

Farklı yapıdaki rezin kompozit ve CAD/CAM materyallerinin renk stabiliteilerinin incelenmesi

Evaluation of color stability of resin composite and CAD/CAM materials with different structures

Dr. Öğr. Üyesi Elif Türkeş Başaran

Yeditepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi
Restoratif Diş Tedavisi A.D., İstanbul
Orcid ID: 0000-0001-6199-0472

Dr. Öğr. Üyesi Burcu Dikici

Yeditepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi
Restoratif Diş Tedavisi A.D., İstanbul
Orcid ID: 0000-0003-3944-4840

Prof. Dr. Esra Can

Yeditepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi
Restoratif Diş Tedavisi A.D., İstanbul
Orcid ID: 0000-0003-3585-4949

Geliş tarihi: 02 Şubat 2021

Kabul tarihi: 09 Eylül 2021

doi: 10.5505/yeditepe.2022.44227

Yazışma adresi:

Öğr. Gör. Dr. Elif Türkeş Başaran
Yeditepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Restoratif Diş Tedavisi A.D.
Bağdat Cad. No:238 34728 İstanbul
Tel: +90 216 363 60 44
E-posta: elif.turkes@yeditepe.edu.tr

ÖZET

Amaç: Bu in vitro çalışmanın amacı kahve ve kırmızı şarabın mikro-hibrit (G-aenial;GC), hibrit (Fantasista;Sun Med.), nano-hibrit (GrandioSO;VoCo), nano-seramik (CeramX Duo;Dentsply Sirona) ve mikrofil (Metafil CX;Sun Medikal) yapıdaki rezin kompozit materyalleri ile nano-seramik hibrit CAD/CAM (Grandio Blocs;VoCo) materyalinin renk stabilitesi üzerine etkisini incelemektir.

Gereç ve Yöntem: SÇalışmada beş farklı rezin kompozit materyalinden metal kalıplar kullanılarak 8x2 mm boyutlarında 30'ar örnek hazırlandı. Nano-seramik hibrit CAD/CAM örnekleri ise bloklardan kesilerek (10x2x2mm) elde edildi (n=30). Tüm örneklerin başlangıç L*a*b* değerleri spektrofotometreyle ölçüldü ve her bir materyal grubu rastgele yapay tükürük (kontrol), kahve ve kırmızı şarap olmak üzere 3 gruba ayrıldı (n=10). Kahve ve kırmızı şarap örnekleri 6 saat solüsyonda ve 18 saat yapay tükürükte, kontrol grubundaki örnekler ise 24 saat yapay tükürükte bekletildi. 1. ve 2. haftaların sonunda örneklerin L*a*b* ölçümleri tekrarlandı. Renk değişimi CIEL*a*b* (ΔE) ve CIEDE2000 (ΔE_{00}) renk değerlendirme sistemlerine göre değerlendirildi. Sonuçlar istatistiksel olarak bağımlı örneklem t-testi, iki yönlü varyans analizi ve post hoc Tukey testi kullanılarak karşılaştırıldı ($\alpha=0,05$).

Bulgular: Tüm materyallerde, kontrol grubunda gözle algılanabilir düzeyde renklenme görülmezken, 1. hafta sonunda kırmızı şarapta, 2. hafta sonunda ise kırmızı şarap ve kahvede belirgin düzeyde renk değişimi gözlemlendi. 2. hafta sonunda kahve solüsyonunda istatistiksel olarak en yüksek ΔE değerleri Fantasista'da, kırmızı şarapta ise Fantasista ve G-aenial'da saptandı ($p<0,05$).

Sonuç(lar): Renklendirici içecekler farklı yapıdaki rezin kompozit materyallerinde klinik olarak kabul edilebilir sınırların üstünde renk değişimine neden olurken kırmızı şarap renk stabilitesini en fazla etkileyen içecek olmuştur. Mikrofil, nano-hibrit, nano-seramik kompozitler ve nano-seramik hibrit CAD/CAM blok, renk stabilitesi açısından mikro-hibrit ve hibrit kompozitlere göre daha başarılı bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: rezin kompozit, renk stabilitesi, CAD/CAM materyali.

SUMMARY

Aim: The aim of this study was to evaluate the effect of coffee and red wine on the color stability of micro-hybrid (G-aenial;GC), hybrid (Fantasista;Sun Medical), nano-hybrid (GrandioSO;VoCo), nano-ceramic (CeramX Duo;Dentsply Sirona) and microfill (Metafil CX;Sun Med) resin composites and nano-ceramic hybrid CAD/CAM material (Grandio Blocs;VoCo).

Material and Methods: Samples (8x2mm) were prepared from five different resin composites and nano-ceramic hybrid CAD/CAM samples (10x2x2mm) were prepared by cutting from blocks (n=30). The initial L*a*b* values were measured by spectrophotometer. Each group was randomly divided into 3 subgroups as artificial saliva (control), coffee and red wine (n=10). Control group was stored in artificial saliva while experimental groups were immersed in solutions for 6 hours and kept in artificial saliva for 18 hours. Values were re-measured after 1-week and 2-week. Color change was calculated with CIEL*a*b* (ΔE) and CIEDE2000 (ΔE_{00}) formulas. Statistical analyses were performed by paired samples t-test, two-way ANOVA and post hoc Tukey test ($\alpha=0.05$).

Results: While there was no perceptible discoloration in all materials in control group, significant changes were observed in red wine after one week and in both red wine and coffee after two weeks. The highest ΔE values in coffee solution were found in Fantasia, and in red wine Fantasia and G-aenial ($p<0.05$).

Conclusion: While staining beverages caused discoloration above clinically acceptable limits on different types of resin composites, red wine was the beverage affected the color stability the most. Microfill, nano-hybrid, nano-ceramic composites and nano-ceramic hybrid CAD/CAM block were found more resistant to color change than micro-hybrid and hybrid composites.

Key words: resin composite, color stability, CAD/CAM material

GİRİŞ

Rezin kompozitler biyoyumlu ve estetik olmalarının yanı sıra fiziksel ve mekanik özelliklerinin de sürekli geliştirilmesi nedeniyle diş hekimliği pratiğinde ön bölge restorasyonlarında en sık tercih edilen materyal haline gelmiştir. Kompozit restorasyonların renk stabilitesi, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey parlaklığı gibi özellikleri estetik performanslarında büyük önem taşımaktadır. Kompozit restorasyonların zamanla renk değişikliğine uğradığı birçok çalışmayla gösterilmiştir ve bu problem ön bölge kompozit restorasyonların değiştirilme nedenlerinin başında gelmektedir.¹ Kompozitlerde meydana gelen renklenmeler iç ve dış kaynaklı olabilmektedir. Dış kaynaklı renklenmeler, renklendirici yiyecek ve içeceklerin absorpsiyonu sonucu oluşurken, iç kaynaklı renklenmeler kompozit restorasyonun dış yüzeyine renklendirici ajanın tutunması ile oluşmakta ve restorasyonun fiziko-kimyasal reaksiyonları sonucunda daha derin katmanlarında meydana gelmektedir.²

Rezin kompozitlerin organik matriks yapısı ve inorganik

partiküllerinin karakteristik özellikleri renklenmeye olan yatkınlıklarını doğrudan etkilemektedir. Organik matriksin monomer oranı, kimyasal yapısı ve su emilim miktarı renklenme derecesini belirlemektedir.³ Restoratif materyallerin inorganik partikül miktarlarının fiziksel özellikler üzerindeki büyük etkisi nedeniyle resin kompozitlerin sınıflandırılması inorganik partikül tipine ve boyutuna dayanmaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan resin kompozitler mikrofil, mikro-hibrit ve nano-kompozitler (nanofil ve nano-hibrit resin kompozitler) olarak üç ana kategoriye ayrılmaktadır.⁴ Mikrofil kompozitler iyi cilalanabilirlik ile üstün estetik özellikler göstermektedir, ancak bunun yanında mekanik özellikleri yetersizdir. Mikro-hibrit kompozitler, optimum mekanik ve fiziksel özellikler göstermeleri ve iyi cilalanabilir olmaları sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Nano-kompozitlerde ise, hibrit kompozitlerin iyi mekanik özellikleri ve mikrofil kompozitlerin üstün cilalanma özellikleri bir araya getirilmiştir. Nano-hibrit kompozitler, cam partikül ve prepolimerize yapıda nano partiküller (40-50 nm) içeren hibrit kompozitlerdir.⁵

Son yıllarda, dijital diş hekimliğinin gelişmesine paralel olarak, seramik bazlı CAD/CAM materyalleri ile birlikte polimer infiltre seramik materyalleri ve yüksek sıcaklık ve basınç altında üretilen resin bazlı CAD/CAM materyalleri piyasaya sürülmüştür.⁶ Polimer infiltre seramik ve resin bazlı CAD/CAM materyalleri, iyi marjinal adaptasyonları, elastikiyet modüllerinin dentine yakın olması ve kolay tamir edilebilmeleri nedeniyle klinikte seramik bazlı CAD/CAM materyallerine göre kullanım avantajı sağlamaktadır. Resin bazlı CAD/CAM materyellerinin resin matriksi içerisine nano-seramik parçacıkların eklenmesi bu materyallerin anterior restorasyonlarda da kullanılabilmesini sağlamıştır.⁷ Ancak resin bazlı CAD/CAM materyallerinde de yapılarındaki resin matriksten dolayı su emilimi ve buna bağlı olarak renklenme meydana gelebilmektedir.⁸

Ağız ortamında bulunan restorasyonlar günlük hayatta sıklıkla tüketilen içeceklerden ve alışkanlıklardan etkilenmektedir. Özellikle renklendirme etkisi yüksek içecekler olan kahve ve kırmızı şarap kompozitlerin yüzey özelliklerini ve renklerini olumsuz etkilemektedir.^{1,9} Renk değişiminin değerlendirilmesinde görsel değerlendirme ve dijital renk ölçüm cihazları kullanılmaktadır. Görsel değerlendirmede, ışık kaynağı, dişeti rengi, renkli cismin göze uzaklığı, çevresel faktörler ve deneyim gibi birçok faktör diş hekimlerinin renk değerlendirmesini etkilemektedir.¹⁰ Bu yüzden renk değişiminin değerlendirilmesinde daha kesin, güvenilir sonuçlar almak için kolorimetre ve spektrofotometre gibi hassas kantitatif tekniklerle tekrarlanabilir ölçümler yapılabilen dijital renk ölçüm cihazları tercih edilmektedir.^{1,10}

CIE L*a*b* (Commission Internationale de l'Eclairage) renk sistemi aletsel renk analizlerinde sıklıkla kullanılan bir sistemdir. CIE L*a*b* renk sistemi üç koordinat içerir.

Renk farklılığı (ΔE), üç boyutlu renk uzayındaki iki nokta arasındaki farklılığın yönü ve büyüklüğünün matematiksel olarak hesaplanmasıdır.¹¹ Bu sistemin yanı sıra, günlük olarak tercih edilen bir başka sistem ise CIEDE2000 ($\Delta E00$)'dir.¹² Gözle parlaklık farkı nedeniyle oluşan renk değişimi zor algılanırken, ton farkı nedeniyle oluşan renk değişimi daha kolay algılanmaktadır. 2000 yılında CIE L^*a^*b sistemindeki gibi tüm değişkenleri eşit değerlendirmek yerine gözün algısını daha baskın biçimde etkileyen faktörün katsayısını ona göre belirleyerek kabul edilebilirliği ve algılanabilirliği daha uygun ve doğru biçimde saptayacak CIEDE2000 formülü geliştirilmiştir.¹¹ Yapılan birçok araştırmada çeşitli içeceklerin rezin kompozitlerin renk stabilitesi üzerindeki etkisi araştırılmış ve renk değişiminin rezin kompozitlerin inorganik partikül içeriği ve miktarına göre değişebileceği bildirilmiştir.¹³ Bu nedenle bu in vitro çalışmada renklendirme potansiyeli yüksek içecekler; kahve ve kırmızı şarabın mikro-hibrit, hibrit, nanohibrit, nano-seramik ve mikrofil rezin kompozit materyalleri ile nano-seramik hibrit CAD/CAM materyalinin renk stabilitesi üzerine olan etkilerinin ΔE ve $\Delta E00$ değerleri kullanılarak karşılaştırılması hedeflenmiştir. Çalışmanın sıfır hipotezleri; farklı yapılarıdaki kompozit ve CAD/CAM materyallerinin renklendirici solüsyonlarda benzer renk değişimi göstereceği ve yapay tükürük, kahve ve kırmızı şarabın aynı materyal tipinde benzer renk değişimine neden olmasıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Vita skalasında A2'ye eşdeğer beş farklı yapıdaki rezin kompozit (mikro-hibrit: G-aenial, GC; hibrit: Fantasista, Sun Medical Ltd.; nano-hibrit: GrandioSO, VoCo; nano-seramik: CeramX Duo, Dentsply Sirona; mikrofil: Metafil CX, Sun Medical Ltd.) ve bir nano-seramik hibrit CAD/CAM materyali (Grandio blocs, VoCo) kullanıldı. Çalışmada kullanılan materyaller ve içerikleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

Çalışmada örnek sayısının belirlenmesi için G*Power programı ile yapılan güç (power) analizi sonucunda, renk stabilitesi için %80 güç ve $\alpha:0,05$ için tespit edilen örnek sayısı her bir grup için 10 olarak belirlendi.

Çalışmada her bir rezin kompozit materyalinden, silindirik metal kalıplar kullanılarak 8x2mm boyutlarında 30'ar adet örnek hazırlandı. Kompozit materyalleri siman camı üzerine yerleştirilen metal kalıplar içerisine bir spatül yardımıyla hava kabarcığı kalmayacak şekilde sıkıştırılarak dolduruldu. Kalıpların üzerine önce şeffaf bant, daha sonra mikroskop camı yerleştirildi, fazlalıklar alındı ve her materyal üretici firmalarının önerdiği sürelerde polimerize edildi (Demi Ultra; 1100 mW/cm², Kerr). Nano-seramik hibrit CAD/CAM örnekler (Grandio Blocs, Voco) ise bloklardan düşük devirli elmas bıçak (Isomet, Buehler Ltd) yardımı ile kesilerek hazırlandı (10x2x2mm; n=30).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan materyaller, üretici firmaları ve içerikleri.

Materyaller	Tipi	Üretici Firma	İçerik	İnorganik partikül Miktarı (%)
Metafil CX	Mikrofil	Sun Medikal Ltd., Japonya	UDMA, TMPT, kolloidal silika	66 (wt), 54 (vol)
Grandio SO	Nano-hibrit	VoCo, Almanya	BisGMA, BisEMA, TEGDMA, Cam seramik (0,5-3 μ m) ve silikon dioksit (20-40 nm) inorganik partiküller	89 (wt), 73 (vol)
G-aenial	Mikro-hibrit	GC, Japonya	UDMA, dimetakrilat komonomerler, pre-polimerize partikül içeren silika, pre-polimerize partikül içeren stronisyum ve lantanoid florid (16-17 μ m), silika (850 nm), fumed silika (16 nm)	76 (wt), 63 (vol)
Fantasista	Hibrit	Sun Medikal Ltd., Japonya	UDMA, TMPT (20 μ m), stronisyum cam (1 μ m), Baryum cam inorganik partiküller	76 (wt), 57 (vol)
CeramX Duo	Nano-seramik	Dentsply Sirona, Almanya	Metakrilat modifiye polisiloksan/dimetakrilat rezin, Baryum-aluminyum-borosilikat cam; metakrilat fonksiyonlu silikon dioksit nanopartikül	76 (wt), 57 (vol)
Grandio blocs	Nano-seramik hibrit	VoCo, Almanya	Cam seramik partiküller (1 μ m), silikon dioksit nanopartiküller (20-40 nm), pigmentler (demir oksit, titanyum oksit), UDMA+DMA	86 (wt)

UDMA: Üretan dimetakrilat, TMPT: trimetilolpropan trimetakrilat, BisGMA: Bisfenol A glisidil metakrilat, BisEMA: Bisfenol A etoksilat dimetakrilat, TEGDMA: trietilenlikol dimetakrilat, DMA: dodesil dimetakrilat

Çalışmada cila ve renk ölçümlerinin örneklerin aynı yüzeyinden yapılabilmesi için örneklerin bir yüzeyi işaretlendi. Bu yüzeylerde kompozitlerin klinikteki bitim işlemlerini taklit edebilmek ve şeffaf bant altında oluşan rezinden zengin tabakayı ortadan kaldırabilmek için sırasıyla 320 ve 600 gritlik silikon karbid zımparalar ile su soğutması altında yüzey hazırlığı yapıldı (Buehler, Lake Bluff, ABD). Daha sonra hazırlanan yüzeyler aşamalı cila seti (Clearfil Twist Dia, Kuraray) içerisindeki ince ve süper ince cila spiralleri ile su soğutması olmadan 10000 rpm'de 20'şer saniye cilalandı ve son cila işlemi için de elmas cila pastası (0,5 μ m Diamond Polish Mint, Ultradent; 30 saniye 10000 rpm) kullanıldı. Cila işlemi tamamlanan örnekler renklendirme işlemi öncesinde ayrı ayrı cam tüplerde yapay tükürük (20 mM HEPES 11,92 g, 1,5 mM CaCl₂ 416 mg, 0,9 mM KH₂PO₄ 391 mg, 130 mM KCl 24,22 g 1mM Na₃ 162,5 mg, KOH; pH=7 olması için gereken miktar ve distile su.¹⁴) içerisine yerleştirildi ve ağız ortamını taklit edebilmek amacıyla 24 saat 37°C'de etüvde (Memmert UM400, Almanya) bekletildi. Daha sonra spektrofotometre (CM-2600d, Konica Minolta, Osaka, Japonya) kullanılarak her örneğin başlangıç renk ölçümleri gerçekleştirildi. Her örnekten 3 ölçüm yapıldı ve bunların ortalaması L, a*, b* değerleri olarak kayıt edildi.

Başlangıç renk ölçümleri yapılan her bir materyal grubu rastgele yapay tükürük, kahve (Nescafe Classic, Nestle, İsviçre) ve kırmızı şarap (DLC Öküzgözü 2009, Doluca,

Türkiye) olmak üzere 3 renklendirici solüsyona ayrıldı (n=10). Kahve üretici firmanın önerileri doğrultusunda, 2 gr kahve granülünün 200 ml kaynatılmış distile su içinde 7 dakika bekletilmesi şeklinde hazırlandı ve oda sıcaklığında soğumaya bırakıldı. Kahve ve kırmızı şarap gruplarındaki örnekler 6 saat solüsyonda, 18 saat 37°C de yapay tükürükte, yapay tükürük grubundaki örnekler ise 24 saat boyunca 37°C de yapay tükürükte bekletildi. Renklendirici solüsyonlar her gün yenilendi. Renklendirme süresi sonrasında her örnek yapay tükürük solüsyonuna konulmadan önce renklendirici solüsyonların birikintilerini uzaklaştırmak amacıyla diş macunu kullanılmadan ekstra yumuşak diş fırçası ile 5 saniye distile su altında fırçalandı. Renklendirme döngüsü 14 gün boyunca uygulandı ve 7. ve 14. günlerde tüm örneklerin renk ölçümleri tekrarlandı. Örneklerin renk değişimleri (ΔE) CIE L*a*b ve (ΔE_{00}) CIE-DE 2000 sistemlerine göre hesaplandı.

ΔE değerinin CIE L*a*b sistemine göre hesaplanması:

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

ΔE değerinin CIEDE 2000 sistemine göre hesaplanması:

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{1/2}$$

Çalışmada kullanılan rezin kompozitlerin yapısını ve yüzey morfolojilerini incelemek amacıyla her materyalden bir örnek altın ile kaplandı ve taramalı elektron mikroskopu ile 500 ve 2000X büyütmelemlerde incelendi (6335-F, JEOL Ltd).

İstatistiksel analiz:

Rezin kompozit ve renklendirici solüsyonun renk değişimi üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesinde iki yönlü varyans analizi kullanıldı. Devam testleri olarak tek yönlü varyans analizi ve farklılığa neden olan grubun tespitinde de post hoc Tukey testi kullanıldı. Her materyal grubu içinde zamana bağlı renk değişimi bağımlı örneklem t testi kullanılarak değerlendirildi ($\alpha=0,05$). Her iki renk ölçümü sistemi arasındaki uyumun belirlenmesinde ise Pearson korelasyonu kullanıldı.

BULGULAR

Çalışmada, yapay tükürük, kahve ve kırmızı şarapta bekletilen farklı rezin kompozit ve nano-seramik hibrit CAD/CAM materyallerinin başlangıç, 7. ve 14. gün renk değişimlerinin kendi içlerindeki ve materyaller arasındaki istatistiksel karşılaştırmaları ΔE sistemi için Tablo 2'de, ΔE_{00} sistemi için ise Tablo 3'te gösterilmekte, solüsyonlar arasındaki istatistiksel karşılaştırmalar ise Tablo 4'te belirtilmektedir.

Tablo 2. Yapay tükürük, kahve ve kırmızı şarapta bekletilen farklı rezin kompozit ve nano-seramik hibrit CAD/CAM materyallerinin başlangıç, 7. gün ve 14. gün renk değişim değerlerinin CIE L*a*b* (ΔE) ortalamaları (\square ss).

	Başlangıç	7gün	14gün	p değeri**
Yapay Tükürük				
Metafil	0,17±0,09 ^A	0,54±0,12 ^{a,B}	0,86±0,16 ^{a,C}	<0,01
GrandioSO	0,21±0,05 ^A	0,54±0,07 ^{a,B}	0,62±0,06 ^{a,B}	<0,01
G-aenial	0,35±0,07 ^A	0,42±0,09 ^{a,A}	0,82±0,11 ^{a,B}	<0,01
Fantasista	0,28±0,1 ^A	0,47±0,14 ^{a,A}	0,56±0,12 ^{a,A}	= 0,121
CeramX Duo	0,17±0,06 ^A	0,7±0,19 ^{a,B}	0,74±0,2 ^{a,B}	<0,05
Grandio blocs	0,14±0,04 ^A	0,53±0,07 ^{a,B}	0,58±0,14 ^{a,B}	<0,01
p değeri*		= 0,732	= 0,566	
Kahve				
Metafil	0,15±0,04 ^A	3,15±0,22 ^{a,B}	4,74±0,74 ^{a,C}	<0,01
GrandioSO	0,22±0,06 ^A	3,71±0,22 ^{a,B}	5,41±0,36 ^{a,C}	<0,01
G-aenial	0,33±0,06 ^A	4,21±0,29 ^{a,B}	5,48±0,31 ^{a,C}	<0,01
Fantasista	0,32±0,12 ^A	6,38±0,52 ^{b,B}	8,29±0,62 ^{b,C}	<0,01
CeramX Duo	0,15±0,06 ^A	3,59±0,39 ^{a,B}	4,73±0,56 ^{a,C}	<0,01
Grandio blocs	0,09±0,01 ^A	2,93±0,33 ^{a,B}	4,72±0,46 ^{a,C}	<0,01
p değeri*		<0,01	<0,01	
Kırmızı Şarap				
Metafil	0,12±0,01 ^A	6,07±0,41 ^{a,B}	8,31±0,56 ^{a,C}	<0,01
GrandioSO	0,19±0,04 ^A	5,94±0,47 ^{a,B}	9,37±0,69 ^{a,b,C}	<0,01
G-aenial	0,32±0,06 ^A	8,45±1,87 ^{a,B}	13,76±1,96 ^{b,C}	<0,01
Fantasista	0,29±0,18 ^A	25,57±2,24 ^{b,B}	28,94±1,66 ^{c,C}	<0,01
CeramX Duo	0,17±0,02 ^A	5,03±0,48 ^{a,B}	10,09±1,81 ^{a,b,C}	<0,01
Grandio blocs	0,11±0,03 ^A	5,28±0,67 ^{a,B}	9,24±0,81 ^{a,b,C}	<0,01
p değeri*		<0,01	<0,01	

* Yapay tükürük, kahve ve kırmızı şarapta bekletilen kompozit materyallerinin renk değişim değerlerinin tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi ile değerlendirilmesi: Yapay tükürük, kahve ve kırmızı şarap gruplarına ait sütunlar içinde farklı küçük harfe sahip materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır (p<0,05). ** Zamana bağlı renk değişim değerlerinin bağımlı örneklem t testi ile değerlendirilmesi: Aynı satır içindeki farklı büyük harfe sahip materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0,05).

Tablo 3. Yapay tükürük, kahve ve kırmızı şarapta bekletilen farklı rezin kompozit ve nano-seramik hibrit CAD/CAM materyallerinin, 7. gün ve 14. gün renk değişim değerlerinin CIEDE2000 (ΔE_{00}) ortalamaları (\square ss).

	Başlangıç	7.gün	14.gün	p değeri**
Yapay Tükürük				
Metafil	0,14±0,02 ^A	0,49±0,1 ^{a,B}	0,68±0,12 ^{a,C}	<0,01
GrandioSO	0,17±0,03 ^A	0,45±0,05 ^{a,B}	0,54±0,06 ^{a,B}	<0,01
G-aenial	0,32±0,72 ^A	0,44±0,07 ^{a,A}	0,64±0,09 ^{a,B}	<0,05
Fantasista	0,21±0,07 ^A	0,4±0,09 ^{a,A}	0,47±0,08 ^{a,A}	= 0,169
CeramX Duo	0,14±0,05 ^A	0,62±0,16 ^{a,B}	0,66±0,18 ^{a,B}	<0,01
Grandio blocs	0,12±0,02 ^A	0,39±0,05 ^{a,B}	0,41±0,11 ^{a,B}	<0,01
p değeri*		= 0,384	= 0,447	
Kahve				
Metafil	0,13±0,03 ^A	2,09±0,42 ^{a,B}	3,13±0,46 ^{a,C}	<0,01
GrandioSO	0,18±0,04 ^A	2,65±0,18 ^{a,B}	3,83±0,22 ^{a,C}	<0,01
G-aenial	0,27±0,62 ^A	3,01±0,18 ^{a,B}	3,9±0,17 ^{a,C}	<0,01
Fantasista	0,23±0,07 ^A	4,21±0,31 ^{b,B}	5,7±0,39 ^{b,C}	<0,01
CeramX Duo	0,13±0,05 ^A	2,91±0,26 ^{a,B}	3,77±0,38 ^{a,C}	<0,01
Grandio blocs	0,06±0,01 ^A	2,19±0,24 ^{a,B}	3,6±0,39 ^{a,C}	<0,01
p değeri*		<0,01	<0,01	
Kırmızı Şarap				
Metafil	0,11±0,02 ^A	4,71±0,32 ^{a,B}	6,64±0,47 ^{a,b,C}	<0,01
GrandioSO	0,15±0,03 ^A	3,96±0,27 ^{a,B}	6,21±0,34 ^{a,C}	<0,01
G-aenial	0,32±0,09 ^A	5,77±0,98 ^{a,B}	9,65±1,02 ^{b,C}	<0,01
Fantasista	0,21±0,02 ^A	13,26±0,85 ^{b,B}	14,65±0,52 ^{c,C}	<0,01
CeramX Duo	0,15±0,02 ^A	3,72±0,29 ^{a,B}	7,76±1,42 ^{a,b,C}	<0,01
Grandio blocs	0,07±0,02 ^A	4,21±0,52 ^{a,B}	7,48±0,65 ^{a,b,C}	<0,01
p değeri*		<0,01	<0,01	

* Yapay tükürük, kahve ve kırmızı şarapta bekletilen kompozit materyallerinin renk değişim değerlerinin tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi ile değerlendirilmesi: Yapay tükürük, kahve ve kırmızı şarap gruplarına ait sütunlar içinde farklı küçük harfe sahip materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır (p<0,05). ** Zamana bağlı renk değişim değerlerinin bağımlı örneklem t testi ile değerlendirilmesi: Aynı satır içinde farklı büyük harfe sahip materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0,05).

Tablo 4. Renklendirici solüsyonların 7. ve 14. gün sonunda farklı rezin kompozit ve nano-seramik hibrit CAD/CAM materyalleri üzerine olan renk değişimi etkilerinin ΔE ve ΔE_{00} sistemleri ile gösterilmesi.

Materyal	Renklendirici Solüsyon	7.gün (ΔE)	14.gün (ΔE)	7.gün (ΔE_{00})	14.gün (ΔE_{00})
Metafil	Yapay Tükürük	0,54±0,12 ^a	0,86±0,16 ^a	0,49±0,1 ^a	0,68±0,12 ^a
	Kahve	3,15±0,22 ^b	4,74±0,74 ^b	2,09±0,42 ^b	3,13±0,46 ^b
	Kırmızı Şarap	6,07±0,41 ^c	8,31±0,56 ^c	4,71±0,32 ^c	6,64±0,47 ^c
<i>p değeri*</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
GrandioSO	Yapay Tükürük	0,54±0,07 ^a	0,62±0,06 ^a	0,45±0,05 ^a	0,54±0,06 ^a
	Kahve	3,71±0,22 ^b	5,41±0,36 ^b	2,65±0,18 ^b	3,83±0,22 ^b
	Kırmızı Şarap	5,94±0,47 ^c	9,37±0,69 ^c	3,96±0,27 ^c	6,21±0,34 ^c
<i>p değeri*</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
G-aenial	Yapay Tükürük	0,42±0,09 ^a	0,82±0,11 ^a	0,44±0,07 ^a	0,64±0,09 ^a
	Kahve	4,21±0,29 ^b	5,48±0,31 ^b	3,01±0,18 ^b	3,9±0,17 ^b
	Kırmızı Şarap	8,45±1,87 ^c	13,76±1,96 ^c	5,77±0,98 ^c	9,65±1,02 ^c
<i>p değeri*</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fantasista	Yapay Tükürük	0,47±0,14 ^a	0,56±0,12 ^a	0,4±0,09 ^a	0,47±0,08 ^a
	Kahve	6,38±0,52 ^b	8,29±0,62 ^b	4,21±0,31 ^b	5,7±0,39 ^b
	Kırmızı Şarap	25,57±2,24 ^c	28,94±1,66 ^c	13,26±0,85 ^c	14,65±0,52 ^c
<i>p değeri*</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CeramX Duo	Yapay Tükürük	0,7±0,19 ^a	0,74±0,2 ^a	0,62±0,16 ^a	0,66±0,18 ^a
	Kahve	3,59±0,39 ^b	4,73±0,56 ^b	2,91±0,26 ^b	3,77±0,38 ^b
	Kırmızı Şarap	5,03±0,48 ^c	10,09±1,81 ^c	3,72±0,29 ^c	7,76±1,42 ^c
<i>p değeri*</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Grandio	Yapay Tükürük	0,53±0,07 ^a	0,58±0,14 ^a	0,39±0,05 ^a	0,41±0,11 ^a

* Yapay tükürük, kahve ve kırmızı şarapta beklenen kompozit materyallerinin renk değişim değerlerinin tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi ile değerlendirilmesi: Materyal grupları içinde farklı solüsyonlardaki farklı küçük harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı ifade etmektedir (p<0,05).

Çalışmada kullanılan tüm rezin kompozit materyallerinin ve nano-seramik hibrit CAD/CAM materyalinin zamana bağlı olarak farklı solüsyonlardaki renk değişim değerleri her iki renk sistemi ile incelendiğinde, rezin kompozit yapısının (p<0,01) ve kullanılan renklendirici solüsyonun (p<0,01) renklenme üzerinde ayrı ayrı ve birlikte istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olduğu gözlemlendi (p<0,01). Yapay tükürük gruplarına ait renk değişimi değerleri ΔE ve ΔE_{00} sistemleri kullanılarak karşılaştırıldığında her iki sistemle de benzer istatistiksel sonuçlar elde edildi. Materyallerin yapay tükürükte bekletilmesinin zamana bağlı renk değişimi incelendiğinde, Metafil'in başlangıç, 7. ve 14. gün renk değişim değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı şekilde artış saptandı (p<0,01). GrandioSO, CeramX Duo ve Grandio CAD/CAM materyallerinde başlangıç değerleri ile 7. gün değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenirken (p<0,01), 7. ve 14. gün değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı (p>0,05). G-aenial'da ise başlangıç ve 7. gün değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmazken (p>0,05), 7. ve 14. gün değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (p<0,05). Fantasista'da, yapay tükürük solüsyonu içinde zamana bağlı renk değişim değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmedi (p>0,05).

Kahve solüsyonunun rezin kompozit ve nano-seramik hibrit CAD/CAM materyallerinde zamana bağlı meydana getirdiği renk değişimi ΔE ve ΔE_{00} sistemleri ile incelendiğinde, bütün materyallerde başlangıç ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde renk değişimi saptandı (p<0,01). ΔE ve ΔE_{00} sisteminde 7. ve 14. gün renk değişim değerleri incelendiğinde, Fantasista bütün materyaller arasında istatistiksel olarak her iki zaman diliminde de en fazla renk değişimi gösteren materyal olarak saptanırken (p<0,01) diğer materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p>0,05).

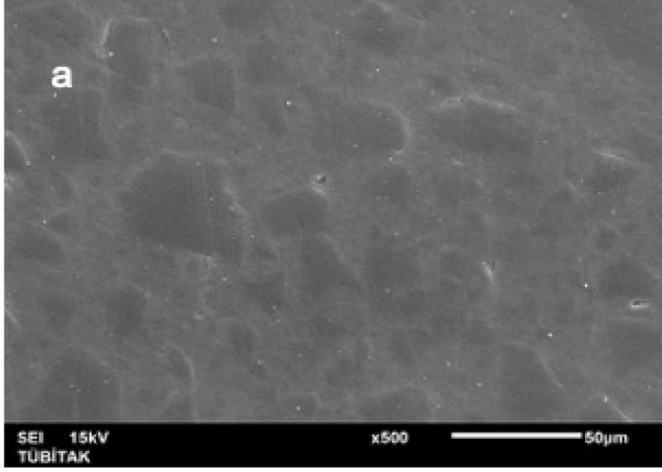
Şarap solüsyonunun materyallerin zamana bağlı renk değişimi üzerine etkisi incelendiğinde ise, bütün materyallerin her iki değerlendirme sisteminde de başlangıca göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek renklenme gösterdiği saptandı (p<0,01). Fantasista istatistiksel olarak en yüksek renk değişimi gösteren materyal olurken (p<0,01) diğer materyaller arasında her iki değerlendirme sisteminde de istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmedi (p>0,05). Resin kompozitlerin kırmızı şarapta 14. gün ΔE değerleri incelendiğinde, G-aenial Metafil'den istatistiksel olarak yüksek renk değişimi gösterirken (p=0,012), Fantasista bütün kompozitler arasında istatistiksel olarak en fazla renk değişimi gösteren materyal olarak saptandı (p<0,01). Kırmızı şarap solüsyonundaki renk değişimi ΔE_{00} sistemi ile değerlendirildiğinde ise, G-aenial 14. gün sonunda GrandioSO'dan istatistiksel olarak yüksek renk değişimi gösterdi (p=0,018). Fantasista 14. günde bu sistemle de istatistiksel olarak en yüksek renk değişimi gösteren materyal olarak belirlendi (p<0,01).

Çalışmada kullanılan renklendirici solüsyonların restoratif materyallerin renk değişimi üzerine etkisi incelendiğinde, tüm materyal gruplarında kırmızı şarap, kahve ve yapay tükürük solüsyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı ve en fazla renk değişimine neden olan solüsyonun kırmızı şarap olduğu belirlendi (p<0,01). Çalışmada elde edilen tüm değerler göz önünde bulundurulduğunda ΔE (CIE L*a*b) ve ΔE_{00} (CIEDE 2000) sistemleri arasında aynı yönde ve %95,3 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon olduğu tespit edildi (r=0,976).

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Bulguları:

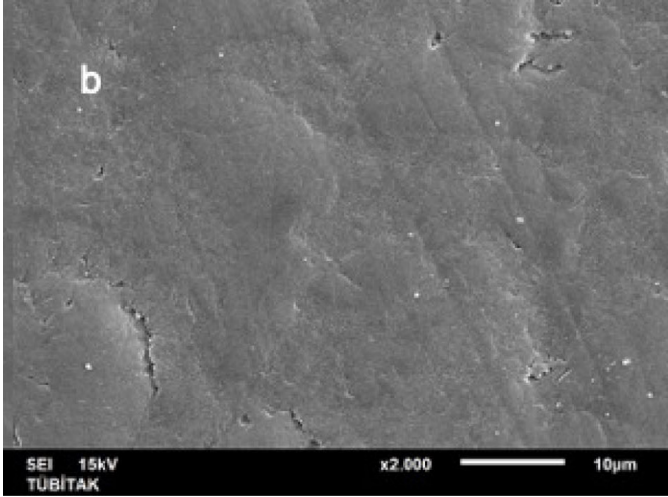
Çalışmada kullanılan materyallerin taramalı elektron mikroskobu (SEM x500; x2000) görüntülerinde aşağıdaki bulgular elde edildi:

Metafil'in yapısında mikro boyutta inorganik partiküller saptandı (Resim 1a).



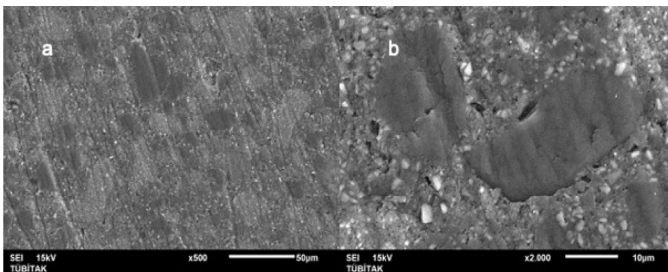
Resim 1. Metafil kompozitinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü a) x500

Cila sonrasında organik rezin matris ve inorganik yapıların birbirleri ile entegre düzgün bir yüzey sergilediği ancak yüzeyde hafif çiziklerin meydana geldiği belirlendi (Resim 1b).



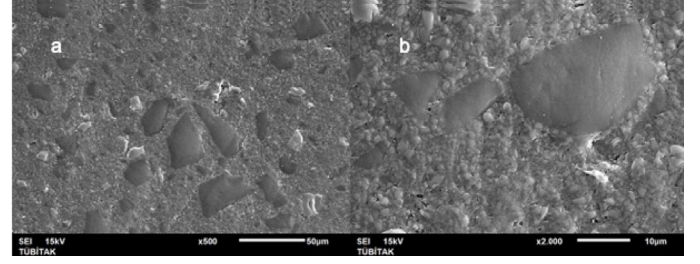
Resim 1. Metafil kompozitinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü b) x2000

G-aenial'ın SEM görüntülerinde cila sonucunda yüzeyde belirgin çiziklerin oluştuğu ve yapıdan küçük kopmaların meydana geldiği gözlemlendi (Resim 2).



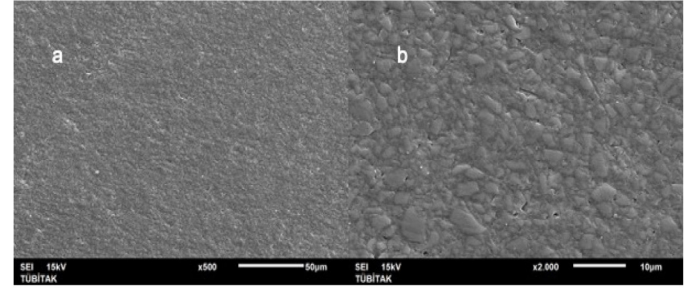
Resim 2. G-aenial kompozitinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü a) x500 b) x2000.

Fantasista'ya ait SEM görüntülerinde hibrit yapının sahip olduğu büyük boyuttaki inorganik partiküller izlendi ve cila nedeniyle organik rezin matrisin aşındığı ve inorganik partiküllerin açığa çıktığı görüldü (Resim 3).



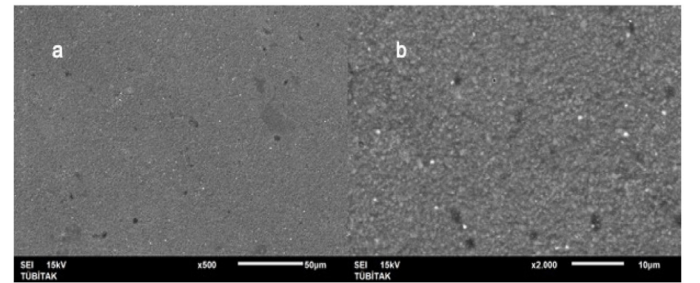
Resim 3. Fantasista kompozitinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü a) x500 b) x2000.

GrandioSO'nun SEM görüntülerinde nano boyuttaki inorganik partiküller ile organik rezin matrisin sıkı bir yapı oluşturduğu ve cila sonrası homojen bir yüzey yapısı meydana geldiği saptandı (Resim 4).



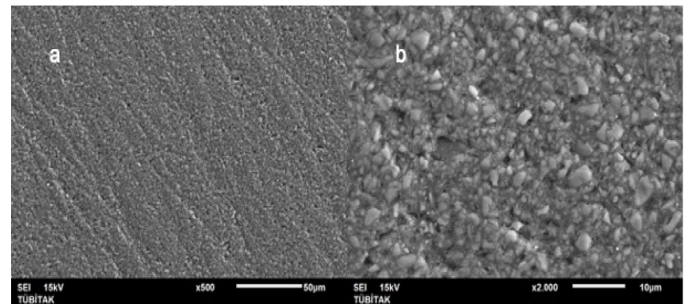
Resim 4. GrandioSO kompozitinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü a) x500 b) x2000.

CeramX Duo'nun SEM görüntülerinde yapıdaki inorganik nano partiküller gözlemlendi. Kompozitin cila sonrası oluşan düzgün yüzey yapısı izlendi (Resim 5).



Resim 5. CeramX Duo kompozitinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü a) x500 b) x2000.

Grandio CAD/CAM materyalinin SEM görüntülerinde, yapıdaki yüksek orandaki inorganik nano partiküller saptandı ancak cila sonrasında yüzeyde çiziklerin meydana geldiği görüldü (Resim 6).



Resim 6. Grandio CAD/CAM materyalinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü a) x500 b) x2000.

TARTIŞMA

Güncel diş hekimliği pratiğinde rezin kompozit restorasyonlar anterior bölgede en sık uygulanan restorasyonlardır. Bu tip restorasyonların başarılı ve uzun ömürlü olmaları için pek çok özelliğe sahip olmaları gerekmektedir, ancak estetik açıdan en önemli özelliklerinin başında renk stabiliteyi gelmektedir.¹⁵ Kompozit restorasyonlar ağız ortamında sürekli tüketilen renklendirici özellikteki yiyecek ve içeceklere maruz kalmaktadır. Bu durum rezin kompozitlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde ve dolaylı olarak da estetik özelliklerinde değişiklikler meydana getirmektedir. Kompozitlerin renk stabilitesinin incelendiği in vitro ve in vivo çalışmalarda^{6,16} materyallerin renk stabilitesinin; yetersiz polimerizasyon, su emilimi, organik yapı, inorganik partiküllerin büyüklüğü, beslenme ve restorasyonun yüzey pürüzlülüğü gibi birçok faktörden etkilendiği gösterilmiştir. Bu nedenle bu in vitro çalışmada güncel olarak diş hekimliği pratiğinde anterior restorasyonlarda kullanılabilen beş farklı yapıdaki rezin kompozit (mikro-hibrit: G-aenial, GC; hibrit: Fantasista, Sun Medical Ltd.; nano-hibrit: GrandioSO, Voco; nano-seramik: Ceramx Duo, Dentsply; mikrofil: Metafil CX, Sun Medical Ltd.) ve bir nanoseramik hibrit CAD/CAM materyalinin yapay tükürük, kahve ve kırmızı şarap solüsyonlarındaki zamana bağlı renk stabiliteyi incelenmesi amaçlanmıştır.

Toplumdaki bireylerin içecek tüketim alışkanlıklarına göre estetik bölgelerde kullanılan rezin kompozitlerin renk stabiliteyi değerlendiren çalışmalar incelendiğinde, renklendirici solüsyon olarak pek çok farklı içeceğin kullanıldığı görülmektedir.^{17,18} Bu çalışmada, renklendirici solüsyon olarak çalışmalarda renk stabilitesini en negatif etkileyen içecek kırmızı şarap, çok tüketilmesinden dolayı kahve ve kontrol amacıyla da yapay tükürük kullanılmıştır.

Görsel olarak yapılan renk tespitinde birçok faktör ölçümlere etki edebilmektedir, bu nedenle çalışmalarda bu etkileri en aza indirmek için kantitatif değer veren dijital renk ölçüm cihazları kullanılmaktadır. Spektrofotometre renk ölçümlerinde güvenilir olarak kabul edilen bir cihazdır ve rengin üç bileşeni olan L, a* ve b* değerleri üzerinden renk stabilitesinin detaylı olarak değerlendirilebilmesine imkan tanımaktadır.¹⁹ Bu çalışmada da rezin kompozitlerin renk stabiliteyi spektrofotometre cihazı kullanılarak L*a*b değerleri cinsinden elde edilmiş ve aynı zamanda CIE L*a*b ve CIEDE2000 renk ölçüm sistemleri arasındaki korelasyon değerlendirilmiştir.

Çalışmada kompozit örneklerin yüzeyleri, şeffaf bant ve mikroskop camı üzerinden basınç uygulanarak polimerize edilmiştir. Yapılan birçok çalışmada şeffaf bant altında polimerize edilen rezin kompozitlerin en pürüzsüz yüzeye sahip olduğu gösterilmiş ancak, bu yüzeyin organik yapıdan zengin olduğu ve fiziksel özelliklerinin zayıf olduğu belirtilmiştir.²⁰ Ayrıca klinik uygulamalarda yapılan

kompozit restorasyonların yüzeylerinde uyumlandırma amacıyla bitirme ve cila işlemleri yapılmaktadır. Bu sebeplerden dolayı çalışmada hazırlanan kompozit örneklerinin yüzeyleri bitirme işlemlerini taklit etmek amacıyla 320 ve 600 gritlik silikon karbid zımparalar ile düzeltildikten sonra iki aşamalı elmas partikül içeren cila sistemi ve cila pastası ile cilalanmıştır.

Renk stabilitesinin değerlendirildiği çalışmalar incelendiğinde kahvenin renklendirici solüsyon olarak kullanıldığı çalışmalarda, üreticiler tüketicilerin bir bardak kahveyi 15 dakikada içtiğini ve yaklaşık günlük tüketimin üç bardağa denk geldiğini belirtmişlerdir.²¹ Gürdal ve ark., ağız gargaralarının estetik restoratif materyallerin renklenmesine olan etkilerini inceledikleri çalışmalarında, önerilen süre nedeniyle solüsyonları günlük iki dakika uygulamışlardır.²² Diğer taraftan başka bir çalışmada ise, tüketilen sıcak içeceklerin ağızda kalma süresinin toplamda bir dakika olduğu bildirilmiştir.²³ Çalışmada örnekler renklendirici içecek ve yapay tükürük döngüsüne maruz bırakılmıştır. Hazırlanan örneklerin tek ve uzun süreli bekletilmesi, fırçalamanın taklit edilememesi ve renklendirici solüsyonun kompozit yüzeyinde uzun süreli tortu oluşturabilmesi sebepleriyle tercih edilmemiştir.²¹ Bu çalışmada örnekler 6 saat kahve ve kırmızı şarapta bekletildikten sonra 18 saat yapay tükürükte bekletilmiş ve bu döngü 14 gün boyunca tekrarlanmıştır. Uygulanan süreler göz önünde bulundurulduğunda bu çalışmadaki toplam sürenin gerçek hayattaki 2 yıldan fazla bir süreye eşdeğer olduğu görülmektedir.

Çalışmada, ISO tarafından renk farklılıklarının saptanması için önerilen CIE L*a*b* ve CIEDE2000 renk değerlendirme sistemleri kullanılmıştır. Renk stabilitesinin değerlendirildiği pek çok çalışmada CIE L*a*b* sistemi kullanılmakla birlikte, algılanabilirliğin daha doğru biçimde hesaplanması için güncellenen CIEDE2000 sistemi de sıklıkla kullanılmaktadır. İki sistemin karşılaştırmalı olarak incelendiği çalışmalarda yüksek korelasyon elde edilmiştir.^{24,25} Çalışmamızda rezin kompozitlerin renk stabiliteyi CIE L*a*b* ve CIEDE2000 sistemlerine göre değerlendirilmiş ve araştırmalarla benzer şekilde iki sistem arasında yüksek oranda korelasyon tespit edilmiştir (r=0,976; %95,3).

Restoratif materyallerin renklenmesi ile ilgili yapılan birçok çalışmada, 1-3 arasındaki E değerlerinin göz tarafından algılanamadığı, 3,3'ten büyük değerlerin ise gözle fark edilebilecek düzeyde olduğu bildirilmiş, CIEDE 2000 sisteminde ise kritik değer 2,25 olarak saptanmıştır.¹² Çalışmada bulgular her iki sisteme göre değerlendirildiğinde, 7. günün sonunda kahvede bekletilen Metafil ve Grandio CAD/CAM materyallerinin renk değişimleri kritik değerlerin altındadır. Bu iki grup dışında kalan tüm kahve ve kırmızı şarap grupları 7. ve 14. günlerde kritik değerlerin üzerinde renk değişimleri göstermiştir. Kontrol grubu

olan yapay tükürükte ise tüm restoratif materyaller kritik değerlerden düşük renk değişimi göstermiştir. Bu sonuçlar su emiliminin tek başına rezin kompozitlerde gözle görülür biçimde renk değişimine neden olmadığını gösteren birçok araştırma ile örtüşmektedir.^{26,27}

Kahve ve kırmızı şarabın farklı yapıdaki rezin kompozitlerde renk değişimi açısından herhangi bir fark yaratmayacağı şeklinde belirlenen hipotezimiz, solüsyonların farklı materyallere farklı derecelerde renk değişimine neden olması sebebiyle reddedilmiştir ($p < 0,05$). Çalışmada en fazla renk değişimine neden olan solüsyon kırmızı şarap olarak saptanmıştır. Bu sonuca, kırmızı şarabın yapısında bulunan alkol ve taninlerin neden olduğu düşünülmektedir. Çalışmada kullanılan kırmızı şarap hacimce %13 oranında alkol içermektedir. Birçok çalışmada etanolün, reaksiyona girmemiş monomerler, oligomerler ve lineer polimerler gibi yapıları uzaklaştırması sonucunda kompozit yüzeyinin yumuşamasına neden olduğu bildirilmiştir.^{28,29} Yüzeyde meydana gelen sertlik kaybı şarapta bulunan pigmentlerin rezin yapısı tarafından emilimini kolaylaştırmakta ve renk değişiminin daha fazla olmasına neden olmaktadır.^{13,16}

Çalışmada kahve solüsyonunda da rezin kompozitlerin kritik değer üzerinde renk değişimi gösterdiği saptanmıştır. Kahvenin renklenme üzerine etkisi incelendiğinde, bu solüsyonlarda bulunan sarı renklendiricilerin düşük polariteye sahip olduğu ve bu sebeple yüzeye tutunup daha derinlere penetre olabildiği bildirilmiştir.⁹

Yapılan bir çalışmada, kırmızı şarap, kahve ve kolada bekletilen mikrofil ve hibrit yapıdaki rezin kompozitlerin klinik sınırların üzerinde renklenme gösterdiği ve bizim çalışmamızla benzer olarak en fazla renklenmeye sebep olan içeceğin kırmızı şarap olduğunu bildirilmiştir.²⁸ Siloran ve metakrilat esaslı kompozitlerin renk stabiliteilerinin incelendiği bir başka çalışmada da çay, kahve, kola ve kırmızı şarap solüsyonları arasında en fazla renk değişimi kırmızı şarapta görülmüştür.³⁰ Bizim çalışmamızda da benzer şekilde kırmızı şarapta meydana gelen renklenmenin kahveden daha fazla olduğu saptanmıştır (Tablo 4).

Farklı yapılardaki rezin kompozit ve CAD/CAM materyallerinin renklendirici solüsyonlarda benzer renk stabilitesi göstereceği şeklindeki ikinci hipotezimiz de materyallerin renklendirici solüsyonlardan farklı düzeylerde etkilenmesi nedeniyle reddedilmiştir ($p < 0,05$). Çalışmada, 14 gün boyunca, beş farklı rezin kompozit (mikro-hibrit: G-aenial; hibrit: Fantasista; nano-hibrit: GrandioSO; nano-seramik: Ceramx Duo; mikrofil: Metafil CX) ve bir nano-seramik hibrit CAD/CAM materyali renklendirici solüsyonlarla siklusa tabi tutulmuştur. Tüm rezin kompozitler deney sonunda kahve ve kırmızı şarapta klinik olarak algılanabilir düzeyde ve birbirlerinden farklı renk değişimi göstermiştir. Kahve solüsyonunda en fazla değişim Fantasista'da be-

lirlenirken, en az değişim Metafil'de gözlenmiştir. Kırmızı şarapta ise en yüksek renk değişimi sırasıyla G-aenial ve Fantasista'da izlenirken, en düşük değerler Metafil ve GrandioSO'da bulunmuştur (Tablo 2 ve Tablo 3).

Rezin kompozitlerin renklenmeye yatkınlık derecesi, yapılarında bulunan inorganik partiküllerin tipi, boyutu ve miktarından etkilenmektedir. Yüzeydeki inorganik partiküller materyalin klinik ömrü sırasında organik rezin matriksten uzaklaşarak o bölgede bir boşluk oluşmasına neden olabilmektedir.³¹ Bu boşlukların sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğünde artış meydana gelmektedir. Nano partikül içeren rezin kompozitlerin partikülleri 20-50 nm boyutlarında olduğu için yüzeyden ayrıldıklarında diğer materyallere göre daha düşük derecede yüzeysel renklenmeye uğramaları beklenmektedir.³ Ayrıca daha az miktarda inorganik partikül içeren kompozitlerin organik rezin matriks hacminin fazla olması sebebiyle su emiliminin arttığı ve dolayısıyla da fazla renk değişimi gösterdiği bildirilmiştir.³² Çalışmamızda her iki solüsyonda da en fazla renklenme gösteren hibrit yapıdaki Fantasista %76 oranında inorganik partikül içermektedir. En az renklenme gösteren materyallerden GrandioSO ise nano-hibrit yapıda olup %86 oranında inorganik partikül içermektedir. Çalışmamızın bulgularıyla paralel olarak, Vichi ve ark., inorganik partikül boyutu büyük olan kompozitlerin daha küçük partikül içeren kompozitlere kıyasla renk değişimlerinin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.³ Bu materyallerde elde edilen renk değişiminin kompozitin inorganik partikül boyutları ve oranlarından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Her iki materyalin SEM görüntüleri incelendiğinde, Fantasista'nın içerdiği inorganik partiküllerin büyük boyutta olduğu gözlenirken GrandioSO'daki inorganik yapıların nano düzeyde ve sık gösterdiği izlenmektedir (Resim 3 ve Resim 4).

Çalışmada, kahve ve kırmızı şarapta en az renklenme gösteren materyallerden biri de Metafil'dir. Metafil, mikrofil yapıda olup inorganik yapısında TMPT (trimetilolpropan trimetakrilat) içermektedir. TMPT varlığında bu partiküllerin karbon çift bağları oluşturduğu ve oluşan bu bağların rezin matriks monomerleri ile reaksiyona girerek inorganik partiküllerin rezin yapıya daha kuvvetli bağlanmasını ve bu sayede fiziksel özelliklerini arttırdığı bildirilmiştir.³³ Mikrofil yapıdaki Metafil'in hibrit ve mikro-hibrit yapıdaki kompozitler ile karşılaştırıldığı bir çalışmada, Metafil'in renk stabilitesi açısından üstün özellikler gösterdiği bildirilmiştir.³⁴ Metafil, hibrit yapıdaki Fantasista ve mikro-hibrit yapıdaki G-aenial ile karşılaştırıldığında daha düşük renk değişimi göstermiştir. Bu üç kompozitin SEM görüntüleri incelendiğinde de Metafil'in daha düzenli bir yüzey görüntüsü sergilediği gözlemlenmektedir (Resim 1). Çalışmamızda elde edilen düşük renk değişimi değerlerinin Metafil'in mikrofil yapısından ve içerdiği TMPT inorganik partikül tipinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmada, mikro-hibrit yapıdaki G-aenial, hibrit yapıdaki Fantasista hariç diğer tüm kompozit materyallerinden daha fazla renk değişimi göstermiştir. G-aenial'ın SEM görüntüleri incelendiğinde cila sonrasında kompozit yüzeyinde çiziklerin ve yer yer küçük boşlukların olduğu gözlenmektedir (Resim 2). Cila sistemlerinin yüzey özelliklerine etkisinin incelendiği bir araştırmada, Clearfil Twist Dia'nın poröz yapıda yüzeyler oluşturduğu bildirilmiştir.³⁵ Clearfil Twist Dia, lastik yapıdaki matriks içerisine 15-30 mikron büyüklüğünde elmas partiküllerin entegre edildiği spiral şekilli bir cila sistemidir. Elde edilen bu sonucun, lastiklerin yapısına emdirilmiş olan elmas partiküllerin sert yapıda olması ve bu sert partiküllerin organik yapıya zarar vermesinden kaynaklandığı savunulmuştur.³⁶ Bununla birlikte, elmas partiküllerin içerisine emdirildiği matriksin fleksibilitesinin de pürüzlülük üzerine etkili olduğu düşünülmektedir. Başka bir çalışmada ise, G-aenial'ın yüzeyinin cila işlemi sonrasında beklenenden yüksek düzeyde bozulmaya uğradığı saptanmıştır.³⁷ Araştırmacılar elde ettikleri bu sonucu, G-aenial'ın inorganik kısmının içerdiği SiO₂'nin yüksek poroziteye ve dolayısıyla daha fazla renk değişikliğine neden olabileceği şeklinde açıklamıştır.³⁸ Buna ek olarak, kompozitin yapısındaki prepolimerize inorganik partiküllerin daha düşük mikrosertliğe sahip olması nedeniyle fiziksel özelliklerinin ve renk stabilitesinin yetersiz olabileceği bildirilmiştir.¹⁶ Çalışmamızda elde edilen bulguların, G-aenial'ın yapısındaki inorganik partikül tipinden ve cila sisteminin yüzeyde çizikler oluşmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Çalışmanın sonuçlarına göre CeramX Duo, Metafil, GrandioSO ve Grandio CAD/CAM materyalleri benzer renk stabiliteyi gösterirken, Fantasista ve G-aenial yüksek renk değişimi göstermiştir. İnorganik partikül miktarları incelendiğinde CeramX Duo, G-aenial ile benzer oranlara sahip olmakla birlikte farklı inorganik partikül tipi ve organik yapıya sahiptir. CeramX Duo'nun organik yapısında bulunan metakrilat modifiye polisiloksanın polimerizasyon sırasında zincir reaksiyon göstermesi ile hidrofobik bir polimer ağ sağlayabileceği ve yapının materyalde daha düşük su emilimine neden olabileceği açıklanmıştır.³⁹ SEM görüntüleri incelendiğinde materyalin nano yapısı izlenmektedir ve yüzeyde cila sonrası herhangi bir çizik oluşmadığının görülmesi (Resim 5) araştırmacıların sonuçlarını desteklemektedir.

Çalışmada renklendirici solüsyonların etkisini rezin kompozitler ile karşılaştırmak amacıyla bir adet nano-seramik hibrit CAD/CAM materyali (Grandio Blocs) kullanılmıştır. Grandio CAD/CAM materyali renklendirici solüsyonlarda Fantasista ve G-aenial'dan daha yüksek renk stabilitesi göstermiştir. CAD/CAM hibrit materyallerin yüksek inorganik partikül oranına sahip olması (%86), endüstriyel ortamda basınç altında yapılarında porozite içermeden yüksek oranda polimerize edilerek hazırlanmaları ve

nano partiküller içermesi sebebiyle bu değerlerin elde edildiğini düşünmekteyiz.

Bu çalışmanın limitasyonu, ağız ortamını taklit edebilecek cihazların kullanılmamasıdır. Bu nedenle çalışmanın sonuçlarının ağız ortamını daha iyi taklit edebilen in vitro çalışmalar ve sonrasında yapılacak klinik çalışmalar ile desteklenmesi gerekmektedir.

SONUÇLAR

Kahve ve kırmızı şarap; mikro-hibrit, hibrit, nano-hibrit, nano-seramik, mikrofil ve nano-seramik hibrit yapıdaki rezin kompozitlerde klinik olarak kabul edilebilir sınırların üzerinde renk değişimine neden olurken, kırmızı şarap renk stabilitesini en negatif etkileyen içecek olmuştur. Yapay tükürükte ise gözün algılayabildiği sınırların altında renk değişimi meydana gelmiştir.

Mikrofil, nano-hibrit, nano-seramik kompozitler ve nano-seramik hibrit CAD/CAM materyali renk stabilitesi açısından mikro-hibrit ve hibrit kompozitlerden daha başarılı bulunmuştur.

KAYNAKLAR

1. Soares-Geraldo D, Scaramucci T, Steagall WJ, Braga SRM, Sobral MAP. Interaction between staining and degradation of a composite resin in contact with colored foods. *Braz Oral Res* 2011; 25(4): 369-375.
2. Mundim FM, Garcia L, Pires de Souza F. Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites. *J Appl Oral Sci* 2010; 18(3): 249-254.
3. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater* 2004; 20(6): 530-534.
4. Ritter AV. Direct resin-based composites: current recommendations for optimal clinical results. *Compend Contin Educ Dent* 2005; 26(7): 481-482.
5. Moszner N, Salz U. New developments of polymeric dental composites. *Prog Polym Sci* 2001; 26(4): 535-576.
6. Lee YK, Yu B, Lim HN, Lim JI. Difference in the color stability of direct and indirect resin composites. *J Appl Oral Sci* 2011; 19(2): 154-160.
7. Koller M, Arnetzl GV, Holly L, Arnetzl G. Lava ultimate resin nano ceramic for CAD/ CAM: customization case study. *Int J Comput Dent* 2012; 15(2): 159-164.
8. Stawarczyk B, Liebermann A, Eichberger M, Güth JF. Evaluation of mechanical and optical behavior of current esthetic dental restorative CAD/CAM composites. *J Mech Behav Biomed Mater* 2015; 55: 1-11.
9. Omata Y, Uno S, Nakaoki Y, Tanaka T, Sano H, et.al. Staining of hybrid composites with coffee, oolong tea, or red wine. *Dent Mater J* 2006; 25(1): 125-131.
10. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, et.al. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent* 2015; 27 Suppl 1: S1-S9.
11. CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). Colo-

- rimetry Technical Report, 3rd Ed. CIE Pub. No 15; 2004.
- 12.** Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, et.al. Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent* 2010; 38 Suppl 2: e57-e64.
- 13.** Yap AUJ, Lim LY, Yang TY, Ali A, Chung SM. Influence of dietary solvents on strength of nanofill and ormocer composites. *Oper Dent* 2005; 30(1): 129-133.
- 14.** White DJ. Reactivity of fluoride dentifrices with artificial caries. I. Effects on early lesions: F uptake, surface hardening and remineralization. *Caries Res* 1987; 21(2): 126-140.
- 15.** Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao CV. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins--an in vitro study. *J Dent* 2010; 38 Suppl 2: e137-e142.
- 16.** Ardu S, Braut V, Gutemberg D, Krejci I, Dietschi D, et.al. A long-term laboratory test on staining susceptibility of esthetic composite resin materials. *Quint Int* 2010; 41(8): 695-702.
- 17.** Ardu S, Duc O, Di Bella E, Krejci I. Color stability of recent composite resins. *Odontology*. 2017; 105(1): 29-35.
- 18.** Leite ML, Silva FDS, Meireles SS, Duarte RM, Andrade AKM. The effect of drinks on color stability and surface roughness of nanocomposites. *Eur J Dent* 2014; 8(3): 330-336.
- 19.** Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *Int J Perio Rest Dent* 2003; 23(5): 467-479.
- 20.** Setcos JC, Tarim B, Suzuki S. Surface finish produced on resin composites by new polishing systems. *Quint Int* 1999; 30(3): 169-173.
- 21.** Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent* 2005; 94(2): 118-124.
- 22.** Gürdal P, Akdeniz BG, Hakan Sen B. The effects of mouthrinses on microhardness and colour stability of aesthetic restorative materials. *J Oral Rehabil* 2002; 29(9): 895-901.
- 23.** Celik C, Yüzügüllü B, Erkut S, Yazici AR. Effect of bleaching on staining susceptibility of resin composite restorative materials. *J Esthet Restor Dent* 2009; 21(6): 407-414.
- 24.** Paravina RD, Kimura M, Powers JM. Evaluation of polymerization-dependent changes in color and translucency of resin composites using two formulae. *Odontology* 2005; 93(1): 46-51.
- 25.** Gregor L, Krejci I, Di Bella E, Feilzer AJ, Ardu S. Silorane, ormocer, methacrylate and compomer long-term staining susceptibility using ΔE and ΔE_{00} colour-difference formulas. *Odontology* 2016; 104(3): 305-309.
- 26.** Villalta P, Lu H, Okte Z, Garcia-Godoy F, Powers JM. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *J Prosthet Dent* 2006; 95(2): 137-142.
- 27.** Schneider LFJ, Cavalcante LM, Silikas N, Watts DC. Degradation resistance of silorane, experimental ormocer and dimethacrylate resin-based dental composites. *J Oral Sci* 2011; 53(4): 413-419.
- 28.** Llana C, Fernández S, Forner L. Color stability of nanohybrid resin-based composites, ormocers and compomers. *Clin Oral Investig* 2017; 21(4): 1071-1077.
- 29.** Tsitrou E, Kelogrigoris S, Koulaouzidou E, Antoniadou-Halvatjoglou M, Koliniotou-Koumpia E, et.al. Effect of extraction media and storage time on the elution of monomers from four contemporary resin composite materials. *Toxicol Int* 2014; 21(1): 89-95.
- 30.** Yapar Mİ, Gül P. Farklı içeceklerde bekletilen siloran ve dimetakrilat esaslı kompozitlerin renk stabiliteilerinin karşılaştırılması. *Acta Odontol Turc* 2015; 32(2): 51-56.
- 31.** Söderholm KJ, Zigan M, Ragan M, Fischlschweiger W, Bergman M. Hydrolytic degradation of dental composites. *J Dent Res* 1984; 63(10): 1248-1254.
- 32.** Paravina RD, Roeder L, Lu H, Vogel K, Powers JM. Effect of finishing and polishing procedures on surface roughness, gloss and color of resin-based composites. *Am J Dent* 2004; 17(4): 262-266.
- 33.** Wada K, Ikeda E, Wada J, Inoue G, Miyasaka M, et.al. Wear characteristics of trimethylolpropane trimethacrylate filler-containing resins for the full crown restoration of primary molars. *Dent Mater J* 2016; 35(4): 585-593.
- 34.** Lee SY, Kim HC, Hur B, Park JK. Surface roughness and color stability of various composite resins. *J Korean Acad Conserv Dent* 2007; 32(6): 542-549.
- 35.** Kemaloglu H, Karacolak G, Turkun LS. Can reduced-step polishers be as effective as multiple-step polishers in enhancing surface smoothness? *J Esthet Restor Dent* 2017; 29(1): 31-40.
- 36.** Lu H, Roeder LB, Powers JM. Effect of polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. *J Esthet Restor Dent* 2003; 15(5): 297-303.
- 37.** Yikilgan I, Akgul S, Hazar A, Kedici Alp C, Baglar S, et.al. The effects of fresh detox juices on color stability and roughness of resin-based composites. *J Prosthodont* 2019; 28(1): e82-e88.
- 38.** 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): 213-223.
- 39.** Bacchi A, Feitosa VP, da Silva Fonseca ASQ, Cavalcante LMA, Silikas N, et.al. Shrinkage, stress, and modulus of dimethacrylate, ormocer, and silorane composites. *J Conserv Dent* 2015; 18(5): 384-388.