye.

Key Words: Microwave; acrylic resins; aging; denture bases; color

Türkiye Klinikleri J Dental Sci 2006, 12:87-92

Tam protezlerin yapımında kullanılacak materyalin seçimi; fiziksel faktörler, maliyet, estetik, kalite ve manipülasyon özelliklerine göre değişmektedir. Polimerize-

takrilatlar (PMMA) fiziksel, estetik ve manipülasyon özelliklerinde gösterdikleri gelişmelerle tam protez yapımında uzun yıllardır kullanılmaktadır. Her ne kadar son yıllarda polistiren, polivinilakrilik veya poliamidlerin yanı sıra ışık veya mikrodalga ile polimerize olan rezinler ortaya çıkmış ise de, ısı ile aktive olan tipteki akrilik rezinler ilk protez kaide rezinlerinin temelini oluşturmaktadırlar.^{1,2} Ancak her yönüyle mükemmel özellikler yansıtan materyal arayışı, günümüzde de devam etmektedir.

Geliş Tarihi/Received: 25.04.2006 Kabul Tarihi/Accepted: 09.06.2006

Yazışma Adresi/Correspondence: Dr. Gürcan ÇETİN
Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Protetik Diş Tedavisi AD, ANKARA
cetingurcan@yahoo.com

Copyright © 2006 by Türkiye Klinikleri

İdeal protez kaide materyallerinde olması gereken bazı özellikler vardır. Tam protezlerde kullanılan kaide plaklarının, ağız dokularına uygun renkte olmaları istenir. Transludent yapı sergilemeleri gereken bu materyallerin kullanım süresince ağız ortamında renk değişikliğine uğramamaları da önem taşır.^{1,3}

Dental materyallerin renk stabilite değerlerinin invitro olarak incelenmesinde oral kavitedeki koşulların taklit edilebilmesi amacıyla farklı yöntemler denenmiştir. Oral kavitedeki şartlar çok daha kompleks özellikler sergilemesine rağmen, bu şartları taklit eden yaşlandırma işlemleri farklı materyallerin karşılaştırılmasında birçok faydalar sağlamaktadır ki bunlar arasında belirli sürelerde suda bekletme, termal siklus uygulama ya da hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sayılabilir.⁴⁻¹¹

Materyallerde renk değişiminin irdelenmesi amacıyla spektrofotometre veya kolorimetre gibi bazı fotodetektörler kullanılmaktadır.¹² Spektrofotometre, görülebilir spektrumun üzerindeki dalga boyu aralığındaki ışık yansımalarını ölçer.¹³ Kolorimetre ise seçilmiş spektral bölgede yansıyan ışık miktarını ölçer ve direkt renk koordinatlarını matematiksel manipülasyon olmadan verir.^{14,15}

Munsell, CIE (Comission Internationale De L'eclairage), Kubelka-Munk gibi birçok renk analiz sistemi mevcuttur.¹⁶

CIE sisteminde tristimulus koordinatı olarak ifade edilen 3 renk esastır. X: kırmızı, Y; yeşil, Z: mavi rengin gösterimi için kullanılır.^{14,16} Munsell ve CIE L* a* b* renk sistemlerinde bir rengin lokasyonu 3 koordinatla belirlenir. Munsell'de parlaklık, ton, doyumluk; CIELAB'da L*, a* ve b* olarak bildirilir.¹⁴ Sistemde L* değeri Munsell sistemindeki value değerinde olduğu gibi açıklık ve koyuluk ile ilgilidir, a* ve b* ise renk komponentinin tanımlanmasında kullanılır. a* koordinatları kırmızı-yeşil eksen boyunca kromanın bir göstergesidir. Pozitif a* kırmızılığın, negatif a* ise yeşilliğin miktarını göstermektedir. b* koordinatları ise sarı-mavi eksen boyunca kromanın bir ölçüsüdür. Pozitif b* sarılığın miktarını, negatif b* ise maviliğin miktarını göstermektedir.¹⁴

CIE L*a*b* sisteminin avantajı küçük renk değişikliklerinin tespitine imkan vermesi olup, sistemde renk değişiminin büyüklüğü genellikle ΔE ile ifade edilir.

Diş hekimliğinde renk değişikliklerinin $\Delta E > 1.0$ olduğunda fark edilmeye başlandığı ve $\Delta E = 3.7$, ye kadar kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir. Bu değerlerin üzerindeki renk değişimlerinin ise kabul edilemeyeceği ifade edilmiştir.¹⁶⁻¹⁸ Ölçülen renk farklılık değeri 2'den büyük olduğunda gözlemcilerin örnekler arasında renk farklılığını tespit ettiklerini, ΔE 'nin 1-2 arasında olduğunda ise hatalı yorumların yapılabildiğini bildirmişlerdir. ΔE 'nin 1'in altına düşmesi durumunda ise renk farklılığının daha güç algılanabildiği bildirilmiştir. ΔE değerleri yaklaşık tolerans değerlerini vermesine rağmen, bireysel farklılıklardan dolayı bazı kişiler renk değişikliklerini 0.5 değerlerine kadar algılayabilirken, bazıları 4 derecesinde bile farklılık görememektedir.¹⁴

Bu çalışmada; konvansiyonel yöntemlerle ve mikrodalga enerjisi ile polimerize edilen akrilik rezinlerin, hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonucu renk değişikliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntemler

Çalışmamızda Paladent 20 (Heraus Kulzer GmbH & Co Kg, Almanya) konvansiyonel akrilik rezin ve Arcon MC (GC Industrial Corp, Japonya) mikrodalga akriliği kullanılmıştır.

Örneklerin hazırlanmasında ISO/DIS 1567:1997 no.lu standartlar göz önüne alınmıştır. 64 x 10 x 3.3 mm boyutlarında oluşturulacak mum örneklerin standardizasyonu için paslanmaz çelikten metal kalıp hazırlanmıştır. Kalıp izole edildikten sonra mum hafifçe yumuşatılıp uygulanmış ve daha sonra kalıptan çıkarılan örnekler bilinen yöntemlerle konvansiyonel akrilik için metal, mikrodalga akriliği için ise fiberle güçlendirilmiş muflalara yerleştirilmiştir. Mum örneklerin eritilip uzaklaştırılmasından sonra her iki akril grubu kendilerine ait uygulama kriterleri doğrultusunda hazırlanarak polimerize edilmiştir. Bu örnekler, hassas kesit alma cihazında (Microcut, Metkon, Bursa, Türki-

ye) 10 x 10 x 3.3 mm olacak şekilde her akril grubu için 5'er adet kesilerek renk ölçüm deneyleri için hazırlanmış olup, hızlandırılmış yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası renk açısından değerlendirilmeye tabi tutulmuşlardır.

Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi için Weather-o-meter cihazı (QUV Accelerated Weathering Tester, Q Panel Co., Cleveland, Ohio, A.B.D.) kullanılmıştır. Cihazda örnekler 300 saat devamlı olarak görünür ışık ve ultraviyole ışınına, 43.3°C ısıya ve her 2 saatte bir 18 dakika olmak üzere distile su spreyine tabi tutulmuş ve ayrıca deneylerde ortam %90 nem olacak tarzda ayarlanmıştır.

Renk ölçümleri CIE L*a*b* yöntemine göre çalışan Gardner XL 20 (Gardner Instruments Laboratory Inc., Bethesda, MD., Maryland, A.B.D.) kolorimetre cihazında yapılmıştır.

CIE renk ölçüm sisteminde 2 obje arasındaki renk farklılık değerleri (ΔE) tek bir sayı ile ifade edilmektedir. Bu amaçla her örnekten hızlandırılmış yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası 3'er ölçüm yapılmış ve ortalamaları alınarak renk değeri belirlenmiştir. Her 2 ölçüm arasında ortaya çıkan renk farklılıklarının değerlendirilmesinde CIE sistemindeki CIE L*a*b* ölçeğinden yararlanılmış olup, hesaplamalar şu formül kullanılarak yapılmıştır.¹²⁻¹⁴

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

Formüldeki ΔL^* , Δa^* ve Δb^* değerleri L^* , a^* , b^* değerlerinin hızlandırılmış yaşlandırma önce ve sonrası değerlerinin ($\Delta L^* = L_{ilk} - L_{son}$, $\Delta a^* = a^*_{ilk} - a^*_{son}$, $\Delta b^* = b^*_{ilk} - b^*_{son}$) farkları alınarak hesaplanmıştır.

Renk stabilite deneylerinin istatistiksel değerlendirmesinde, hızlandırılmış yaşlandırma işleminin etkisinin karşılaştırılmasında Wilcoxon testi kullanılmıştır.

Bulgular

Hızlandırılmış yaşlandırma işleminin araştırma kapsamına alınan akrilik rezinlerin renk stabilitesine etkisini değerlendirmek üzere yapılan ölçümler sonucu elde edilen ortalama L^* verileri ve standart sapmaları Tablo 1'de verilmiştir.

Hızlandırılmış yaşlandırma işleminin test örneklerinin L^* değeri üzerine etkisi incelendiğinde, her 2 akrilik grubu örneklerinde istatistik açıdan anlamlı olarak yaşlandırma sonrasında L^* değerinde artış gözlenmiştir ($p < 0.05$). Buna göre örneklerin renklerinde açılma meydana gelmiştir.

Hızlandırılmış yaşlandırma işleminin test örneklerinin a^* değeri üzerine etkisi incelendiğinde, verilerin ortalama ve standart sapmaları Tablo 2'deki gibidir.

Buna göre hızlandırılmış yaşlandırma işleminin test örneklerinin a^* değeri üzerine etkisi kon-

Tablo 1. Hızlandırılmış yaşlandırma öncesi (-) ve sonrası (+) test örneklerine ait ortalama L^* verileri ve standart sapmaları.

	Yaşlandırma (-) $\bar{X} \pm S_s$	Yaşlandırma (+) $\bar{X} \pm S_s$	n	p
Konvansiyonel akrilik rezin	27.63 ± 0,37	27.77 ± 0.89	5	p < 0.05
Mikrodalga akrilik rezini	27.56 ± 0.24	27.68 ± 0.21	5	p < 0.05

Tablo 2. Hızlandırılmış yaşlandırma öncesi (-) ve sonrası (+) test örneklerine ait ortalama a^* verileri ve standart sapmaları.

	Yaşlandırma (-) $\bar{X} \pm S_s$	Yaşlandırma (+) $\bar{X} \pm S_s$	n	p
Konvansiyonel akrilik rezin	-0.94 ± 0.26	-0.80 ± 0.00	5	p < 0.05
Mikrodalga akrilik rezini	-0.82 ± 0.42	-0.80 ± 0.44	5	p > 0.05

vansiyonel akrilik rezin grubunda artış gösterirken ($p < 0.05$), örneklerde kırmızıya doğru bir renk kayması olmuştur.

Mikrodalga ile polimerize olan akrilik rezin grubunda ise yaşlandırma işleminin a^* değerlerine etkisi incelendiğinde istatistiksel bir anlam taşımamakla beraber, bu değerde artış gözlemlenmiştir ($p > 0.05$). Buna göre örneklerin renklerinde kırmızıya doğru az da olsa bir miktar değişim olduğu söylenebilir.

Hızlandırılmış yaşlandırma işleminin test örneklerinin b^* değeri üzerine etkileri incelendiğinde ise elde edilen verilerin ortalama ve standart sapmaları Tablo 3’de verilmiştir.

b^* değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde bir artış gözlenmiş olup, her 2 tip akril için sarı renge doğru bir değişimin ortaya çıktığını söylemek olasıdır ($p < 0.05$).

Yukarıdaki veriler baz alınarak, konvansiyonel ve mikrodalga akrilik rezinleri için grupların hızlandırılmış yaşlandırma sonucu gösterdiği ortalama renk farklılıkları (ΔE) hesaplanmıştır. Konvansiyonel akrilik rezin grubunda hızlandırılmış yaşlandırma sonucu ΔE değeri 0.3 iken, mikrodalga akrilik rezin grubunda bu değer 0.2 olarak saptanmıştır.

Buna göre, her 2 akrilik rezin sistemine ait ortalama L^* , a^* , b^* değerlerinden ilgili formül yardımıyla elde edilen ortalama renk değişim değerleri 1’den küçük bulunmuş olup, bu farklılıkların gözle görünür sınırların altında olduğunu söylemek mümkündür.

Sonuç

Bir kaide plağının bütün şartlarda renk stabilitesi göstermesi ideal özellikler arasında sayılmaktadır.³

Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi (Accelerated aging), çevresel koşulların uzun dönem etkilerinin simüle edildiği yöntemdir. Bu yöntem dental rezinlerin renk stabiliteilerinin belirlenmesinde 1978’den beri kullanılmaktadır.¹⁹ Bu işlemin esasını, görünür ve ultraviyole ışık ile ısı uygulaması ve belirli periyodlarla distile su spreyi oluşturmaktadır. Kısa dönemde uygulanan yaşlandırma işlemi, normal koşullarda uzun dönem kullanım ile karşılaştırılabilir. Bu amaçla kullanılan cihazın üretici firmasının değerlendirmesine göre 300 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma işlemi, 1 yıllık kullanım süresine eşit olmaktadır.⁶ Ruyter ve ark.¹⁷ en çok 1440 saat yaşlandırma işlemi uyguladıkları örneklerde yapılacak testler için gözle görünür değişikliklerin 300 saat sonunda ortaya çıktığını ifade etmişlerdir. Bu nedenle çalışmalarımız 300 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma süresi temel alınarak gerçekleştirilmiştir.

Ancak May ve ark.²⁰ 1996 yılında yaptığı ve 7 konvansiyonel akrilik rezin ve 1 mikrodalga akrilik rezinden elde ettikleri test örneklerini 300, 600 ve 900 saat yaşlandırma işlemine tabi tuttıkları çalışmalarında, 900 saatin sonunda bütün örneklerde renk değişikliği saptamışlardır. Hazırlanan örneklerden Hy-Pro’nun dışında Accelar 20, Acron MC ve Luciton CH kaide rezinleri önemli miktarda renk değişiklikleri sergilemektedir. Bu çalışma değerlendirildiğinde 300 saat yaşlandırma işleminin gözle görünür renk değişiklikleri meydana getirmek için yetersiz olduğu sonucundan hareketle, daha uzun yaşlandırma uygulanacak örneklerin özelliklerinin incelenmesi daha sonraki çalışmalarımızın hedefini teşkil edecektir.

Diş hekimliğinde, estetik materyallerde renk farklılıklarının belirlenmesinde, görsel incelemeler ve renk ölçüm cihazlarıyla yapılan değerlendirme

Tablo 3. Hızlandırılmış yaşlandırma öncesi (-) ve sonrası (+) test örneklerine ait ortalama b^* verileri ve standart sapmaları.

	Yaşlandırma (-)	Yaşlandırma (+)	n	p
	$\bar{X} \pm S_s$	$\bar{X} \pm S_s$		
Konvansiyonel akrilik rezin	-0.6 \pm 0.00	-0.36 \pm 0.05	5	$p < 0.05$
Mikrodalga akrilik rezini	-0.27 \pm 0.02	-0.1 \pm 0.00	5	$p < 0.05$

metodları kullanılmaktadır. Görsel olarak yapılan değerlendirmeler subjektif gözlemlere dayandığı için renk değerlendirilmelerinde farklılıklar olabilmektedir. Renk ölçüm cihazlarının kullanılması, rengin değerlendirilmesine ait temel zorlukların ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Bu cihazlar bir rengin fiziksel özelliklerini analiz etmektedirler. Kolorimetre cihazı, gözün reseptörleriyle aynı özellikleri gösteren 3 adet renk filtresi kullanarak, ışığın yansıyan ışınlarının kırmızı, yeşil ve mavi renklerini analiz eder. Renk koordinat sistemlerinin kullanılması fiziksel ölçümlerin objektif olarak yapılabilmesini sağlamaktadır.²¹ Bu nedenle çalışmamızda kolorimetrik analiz yapan bir cihazdan faydalanılmıştır.

CIE renk ölçüm sisteminde 2 obje arasındaki renk farklılık değerleri (ΔE) tek bir sayı ile ifade edildiğinden, renk değişikliklerinin hangi yönde gerçekleştiğinin belirlenmesi amacı ile çalışmamızda L^* , a^* , b^* renk parametreleri de incelenmiştir.

Rezin esaslı materyallerde renk değişiklikleri renkli yan ürünlerin oluşumu, aşınmaya bağlı yüzey yapısında meydana gelen değişiklikler ve dış faktörlerden kaynaklı boyanmalar şeklinde oluşur. Yüzey bozulması örnek renginin açıklığını arttırırken, kromasını azaltır.²²

Araştırma bulgularımıza göre yaşlandırma işleminin her 2 tip test örneğine etkileri incelendiğinde L^* değerindeki artış, örneklerin renginde açılmaya neden olmuştur.

Yaşlandırmanın a^* değerlerine etkileri incelendiğinde ise konvansiyonel akrilik için renk kırmızıya doğru değişmiştir. Aynı değerlendirme mikrodalga ile yapıldığında a^* değerlerinde istatistiksel bir fark yaratmamakla beraber örneklerin renginde kırmızıya doğru bir renk değişimi olmuştur.

Çalışmamız örneklerin b^* değerleri gözönüne alınarak incelendiğinde, yaşlandırma sonunda her 2 tip akrilik rezin için renkte sarıya doğru bir değişimin olduğu belirlenmiştir.

Tristimulus kolorimetreler görsel algılamının ortaya koyamayacağı renk değişikliklerinin tesbitinde duyarlıdır. Renk değişikliğini nitelendiren teknolojinin pratik uygulaması öncelikle

görsel önemi olan parametrelerin saptanmasını gerektirir. Görsel olarak algılanabilecek renk değişikliklerinin boyutunu kesinlikle belirlemeksizin renk değişikliğini nitelendirmek yeterli değildir.⁶ Bu nedenle, çalışmamızda renk farklılıkları klinik olarak kabul edilen limitler gözönüne alınarak değerlendirilmiştir.

Konvansiyonel akrilik rezin grubunda hızlandırılmış yaşlandırma sonucu ΔE değeri 0.3 iken, mikrodalga akrilik rezin grubunda bu değer 0.2 olarak saptanmıştır. Tesbit edilen ΔE değerinin 3.3-3.7'den daha düşük bulunması ile renk farklılığının kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu ifade edilmektedir.¹⁷ Buna göre araştırma kapsamına aldığımız her 2 yöntemle polimerize olan örnekler yaşlandırma işlemi sonucu gözle görünür bir renk değişikliği oluşturmamıştır.

Her ne kadar ΔE sonuçlarına göre yaşlandırma işlemi örnekler de gözle görünür sınırlar altında renk değişimleri oluşturmuş ise de mikrodalga akriliklerinin yaşlandırma işlemine göre yaklaşık 1 yıllık kullanım sonucu daha az renk farklılığı gösterdiğini ifade edebiliriz. Ancak Kuehni ve Marcus'a²³ göre ΔE değerleri renk değişimlerinin değerlendirilmesinde güvenilir değildir. Belli bir zaman periyodu sonunda dental polimerlerde meydana gelen sararma fenomeni ise renk stabilitesiyle ilgili olarak temel problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

May ve ark.²⁴ çalışmalarında 5 farklı akrilik rezin ve bir otopolimerizan akrilik rezin kullanarak yaptıkları renk stabilite çalışmalarında hazırladıkları örnekleri 100 ve 300 saat hızlandırılmış yaşlandırma işlemine tabi tutmuşlardır. Yapılan ΔE ölçümleri sonucunda Luciton Hy-Pro ve Acron MC'nin hızlandırılmış yaşlandırma koşullarından en az etkilenen rezinler olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda kullanılan Paladent 20 ve Acron MC için 300 saat hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonucunda ortaya çıkan sonuçlar da bu çalışma bulguları ile aynı paraleldedir.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanmış bütün örneklerde rengin açıldığı ve sarıya doğru değiştiği gözlenmiş, ancak genel olarak (ΔE) renk

değişikliklerinin gözle farkedilir sınır altında kaldığı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Philips RW: Skinner's science of dental materials. 9th ed, London: WB Saunders Co, Chapter 3-10-11, 1991
2. Phoenix RD: Denture base materials. Dent Clin North Am 40: 113, 1996
3. Craig RG, Peyton FA: Restorative Dental Materials, 9th ed. St Louis, The CV Mosby Publishing Co Inc, Chapter 14, 1993
4. Valittu PK: Some aspects of the tensile strength of unidirectional glass fibre-polymethyl methacrylate composite used in dentures. J Oral Rehabil 25: 100, 1998
5. Schneider RL, Curtis ER, Clancy JM: Tensile bond strength of acrylic resin denture teeth to a microwave or heat-processed denture base. J Prosthet Dent 88: 145, 2002
6. Douglas RD: Color stability of new generation indirect resins for prosthodontic application, J Prosthet Dent 83: 166, 2000
7. Doray PG, Li D, Powers JM: Color stability of provisional restorative materials after accelerated aging. J Prosthodont 10: 212, 2001
8. Schulze KA, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW: Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. Dent Mater 19: 612, 2003
9. Lee YK, Powers JM: Color changes of resin composites in the reflectance and transmittance modes. Dent Mater Mar 3; [Epub ahead of print] 2006
10. Ozkan Y, Arikian A, Akalin B, Arda T: A study to assess the colour stability of acetal resins subjected to thermocycling. Eur J Prosthodont Restor Dent 13: 10, 2005
11. Gaintantzopoulou M, Kakaboura A, Vougiouklakis G: Colour stability of tooth-coloured restorative materials. Eur J Prosthodont Restor Dent 13: 51, 2005
12. Brewer JD, Wee A, Seghi R: Advances in color matching. Dent Clin North Am 48: 341, 2004
13. Rosenstiel S, Land M, Fujimoto J: Color science, esthetics and shade selection, contemporary fixed prosthodontics. 3th ed. Mosby Inc, 2001, s.592
14. O'Brien WJ: Dental Materials and Their Selection. 2nd ed. Chicago, Quintessence Publishing Co Inc, Chapter 3-6, 1997
15. Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N: Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: A clinical comparison. Int J Periodontics Restorative Dent 24: 222, 2004
16. Johnsten W, Kao EC: Assesment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry, J Dent Res 68: 819, 1989
17. Ruyter IE, Nilner K, Moller B: Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. Dent Mater 3: 246, 1987
18. Seghi R, Hewlet ER, Kim JJ: Visual and instrumental colorimetric assesments of small color differences on translucent porcelain, J Dent Res 68: 1760, 1989
19. Powers JM, Dennison JB, Koran A: Color stability of restorative resins under accelerated aging. J Dent Res 57: 964, 1978
20. May KB, Shotwell JR, Koran A, Wang R: Color stability, denture base resins processed with the microwave method. J Prosthet Dent 76: 581, 1996
21. Douglas RD, Brewer JD: Variability of porcelain color reproduction by commercial laboratories. J Prosthet Dent 90: 339, 2003
22. Powers JM, Fan PL, Raptis CN: Color stability of new composite restorative materials under accelerated aging. J Prosthet Dent 59: 2071, 1980
23. Kuehni RG, Marcus RT: An experiment in visual scaling of small color differences, Color Research and Application 4: 83, 1979
24. May KB, Razzoog ME, Koran A, Robinson E: Denture base resins, comprasion study of color stability. J Prosthet Dent 68: 78, 1992