

# Ozon Gazı ile Ağartma İşleminin Etkinliğinin ve Renk Bileşenleri Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi

## Evaluation of the Bleaching Effectiveness and the Effects on Color Parameters of Ozone Gas

Gizem BOZTAŞ DEMİR<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-9871-8226>

Huma OMURLU<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-3631-4637>

Ozgun YILDIRIM TORUN<sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-4359-9370>

<sup>1</sup> Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Ankara

<sup>2</sup> Denttorun Ağız ve Diş Sağlığı Kliniği, Ankara

**Atıf/Citation:** Boztaş Demir, G., Omurlu, H., Yıldırım Torun, Ö., (2021). Ozon Gazı ile Ağartma İşleminin Etkinliğinin ve Renk Bileşenleri Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 42(3), 173-182.

### ÖZ

**Giriş ve Amaç:** Bu çalışmanın amacı ozon gazı ile yapılan ağartma işleminin Munsell renk sistemindeki renk değişim bileşenleri üzerine etkilerini hidrojen peroksit ile karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir.

**Yöntem ve Gereçler:** Sığır üst çene birinci keser dişlerinden bukkal kesit alınarak 24 epoksi rezin diş örneği hazırlanmıştır. Örneklerin başlangıç renk ölçümü spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür. Örneklerin tamamı çözünebilir kahve içeren renklendirici solüsyonda 96 saat süreyle etüvde bekletilmiştir. Renklendirilen örnekler ağartma işlemleri için rastgele iki gruba ayrılmıştır. Renk ölçüm işlemi tekrarlanmıştır. Ağartma uygulaması %35 hidrojen peroksit içeren ofis tipi ağartma materyali ve ağartma işlemi özel ayarı olan 600 ppm ozon gazı üretebilen dental ozon jeneratörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümü tekrarlanmıştır. L\*, a\*, b\* değerleri kullanılarak  $\Delta E$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b$  hesaplanmıştır. İstatistiksel değerlendirmede Shapiro-Wilk, Levene, Friedman ve Mann-Whitney U testi kullanılmıştır ( $p < 0,01$ ).

**Bulgular:** Her iki ağartma materyali de etkin bir ağartma sağlamıştır ( $\Delta E > 3,7$ ). Ağartma grupları arasında  $\Delta L^*$  ve  $\Delta E$  arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunurken ( $p < 0,01$ ),  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$  değerlerinin istatistiksel olarak benzer olduğu gözlemlenmiştir ( $p = 0,950$ ,  $p = 0,080$ ).

**Tartışma ve Sonuç:** Ozon gazı etkin bir ağartma sağlamıştır ve rengin daha beyaz algılanmasındaki en önemli bileşen olan  $b^*$  değerini hidrojen peroksit benzer şekilde değiştirmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağartma, Hidrojen Peroksit, Ozon, Renk Bileşenleri

### ABSTRACT

**Introduction:** This study aims to evaluate the effects of ozone on color parameters of the Munsell color system in comparison with hydrogen peroxide.

**Methods:** Twenty-four samples were prepared from the buccal surfaces of bovine maxillary incisors. The initial color of the samples was measured with a spectrophotometer. All samples were incubated for 45 hours in a discoloration solution containing instant coffee. Color measurements were repeated. The samples were randomly divided into two groups ( $n=12$ ). Bleaching procedures were carried out using office-type bleaching material containing 35% hydrogen peroxide and a dental ozone generator has a special bleaching setting capable of producing 600 ppm ozone gas. Color measurements were repeated.  $\Delta E$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ , and  $\Delta b$  were calculated from L\*, a\* and b\* values. Statistical evaluation was performed with Shapiro-Wilk, Levene, Friedman, and Mann Whitney U tests ( $p < 0.01$ ).

**Results:** Both bleaching materials provided effective bleaching ( $\Delta E > 3.7$ ). Among the bleaching groups, a statistically significant difference was found between  $\Delta L^*$  and  $\Delta E$  ( $p < 0.01$ ), while  $\Delta a^*$  and  $\Delta b^*$  values were statistically similar ( $p = 0.950$ ,  $p = 0.080$ ).

**Discussion and Conclusion:** Ozone gas provided effective bleaching and changed  $b^*$  value, the most important parameter in the perception of the tooth color whiter, similar to hydrogen peroxide.

**Keywords:** Bleaching, Hydrogen Peroxide, Ozone, Color Parameters

## GİRİŞ

Diş renklenmeleri dişlerin estetik özelliklerini olumsuz yönde etkileyen en önemli etmenlerden birisidir.<sup>1</sup> Diş renklenmeleri etkene göre iç kaynaklı ve dış kaynaklı olarak sınıflandırılabilir.<sup>2</sup> Dış kaynaklı renklenmelerin tedavisi için uygulanan tüm diş hekimliği işlemleri arasında ağartma, girişimsel olmayan ve etkili bir yöntem olması nedeniyle daha çok tercih edilen bir yaklaşımdır. Güncel diş beyazlatma sistemleri temel olarak hidrojen peroksit üzerine kuruludur.<sup>1</sup> Peroksit açığa çıkaran materyallerin ağartma tedavilerinde başarılı oldukları kanıtlanmış olsa da doğru şekilde kullanılmadığında diş ve periodontal dokular üzerindeki yan etkileri oldukça yüksektir. Peroksitlerin diş ve çevre dokularda oluşturabileceği olumsuz etkiler, araştırmacıları alternatif ağartma materyalleri arayışına yönlendirmiştir. Uygun konantrasyonlarda kullanıldığında dental ve periodontal dokular üzerinde belirgin olumsuz etkileri olmayan, tıp ve diş hekimliğinin çeşitli alanlarında kullanılan ozon; peroksitler gibi güçlü oksitleyici özelliklere sahiptir.<sup>3</sup> Hidrojen peroksitin ağartma mekanizması açığa çıkardığı serbest radikallerin mine yüzeyinde renklenmeye neden olan kromofor molekülleri ile bir dizi reaksiyona girmesine dayanır. Kararsız bir molekül olan ozon da hidrojen peroksit gibi serbest radikaller açığa çıkarır. Bu nedenle ozonun ağartma tedavilerinde etkin olabileceği düşünülmüştür. Ozonun ağartma etkinliğinin değerlendirildiği çeşitli çalışmalar sonucunda ozonun ağartma tedavisinde başarılı olduğu<sup>4-6</sup> ayrıca hidrojen peroksit ile birlikte kullanıldığında hidrojen peroksitin etkisini artırdığı bildirilmiştir.<sup>7, 8</sup>

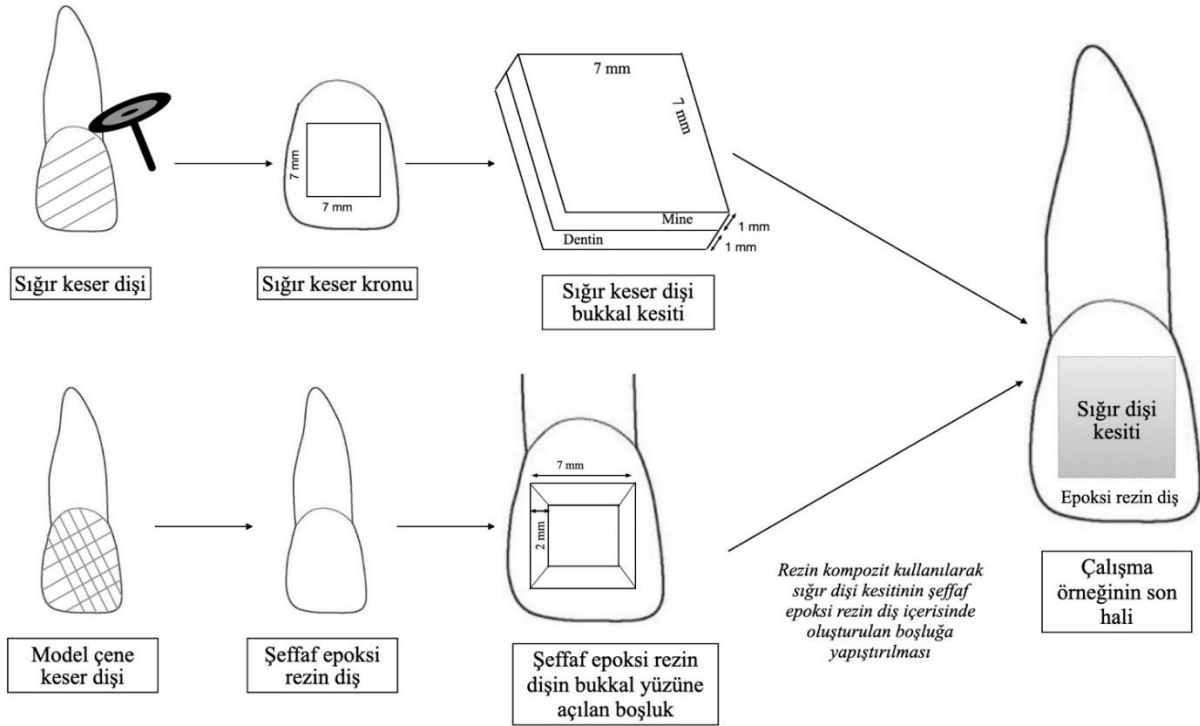
Ağartma ve renklendirme çalışmalarında renk değişikliği CIE (The Commission Internationale de l'Éclairage) renk ölçüm sistemi kullanılarak değerlendirilir. Matematiksel renk ölçüm analizi Munsell renk sistemindeki  $L^*a^*b^*$  değerleri kullanılarak yapılır. Renk farkı Delta E ( $\Delta E$ ) olarak tanımlanır ve  $\Delta E_{L^*a^*b^*} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5}$  formülü ile hesaplanır.<sup>9</sup>  $L^*a^*b^*$  değerleri üç boyutlu renk alanını oluşturan üç eksendir.  $L^*$  (dikey eksen) değeri rengin parlaklığını,  $a^*$  (yatay eksen) rengin kırmızılığını,  $b^*$  (yatay eksen) değeri ise rengin sarılığını ifade eder. Renk değişimi temel olarak bu üç değerdeki değişime bağlıdır ancak ağartıcı materyaller bu değerleri farklı şekillerde etkileyebilir ve ağartma sonrası ulaşılan renk tonu farklılık gösterir.<sup>1, 2</sup> Peroksit içerikli ağartma materyallerinin bu renk değerleri üzerine etkileri ile ilgili çeşitli araştırmalar<sup>10, 11</sup> yapılmış olsa da ozon ilgili çalışmalar kısıtlıdır ve sonuçlar çelişkilidir.<sup>4-7, 10</sup>

İlk kez bu çalışmada, renklendirme öncesi dişin asıl rengi ile ağartma sonrası dişin rengi arasındaki karşılaştırmaları da kapsayacak biçimde hem renk değişimi hem de renk bileşenleri üzerine ozon gazının etkileri hidrojen peroksit ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı ağartma için özelleştirilmiş bir ozon gazı jeneratörü ile yapılan ağartma işleminin Munsell renk sistemindeki renk değişim bileşenleri üzerine etkilerini hidrojen peroksit ile karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir.

## GEREÇ ve YÖNTEM

Tüketim amaçlı yaşamı sonlandırılan sığırlardan elde edilen A1 rengine sahip üst çene keser dişler dehidratasyon ve dezenfeksiyon için %0,2 timol çözeltilisinde bekletildi. Işık mikroskobu kullanılarak 4x büyütme altında mine yüzeyindeki kırık, çatlak ve çürük gibi düzensizlikler incelendi, herhangi bir kusur bulunan dişler deneye dahil edilmedi. Bu çalışmanın temel amacı ozon ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grupları arasındaki  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta E$  ölçümlerindeki farklılıkları karşılaştırmaktır. Cohen'in d etki büyüklüğü 0,90 olarak değerlendirildiğinde, %5 anlamlılık düzeyinde %85'lik bir güce ulaşmak için toplam 24 örneklem büyüklüğünün (n:12) gerekli olduğu G \* Power (Franz Faul, Universität Kiel, Kiel, Almanya) sürüm 3.0.10 kullanılarak belirlendi. Yirmi dört sığır dişinin kökleri su soğutması altında düşük hızlı çift taraflı elmas disklerle kesilerek uzaklaştırıldı. Kronlar labial yüzeyi ayırmak için longitudinal olarak kesildi ve mine dentin kalınlığı eşit olacak şekilde 7x7 mm'lik kesitler elde edildi. Ozon ile ağartma işlemi diş kavislerinin şekline göre tasarlanmış özel vakumlu kaşık ile uygulanabildiği için çalışmanın tüm testleri model çene simülatörü üzerinde yapıldı (Kavo Çene Simülatörü, Kavo Dental GmbH, Biberach, Almanya). Çene simülatörünün orijinal keserlerinden ölçü alınarak şeffaf epoksi rezin dişler üretildi. Sığır keser diş kesitlerinin yerleştirilebilmesi için epoksi rezin dişlerinin labial yüzeylerinde 7x7 milimetre boyutunda yuvalar hazırlandı. Örnekler renklendirici solüsyon ve ağartma ajanlarının dentine difüzyonunu önlemek için iki aşamalı bağlayıcı sistem ve akışkan rezin kompozit kullanılarak epoksi dişlerde açılan labial yuvalara sabitlendi. (Tetric N-Etch, N-Bond, Tetric N-Flow, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Resin kompozitin bitim ve parlatma işlemleri alüminyum oksit kaplı diskler (Soflex, 3M ESPEi St Paul, MN, USA) kullanılarak yapıldı.



**Grafik 1:** Örneklerin hazırlanması

### Renk Ölçümü

Örneklerin rengi,  $L^* a^* b^* c^*$  ve  $H^*$  renk bileşenlerini ölçebilen spektrofotometre (Vita EasyShade Compact, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) kullanılarak ölçüldü. Ölçümler spektrofotometrenin şarjı tam durumdayken yapıldı ve her ölçümden önce cihazın ucu kalibre edildi. Renk ölçümü beyaz zemin üzerinde ölçüm yapan uç ile, yüzeye maksimum temas halindeyken ve örneğin tam ortasından yapıldı. Ölçüm; sıcaklığı kontrol altında olan bir odada, gün ışığı altında, her örnek için üç kez tekrarlandı ve üç ölçümden elde edilen renk değerlerinin ortalaması alınarak tek bir değer elde edildi. (Grafik 2)

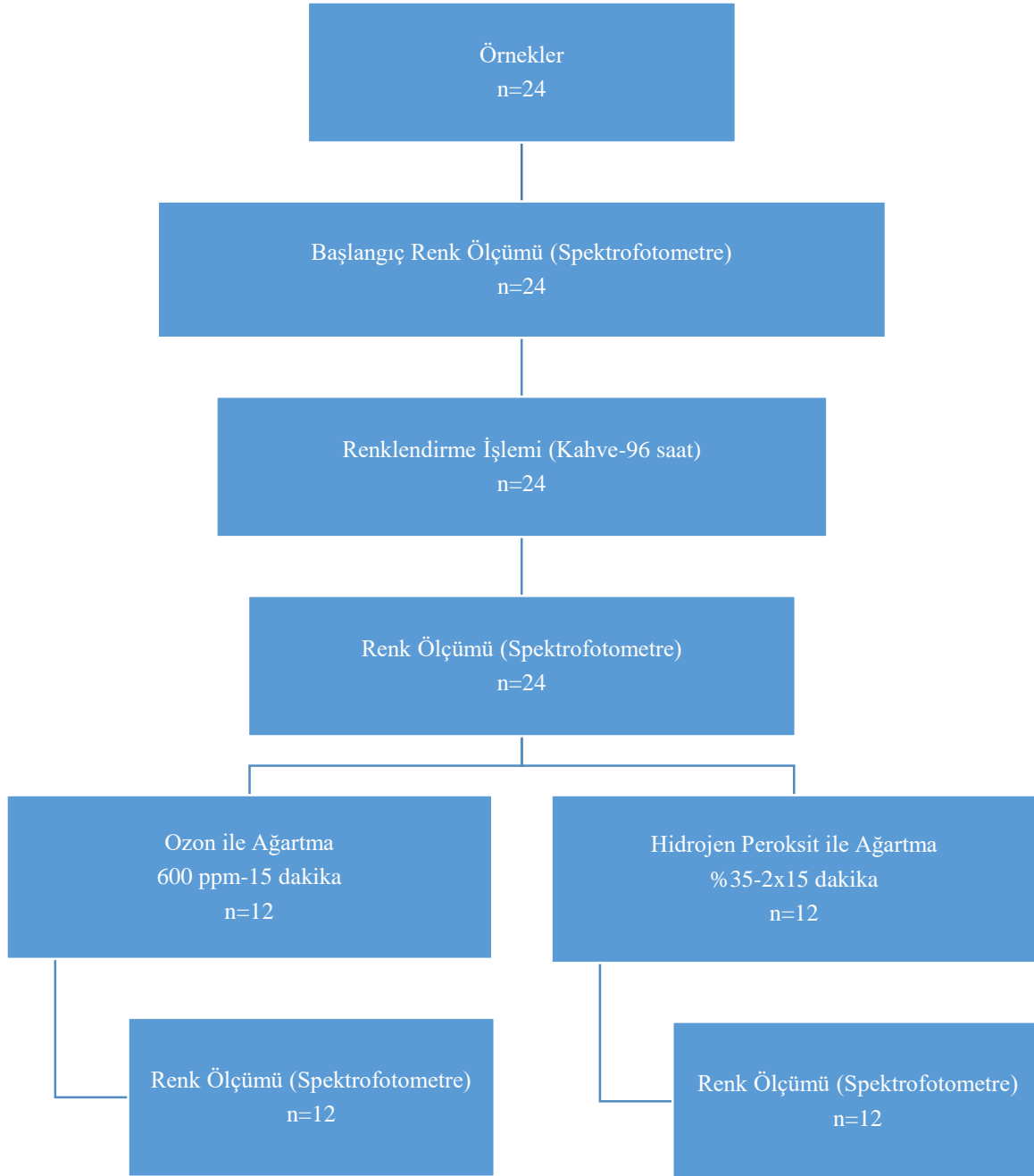
### Renklendirme işlemi

Renklendirme işlemi 300 ml'lik kaynayan suya 6 gr çözünebilir kahve (Nescafé Classic, Nestle, Nanjadgud, India) karıştırılarak oluşturulan kahve solüsyonu ile yapıldı. Örneklerin tamamı hazırlanan kahve çözeltisinde 37 °C'da 96 saat süreyle bekletildi. Kahve solüsyonu günlük olarak değiştirildi.<sup>10</sup> (Grafik 2)

### Ağartma işlemi

Örnekler, bir Excel işlevi 1 ile 24 arasında rastgele

numaralandırılmıştır (Microsoft Excel 2010 "Fx causale").<sup>12</sup> İlk 12 örnek hidrojen peroksit grubu olarak (HP) ikinci 12 örnek ise ozon grubu olarak belirlenmiştir. Hidrojen peroksit grubundaki örneklere ağartma işlemi %35 konsantrasyonundaki ağartma materyali (Whiteness HP 35%, FGM, Joinville, SC, Brezilya) kullanılarak üretici talimatları doğrultusunda, ısı veya ışık aktivasyonu olmadan 2 x 15 dakika süreyle uygulanmıştır. Ozon ile ağartma uygulaması diş hekimliğine özgün Ozonytron XP (Ozonytron GmbH, Munich, Germany) ve Ozonytron OZ (Ozonytron GmbH, Munich, Germany) cihazları ile yapıldı. Ozonytron XP hem atmosferik oksijeni hem de %99,5'lik tıbbi saf oksijeni kullanabilen, üç tane oksijen üretici olan, pil destekli ve çok işlevli bir ozon cihazıdır. Ozonytron OZ Ozonytron XP için üretilmiş yardımcı bir cihazdır ve diş kavsine uygun özel kaşıklar aracılığıyla aynı anda tüm çeneye uygulama yapabilmek için tasarlanmıştır. Cihaz atmosferik oksijen kullandığında bu kaşıklar içerisine; 100-9000 ppm, %99,5'lik tıbbi saf oksijeni kullandığında 300- 27000 ppm ozon gazı yayılır. Ağartma işlemi, örnekler ikişerli olarak çeneye yerleştirilerek kullanıcı talimatları doğrultusunda 600 ppm konsantrasyonunda 15 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. (Grafik 2)



**Grafik 2:** Akış Şeması

Ağartma uygulamalarından sonra dehidratasyona bağlı yanlış renk ölçümünden kaçınmak için, tüm örnekler yapay tükürük (5,282 mg kalsiyum klorür, 1,5 mg magnezyum klorür, 9,84 mg potasyum klorür, 26,28 mg sodyum bikarbonat, 0,054 mg sodyum florür, 60 mg sodyum benzoat, 0,096 mg karboksimetilselüloz sodyum, 15,24 mg monobazik potasyum fosfat, 0,288 mg sorbitol ve 1000 ml distile su)<sup>13</sup> içerisinde etüvde 24 saat

bekletilmiştir.

#### *İstatistiksel analiz*

Veri analizi, IBM SPSS Statistics sürüm 17.0 yazılımı (IBM Corporation, Armonk, NY, ABD) kullanılarak yapıldı. Sürekli değişkenlerin dağılımının normal olup olmadığı Kolmogorv-Smirnov testi ile belirlenmiştir. Varyans homojenliğini değerlendirmek

için Levene testi kullanıldı. Veriler medyan (Q1- Q3) olarak gösterildi. Aşamalar arasındaki L, a, b ölçümlerindeki farklılıklar Friedman testi ile karşılaştırıldı. Friedman testindeki p değerleri istatistiksel olarak anlamlı olduğunda, hangi evrenin diğerlerinden farklı olduğunu bilmek için Dunn-

Bonferroni testi kullanıldı. Ozon ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grupları arasındaki karşılaştırmalar Mann Whitney U testi ile analiz edildi. P değerinin 0,05'in altında olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Ancak, tüm olası çoklu karşılaştırmalarda, Tip I hatasını kontrol etmek için Bonferroni Düzeltmesi uygulanmıştır.

## BULGULAR

**Tablo 1.** Aşamalara göre renk bileşenlerine ilişkin ölçümler

|                                   | Ana renk                        | Renklendirme                      | Ağartma                         | p-değeri † |
|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------|
| <b>L</b>                          |                                 |                                   |                                 |            |
| <i>Ozon</i>                       | 93.8 (92.0 – 96.7) <sup>a</sup> | 85.1 (84.1 – 87.6) <sup>a,b</sup> | 92.1 (90.4 – 95.5) <sup>b</sup> | <0.001     |
| <i>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></i> | 93.7 (91.7 – 94.8) <sup>a</sup> | 83.3 (80.9 – 83.9) <sup>a,b</sup> | 95.3 (93.5 – 98.3) <sup>b</sup> | <0.001     |
| <b>a</b>                          |                                 |                                   |                                 |            |
| <i>Ozon</i>                       | -1.8 (-2.4 – -1.5) <sup>a</sup> | -0.2 (-0.8 – 0.3) <sup>a,b</sup>  | -2.0 (-2.5 – -1.6) <sup>b</sup> | <0.001     |
| <i>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></i> | -1.5 (-1.9 – -0.9) <sup>a</sup> | -0.1 (-0.7 – 0.3) <sup>a,b</sup>  | -1.4 (-2.2 – -0.9) <sup>b</sup> | <0.001     |
| <b>b</b>                          |                                 |                                   |                                 |            |
| <i>Ozon</i>                       | 19.7 (18.7 – 20.4) <sup>a</sup> | 22.8 (21.2 – 24.2) <sup>a,b</sup> | 20.3 (18.1 – 21.0) <sup>b</sup> | <0.001     |
| <i>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></i> | 19.5 (17.0 – 21.0) <sup>a</sup> | 22.4 (19.0 – 24.4) <sup>a,b</sup> | 19.5 (16.6 – 20.6) <sup>b</sup> | <0.001     |

Veriler; medyan (1.çeyrek – 3.çeyrek) biçiminde ifade edildi, † Friedman testi, Bonferroni Düzeltmesine göre p<0.025 için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi, a: Ana renk ile renklendirme arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı (p<0.001), b: Renklendirme ile ağartma arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı (p<0.001).

Ozon grubu içerisinde renklendirme ve ağartma işlemleri sonrasında “L” ölçümlerindeki değişim istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0.001). Başlangıç ve ağartma sonrası “L” düzeyi renklendirme sonrasına göre daha yüksektir (p<0.001 ve p<0.001). Başlangıç ve ağartma sonrası ölçülen “L” değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p=0.063). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grubu içerisinde renklendirme ve ağartma işlemleri sonrasında “L” ölçümlerindeki değişim istatistiksel olarak anlamlı olup (p<0.001), başlangıç ve ağartma sonrası “L” düzeyi renklendirme sonrasına göre daha yüksektir (p<0.001 ve p<0.001). Ana renk ve ağartma dönemleri arasında ise “L” ölçümleri yönünden istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu (p=0.130) (Tablo 1). Ağartma materyalleri birbirleriyle karşılaştırıldığında ağartma sonrasında ozon grubuna göre H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grubunda “L” düzeyi istatistiksel anlamlı olarak daha fazla artış gözlemlendi (p<0.001). Başlangıç rengi ile ağartma sonrası renk arasındaki “L” düzeyinde ozon grubuna göre H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grubunda ozon grubuna göre anlamlı şekilde daha fazla

artış gösterdi (p<0.001). (Tablo 2)

Ozon grubu içerisinde renklendirme ve ağartma işlemleri sonrasında “a” ölçümlerindeki değişim istatistiksel olarak anlamlı olup (p<0.001), Başlangıç ve ağartma sonrası “a” düzeyi renklendirme sonrasına göre daha düşük olduğu bulunmuştur (p<0.001 ve p<0.001). Başlangıç ve ağartma sonrası ölçülen “a” değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (p=0.091). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grubu içerisinde de renklendirme ve ağartma işlemleri sonrasında “a” ölçümlerindeki değişim istatistiksel olarak anlamlı olup (p<0.001), başlangıç ve ağartma sonrası “a” düzeyi renklendirme sonrasına göre daha düşüktür (p<0.001 ve p<0.001). Başlangıç rengi ve ağartma sonrası renk arasında “a” ölçümleri yönünden istatistiksel olarak anlamlı fark gözlemlenmemiştir (p>0.999). (Tablo 1) Ağartma materyalleri birbirleriyle karşılaştırıldığında ağartma sonrasında “a” düzeyindeki değişim açısından istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir (p=0.024). Başlangıç rengi ile ağartma sonrası renk arasında “a”

düzeyinde meydana gelen değişim ozon ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gruplarında istatistiksel olarak benzerdi (p=0.950). (Tablo 2)

Ozon grubu içerisinde renklendirme ve ağartma işlemleri sonrasında ölçülen “b” değerlerindeki değişimin istatistiksel olarak anlamlı olup (p<0.001). Başlangıç ve ağartma sonrası “b” düzeyi renklendirme sonrasına göre daha düşüktür (p<0.001 ve p<0.001). Başlangıç ve ağartma sonrası ölçülen “b” değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p=0.091). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grubu içerisinde de renklendirme ve ağartma sonrası “b” ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı değişim olup

(p<0.001), başlangıç ve ağartma sonrası “b” düzeyi daha düşüktür (p<0.001 ve p<0.001). Başlangıç ve ağartma sonrası “b” değerleri yönünden istatistiksel olarak anlamlı fark bulgulanmamıştır (p>0.999). (Tablo 1) Ağartma materyalleri birbirleriyle karşılaştırıldığında ağartma sonrasında “b” düzeyindeki değişim benzer bulgulanmıştır (p=0.080). Başlangıç rengi-ağartma sonrası ve renklendirme sonrası-ağartma sonrası renk arasında “b” düzeyinde meydana gelen değişim yönünden ozon ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gruplarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulgulanmamıştır (p=0.950). (Tablo 2)

**Tablo 2.** Aşamalara göre renk bileşenlerinde meydana gelen değişimler

|                             | Ozon                | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | p-değeri † |
|-----------------------------|---------------------|-------------------------------|------------|
| <b>Renklendirme-Ağartma</b> |                     |                               |            |
| <i>L</i>                    | 7.0 (5.6 – 8.2)     | 12.2 (9.9 – 14.4)             | <0.001     |
| <i>a</i>                    | -1.9 (-2.2 – -1.6)  | -1.2 (-2.1 – -0.8)            | 0.024      |
| <i>b</i>                    | -2.8 (-3.4 – -2.0)  | -3.6 (-4.6 – -2.1)            | 0.107      |
| <b>Ana Renk- Ağartma</b>    |                     |                               |            |
| <i>L</i>                    | -1.0 (-2.4 – -0.2)  | 2.8 (0.1 – 3.7)               | <0.001     |
| <i>a</i>                    | -0.2 (-0.3 – -0.02) | -0.2 (-0.4 – 0.2)             | 0.950      |
| <i>b</i>                    | 0.6 (0.2 – 0.9)     | -0.3 (-1.8 – 1.0)             | 0.080      |

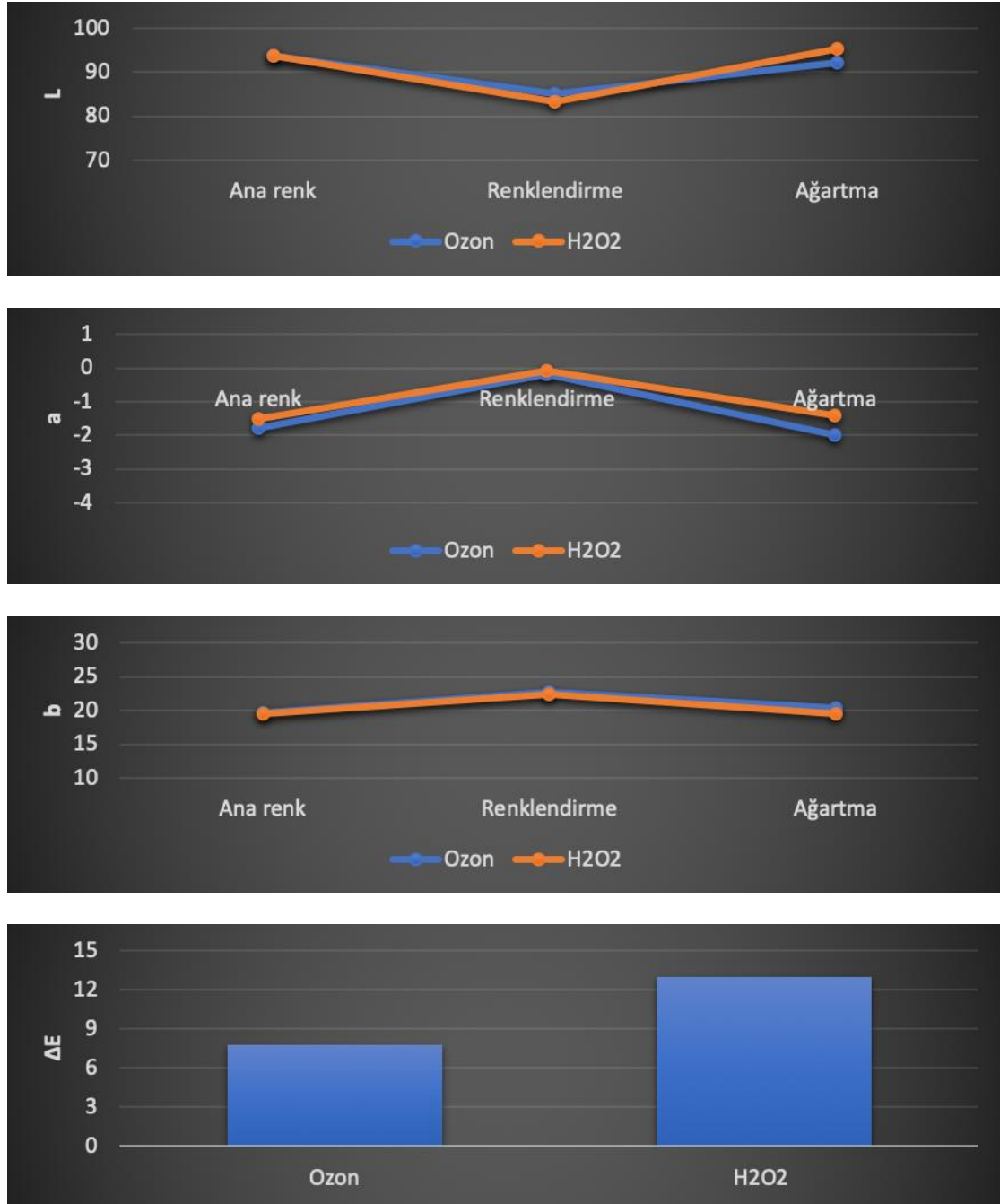
Veriler; medyan (1.çeyrek – 3.çeyrek) biçiminde ifade edildi, † Mann Whitney U testi, Bonferroni Düzeltmesine göre p<0.0167 için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Renk değişimi açısından ozon grubuna göre H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grubunun ΔE düzeyi istatistiksel anlamlı olarak daha yüksekti (p<0.001) (bkz Şekil 4). Ancak her iki grupta yer alan örneklerin tümünün Delta E düzeyi gözle görülür belirgin renk değişikliğinin eşik değeri 3.7'nin üzerinde olduğu gözlemlendi (Tablo 3) (Grafik 3).

**Tablo 3.** Gruplara göre Delta E ölçümleri

|                                   | Δ E                |
|-----------------------------------|--------------------|
| <b>Ozon</b>                       | 7.8 (7.0 – 9.1)    |
| <b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b> | 13.0 (11.4 – 14.5) |
| <b>p-değeri †</b>                 | <0.001             |

Veriler; medyan (1.çeyrek – 3.çeyrek) biçiminde ifade edildi, † Mann Whitney U testi.



**Grafik 3:** Aşamalara ve gruplara göre ΔE, L\*, a\* ve b\* değerleri

## TARTIŞMA

Laboratuvarında yapılan araştırmalarda renk değişim ölçümleri için insan dişine alternatif olarak sıklıkla sığır dişi kullanılmaktadır. Renk açısından sığır dişleri ve insan dişleri arasında belirgin bir farklılık bulunmamakla beraber, sığır dişleri daha geniş yüzeye sahip olduğu için renk ölçüm cihazlarının dişe uyumlanması daha kolaydır. Bunun yanı sıra deneylerde sığır dişiyle çalışıldığında insan dişi kullanımıyla alakalı etik sorunlarla da

karşılaşılmaz.<sup>10</sup> Ayrıca insan dişlerinin çekilmeden önce çay ve kahve gibi renklendirici içeriklere sahip içeceklerle ne kadar maruz kaldığı tahmin edilemeyeceğinden renklendirme ve ağartma prosedürünün birlikte olduğu araştırmalarda standardizasyon sağlanamayabilir.

Dişlerin doğal haliyle incelenmesi ve *in-vitro* çalışmamızın kliniği daha iyi yansıtmaları için deney öncesinde örnek yüzeyleri düzleştirilmemiştir, sadece temizleme ve parlatma işlemleri uygulanmıştır.

Yüzeylerin düzensiz olması renk ölçümünün doğruluğunu etkileyebilir. Yüzeydeki doğal düzensizlikler nedeniyle, dişlerin renk ölçümünü en doğru şekilde yapabilmek için çalışmamızda spektrofotometre kullanılmıştır. Spektrofotometreler görünür ışık yörüngesinin tamamını kullanır, geniş yansıtıcı sayesinde yansıyan ışığı tüm yönlerde toplayabilir ve örnek düzensizliklerinin dezavantajlarını giderir.<sup>14</sup>

Bu çalışmada ağartma materyallerinin etkilerini tam doğrulukta değerlendirebilmek ve dişin başlangıç rengi ile ağartma sonrası arasında da karşılaştırma yapabilmek için olması için tüm örnekler standart bir renklendirme işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmanın renklendirme prosedüründe renklendirme ve ağartmanın etkilerini değiştirebileceği için demineralizasyon etkisi olmayan kahve solüsyonu kullanılmıştır.<sup>15</sup> Kahve tüm dünyada sıklıkla tüketilen bir içecektir ve mine üzerinde koyulaştırıcı, lekelenendirici, renklendirici bir potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir. Kahvenin günlük tüketim süresinin 15 dakika olduğu bildirilmiştir.<sup>16</sup>

Bu çalışmada renklendirme işlemi bir yıllık kahve tüketimine karşılık gelecek şekilde 96 saat süresince uygulanmıştır. Diş hekimliğinde ağartma işlemlerinde oksitleyici kimyasal ajanlar kullanılır. Bu kimyasalların mekanizması, renklendirici maddelerinin oksidasyon yoluyla uzaklaştırılmasıdır. Ozon, güçlü oksitleyici özelliklere sahip bir moleküldür ve ağartma işlemlerinde kullanılabilirliği bildirilmiştir. Ozon organik ve inorganik maddelerle çeşitli kimyasal reaksiyonlara katılabilen oldukça oksitleyici bir ajandır.<sup>3</sup> Ozonun ayrışması sonucunda güçlü okside edici özelliklere sahip olan peroksit ve hidroksil radikalleri oluşur. Bu radikaller, eşleşmemiş elektronlara sahip oldukları için son derece elektrofildir ve stabilize olabilmek için mine yapısındaki inorganik tuzlar ile organik pigment molekülleri arasındaki kromofor moleküllerinden oluşan çift bağlara ile tepkimeye girerler. Buna bağlı olarak kromofor moleküllerinin enerji emilimi değişir ve daha az ışık yansıtan basit moleküller oluşur. Kısaca ozonun ayrışması sonucu oluşan serbest oksijen radikalleri renkli organik moleküller ile tepkimeye girerek mine yüzeyinde ağartma sağlar.<sup>17</sup>

Çalışmamızda ozon gazı klinik kullanıma uyumlu ağartma için özel programı olan ozon jeneratörü aracılığıyla uygulanmıştır. Bu cihaz ile ofis tip ağartma işlemi uygulanabildiği için çalışmadaki standardizasyonu sağlamak amacı ile ofis tipi kullanılan hidrojen peroksit içerikli bir ajan kullanılmıştır.

Renklendirme ve ağartma materyallerinin etkinlikleri  $L^* a^* b^*$  değerlerinin matematiksel analizi ile elde edilen renk değişimini gösteren  $\Delta E$  kullanılır. 1,5'ten küçük olan  $\Delta E$  değerleri spektrofotometre ile ölçülebilse de insan gözü tarafından ayırt edilemez. Eğitilmiş bir göz direk bakışta 1,5 – 2,5 arasındaki  $\Delta E$  değerindeki

farklılığı ayırt edebilirken, ortalama renk ayırma yetisine sahip bir insan ancak 2,5 – 3,5 ve üzerindeki  $\Delta E$  değerindeki farklılığı ayırt edebilir. Kolorimetre ve görsel incelemelere göre renk uyumu için ortalama bir renk farklılık değeri bildirmişlerdir. Bu değer 3,7 dir.<sup>14</sup> İki renk ölçümü arasında  $\Delta E > 1$  bulgusu renkte farklılık olduğu anlamına gelmektedir. Yapılan çalışmalar  $\Delta E > 3,7$  olduğunda renk farklılığının kolayca fark edilebileceği, bu değer 1 ile 3,7 arasında ise farklılığın klinik olarak kabul edilebilir olduğunu, ancak 1'in altında kalan değerlerin klinik olarak izlenemeyeceğini bildirmişlerdir.<sup>14, 18, 19</sup> Bu çalışmada ağartma sonrası ölçülen  $\Delta E$  değerlerinin ortalaması ozon grubunda 7,8 hidrojen peroksit grubunda 13 olarak ölçülmüştür.  $\Delta E$  değerlendirmesine göre hidrojen peroksitin ağartma etkinliğinin daha yüksek olduğu bulgusu elde edilmiş olsa da iki ağartma yöntemi de başarılı bir ağartma sağlamıştır. Ozon gazının ağartma etkinliği çeşitli *in vitro* ve klinik çalışmalar ile değerlendirilmiştir. Ancak sonuçlar çelişkilidir. Tessier ve ark.<sup>5</sup>, yaptıkları hayvan çalışması sonucunda ozonun sıçan kesici dişlerinde deneysel olarak oluşturulan tetrasiklin renklenmesini etkin bir şekilde ağartabildiğini, Grundlingh ve ark.<sup>20</sup>, ozonun ağartma etkinliğinin % 45 karbamid peroksit içeren Opalescence Quick'a benzer olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, Elhamid ve Mosallam<sup>21</sup>, ozonlanmış bir jelin karbamid peroksitten daha iyi ağartma sağladığını, Al-Omiri ve ark.<sup>6, 7</sup> 60 saniyelik ozon gazı uygulaması ile %35 hidrojen peroksitin benzer ağartma etkilerine sahip olduğunu ve ozonun hidrojen peroksitin ağartma etkinliği üzerinde sinerjik etkiye sahip olduğunu doğrulamıştır. Ancak Zanjani ve ark.<sup>4</sup>, hidrojen peroksitin ozon ile karşılaştırıldığında üstün ağartma kapasitelerine sahip olduğu ve ozonun %35 hidrojen peroksitin ağartma etkinliğini güçlendirmede sonucuna varmışlardır. Bu çalışmanın sınırları dahilinde ise  $\Delta E$  değerlendirmesine göre ozon gazının etkin bir ağartma yapabildiğini ancak bu etkisinin hidrojen peroksit kadar güçlü olmadığı söylenebilir. Ozon ve hidrojen peroksitin ağartma etkisi serbest radikal oluşturabilmelerine bağlıdır. Hidrojen peroksit ile yapılan ağartma işleminde çeşitli serbest oksijen radikalleri açığa çıkar. Bu radikaller eşleşmemiş elektronlara sahip oldukları için aşırı derecede elektrofildirler.<sup>22</sup> Ozon da kararsız bir moleküldür. Ozon gazı ayrışması sonucu oksijen molekülü ve bir serbest radikal olan eşleşmemiş elektronlara sahip oksijen anyonu ortaya çıkar.<sup>7, 17</sup> Eşleşmemiş elektronlara sahip serbest radikaller stabilize olabilmek için minedeki inorganik tuzlar ve organik pigment molekülleri arasındaki kromofor moleküllerinin çift bağlarına saldırır. Diş minesinin organik moleküllerinin absorpsiyon enerjisi değişir ve çift bağların elektron konjugasyonu bozulur. Buna bağlı olarak kromofor moleküllerinin enerji emilimi değişir ve daha az ışık yansıtan basit moleküller oluşur. Hidrojen peroksit ve ozon temelde aynı mekanizma ile ağartma işlemini gerçekleştirir. Ancak iki molekülün kimyasal yapısı nedeniyle oluşturdukları serbest radikallerin



çeşitlilikleri ve türleri aynı değildir. Ozon gazının ayrışmasından sadece oksijen anyonu oluşurken hidrojen peroksitin ayrışmasından oksijen anyonu, perhidroksil, hidroksil ve süperoksit serbest radikali oluşur.<sup>17, 22</sup> Bu serbest radikaller arasından hidroksil radikali en güçlü serbest radikaldır.<sup>23</sup> Ağartma işleminde hidrojen peroksitin daha etkili olması oluşturduğu serbest radikal türlerine ve çeşitliliğine bağlı olabilir.

Renk değişiminin değerlendirildiği çalışmalarda  $\Delta E$  formülü kullanılır ancak  $\Delta E$  hesaplanırken rengin üç ayrı bileşeninin değişiminden ortak bir ölçüm elde edilir.<sup>9</sup> Ağartma tedavilerindeki başarı da görsel algı çok önemlidir ve rengin 3 farklı eksenini ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) rengin algılanmasını farklı şekillerde etkiler. Standard CIE, renk boşluğunu uzayın üç eksenindeki koordinatlar boyunca tanımlamıştır.  $L^*$ , bir nesnenin açıklığının ölçümü ( $L^* = 0 =$  siyah;  $L^* = 100 =$  beyaz);  $a^*$ , kırmızı-yeşil ölçüm eksenini (pozitif  $a^*$  değerleri kırmızı miktarını, negatif  $a^*$  değerleri yeşil miktarını gösterir); ve  $b^*$ , sarı-mavi ölçüm eksenini (pozitif  $b^*$  değerleri sarı miktarını, negatif  $b^*$  değerleri mavi miktarını gösterir).<sup>1, 2</sup> CIE 1976  $L^* a^* b^*$  sistemi sırasıyla CIE  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $h^*$  sırasıyla silindirik koordinatlarının açıklık (lightness), parlaklık (chroma) ve ton (hue) bileşenlerini tanımlar.  $L^*$  bileşeni renk boşluğunun dikey eksenidir ve değişmez.  $C^*$  ve  $h^*$  değerleri,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinden matematiksel formüller ile elde edilir. Chroma ( $C^*$ ), bir rengin renk tonundaki ölçümü ve doygunluk miktarıdır. Ton ( $h^*$ ) ilk renk boyutudur ve rengin baskın dalga boyuyla ilişkilendirilir. Renk tonu, renk ailelerinin birbirinden ayırt edilebileceği bileşendir.  $h^*$  koordinatının değeri  $90^\circ$  olduğunda sarıya,  $h^* = 0^\circ$  olduğunda kırmızıya,  $h^* = 270^\circ$  olduğunda maviye,  $h^* = 180$  ise yeşile karşılık gelir. Rengin  $b^*$  bileşeninden elde edilen tondaki sarı-mavi oranı rengin görsel olarak daha beyaz olarak algılanmasındaki en önemli etkidir. Mavi, renk spektrumunda sarıya karşıdır ve net rengi beyaza doğru kaydırarak dişlerde daha beyaz ve parlak bir görünüm oluşturur.<sup>1, 2, 24</sup> Beyazlatıcı etki mekanizmasını değerlendiren çalışmalara<sup>1, 11, 24</sup> göre dişlerin daha parlak ve beyaz görünmesinde sarı-mavi eksenini ( $b^*$ ) maviye doğru kaymasının parlaklıktaki ( $L^*$ ) artıştan ve yeşil-kırmızı eksenini ifade rengin doygunluğundaki ( $a^*$ ) değişimden daha etkili olduğunu bildirmiştir.

Çalışmamızda renklendirme işlemi ile  $L^*$  değerlerinde azalma islenirken  $a^*$  ve  $b^*$  değerinde artış bulgulanmıştır. Rengin  $b^*$  eksenini sarıya  $a^*$  eksenini kırmızıya doğru kaymış  $L^*$  eksenine göre parlaklık azalmıştır. Dişlerde renklenmeye neden olduğu bilinen içeceklerin renk eksenini benzer şekilde etkilediği birçok çalışma tarafından gösterilmiştir.<sup>10, 25</sup> Ağartma etkinliğini değerlendirdiğimiz ozon gazı ağartma sonrasında renklendirme işlemi ile artan  $b^*$  ve  $a^*$  değerlerini hidrojen peroksit benzer şekilde düşürmüştür. Ağartma materyalleri arasındaki  $\Delta E$  değerleri arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılık  $L^*$  düzeyindeki değişimden kaynaklıdır. Her iki ağartma materyali de renklendirme ile düşen  $L^*$  değerlerini (parlaklık)

arttırmış olsa da hidrojen peroksit ozona göre daha büyük bir değişime neden olmuştur. Çalışmamızda renklendirme öncesinde ve ağartma sonrasında ölçülen  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri karşılaştırılarak ağartma işlemi ile dişin başlangıç rengine ne kadar yaklaşılabildiği değerlendirilmiştir. Ozon grubunda dişin başlangıç ve ağartma sonrası  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık görülmemiştir. Hidrojen peroksit grubunda başlangıç ve ağartma sonrası  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri benzerlik gösterse de ağartma sonrası ölçülen  $L^*$  değerleri, başlangıç  $L^*$  değerlerinden daha yüksektir ve bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır. Ozon gazı ile yapılan ağartma sonrasında hidrojen peroksit grubuna göre başlangıç diş rengi  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri ile daha iyi bir eşleşme sağlanmış olsa da bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildir. Her iki ağartıcı materyal de renk eksenlerini benzer şekilde etkilemiş ağartma yetenekleri sayesinde renklendirici ajanın mine üzerindeki etkisini ortadan kaldırmıştır. Ağartma işlemleri ile örneklerin renklendirme öncesi başlangıç rengine yeniden ulaşılmıştır.

Sonuçlarımıza göre ozon gazı ile başarılı bir ağartma uygulaması gerçekleştirilmiştir. Renk değişimi formülüne göre hidrojen peroksitin ağartma etkinliği daha yüksek bulgulanmıştır. Ancak ozon ve hidrojen peroksit  $a^*$  (kırmızı-yeşil) değerini ve diş renginin daha beyaz algılanmasındaki en önemli bileşen olan  $b^*$  (sarı-mavi) benzer şekilde etkilemiştir. Peroksit içeren kimyasal ağartma maddelerinin diş sert dokularının kaybı, periodontal dokularda olası hasar, diş hassasiyeti ve rezin içerikli restoratif materyallerin bağlanma kuvvetini azaltması gibi çeşitli yan etkilere sahip olduğu bilinmektedir.<sup>22</sup> Ozonun dental ve periodontal dokular üzerindeki önemli yan etkileri henüz çalışmalarda bildirilmemiştir. Aksine oral patolojilerin tedavisinde, minimal girişimsel diş hekimliğinde remineralizasyon terapilerinde kullanımı doğrulanmış ve ozonun rezin içerikli malzemelerin bağlanma gücü üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı bildirilmiştir.<sup>3</sup> Bulgularımız ve konuyla ilgili diğer çalışmalar göz önüne alındığında, ozon gazının zararsız, güvenli ve etkili bir ağartma tedavisi sağlayabileceği sonucuna varabiliriz.

## SONUÇ

Bu çalışmada ozon gazı deneysel olarak oluşturulan renklenmeler üzerinde etkili ağartma sağlamıştır. Renk değişim hesaplamasına göre hidrojen peroksitin daha etkili bir ağartma sağlamış olduğu bulgulanırsa da, ozon gazı rengin daha beyaz ve parlak olarak algılanmasındaki en önemli bileşeni rengin sarı-mavi oranını ( $b^*$ ) hidrojen peroksit benzer şekilde değiştirmiştir. Daha beyaz ve parlak diş rengine ulaşmak için yapılan ağartma tedavilerinde peroksit içerikli materyallerin kullanımı yan etkiler nedeniyle kontrendike olduğunda ozon gazı alternatif bir seçenek olarak umut vaat etse de konuyla ilgili toksisite çalışmalarını da içeren, uzun dönem sonuçları değerlendiren *in vivo* ve klinik çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

## KAYNAKLAR

1. Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: A review. *J Dent* 2017; 67: 3–10,
2. Joiner A, Hopkinson I, Deng Y, Westland S. A review of tooth colour and whiteness. *J Dent* 2008; 36: 2–7
3. Boztaş G, Ömürlü H. Restoratif Diş Hekimliğinde Ozon Tedavileri. *Atatürk Üni Diş Hek Fak Derg* 2015; 158 - 168
4. Zanjani VA, Ghasemi A, Torabzadeh H, Jamali M, Razmavar S, Baghban AA Bleaching effect of ozone on pigmented teeth. *Dent Res J (Isfahan)* 2015; 12: 20–4.
5. Tessier J, Rodriguez PN, Lifshitz F, Friedman SM, & Lanata EJ. The use of ozone to lighten teeth. An experimental study. *Acta Odontol Latinoam* 2010; 23: 84–9.
6. Al-Omiri MK, Abul Hassan RS, AlZarea BK, & Lynch E. Comparison of dental bleaching effects of ozone and hydrogen peroxide: An ex vivo study. *Am J Dent* 2016; 29: 251–254.
7. Al-Omiri MK, Abul Hassan RS, AlZarea BK, & Lynch E. Improved tooth bleaching combining ozone and hydrogen peroxide - A blinded study *J Dent* 2016; 46: 30–35.
8. AL-Omiri MK, Hassan RSA, AlZarea BK, & Lynch E Effects of combining ozone and hydrogren peroxide on tooth bleaching: A clinical study *J Dent* 2016; 53: 88–93.
9. International Organization for Standardization. ISO 11664- 4:2008 (CIE S 014-4/E:2007) Colorimetry— Part 4: CIE 1976 L\*a\*b\* Colour space. Retrieved online May 5, 2019 from: <https://www.iso.org/standard/52497.html>.
10. Bazzi JZ, Bindo MJF, Rached RN, Mazur RF, Vieira S, & de Souza EM. The effect of at-home bleaching and toothbrushing on removal of coffee and cigarette smoke stains and color stability of enamel. *J Am Dent Assoc* 2012; 143: e1-7.
11. Menezes RP de, Silva PD, Leal PC, & Faria-E-Silva AL. Impact of 35% Hydrogen Peroxide on Color and Translucency Changes in Enamel and Dentin. *Braz Dent J* 2018; 29 : 88–92.
12. Lagori G, Vescovi P, Merigo E, Meleti M, & Fornaini C. The bleaching efficiency of KTP and diode 810 nm lasers on teeth stained with different substances: An in vitro study. *Laser Ther* 2014; 23: 21–30.
13. Leung VW-H, & Darvell BW. Artificial salivas for in vitro studies of dental materials *J Dent* 1997; 25: 475–484.
14. Johnston WM, & Kao EC. Assessment of Appearance Match by Visual Observation and Clinical Colorimetry *J Dent Res* 1989; 68: 819–822.
15. Eliades T, Gioka C, Heim M, Eliades G, & Makou M. Color stability of orthodontic adhesive resins. *Angle Orthod* 2004; 74: 391–3.
16. Ertaş E, Güler AU, Yücel AC, Köprülü H, & Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J* 2006; 25: 371–6.
17. Perincek SD, Duran K, Korlu AE, & Bahtiyari İM. An Investigation in the Use of Ozone Gas in the Bleaching of Cotton Fabrics *Ozone Sci Eng* 2007; 29: 325–333.
18. Reis RS, Neiva GF, Yaman P, & Razzoog ME. Effect of firing on the color stability of a light-cured ceramic stain. *J Prosthodont* 1996; 5: 182–5.
19. Kuehni RG. Color-tolerance data and the tentative CIE 1976 L a b formula. *J Opt Soc Am* 1976; 66: 497–500.
20. Grundlingh AA, Grossman ES, & Witcomb MJ. Tooth colour change with Ozicure Oxygen Activator: a comparative in vitro tooth bleaching study. *SADJ* 2012; 67: 332–7.
21. Elhamid MA, & Mosallam R. Effect of bleaching versus repolishing on colour and surface topography of stained resin composite *Aust Dent J* 2010; 55: 390–398.
22. Goldberg M, Grootveld M, & Lynch E. Undesirable and adverse effects of tooth-whitening products: a review *Clin Oral Investig* 2010; 14: 1–10.
23. Kramer GC. Pathophysiology of burn shock and burn edema *Total Burn Care* 2012; 103-113.e4.
24. Tao D, Smith RN, Zhang Q, Sun JN, Philpotts CJ, Ricketts SR, & Naeeni M. Tooth whitening evaluation of blue covarine containing toothpastes *J Dent* 2017; 67: S20–S24.
25. Côrtes G, Pini NP, Lima DANL, Liporoni PCS, Munin E, Ambrosano GMB, Aguiar FHB, & Lovadino JR. Influence of coffee and red wine on tooth color during and after bleaching *Acta Odontol Scand* 2013; 71: 1475–1480.