



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**FARKLI KRİSTAL YAPIDAKİ SERAMİK
BRAKETLERİN İN VİTRO ORTAMDA RENK
STABİLİTELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Adnan Çağatay ÖZTÜRK

UZMANLIK TEZİ

Dr. Öğr. Üyesi Buket Pala MUTLU

TRABZON-2020

ONAY SAYFASI

Bu Tez Uzmanlık Tezi Standartlarına Uygun Bulunmuştur.

Dr. Öğr. Üyesi Burak GÜLNAR

Ortodonti Anabilim Dalı Başkanı

Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Uzmanlık öğrencisi Arş. Gör. Dt. Adnan Çağatay ÖZTÜRK'in hazırladığı Farklı Kristal Yapıdaki Seramik Braketlerin İn Vitro Ortamda Renk Stabilitelerinin Değerlendirilmesi" başlıklı tez Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca kapsam ve bilimsel kalite yönünden değerlendirilerek oy birliği ile Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi

: 27.11.2020

Danışman Dr. Öğr. Üyesi Buket PALA MUTU

: 

Jüri Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Barış BAŞER

: 

Jüri Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Merve GONCA

: 

Bu çalışma yukarıdaki jüri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Polat KOŞUCU
Dekan V.

BEYAN

Bu tez çalışmasının, KTÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım klavuzu standartlarına uygun olarak yazıldığını, tezin akademik ve etik kurallara bağı kalınarak gerçekleştirilmiş özgün bir bilimsel araştırma eserim olduğunu, tezde yer alan ve bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve kaynakların kaynak listesinde yer aldığını, tezin çalışılması ve yazımı aşamalarında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışım olmadığını beyan ederim.

27.11.2020

Adnan Çağatay ÖZTÜRK

İthaf

Uzmanlık tezimi, beni her zaman destekleyen ve dualarıyla yanımda olan canım dedem Mehmet Kumandaş'a ithaf ediyorum.



TEŞEKKÜR

Ortodonti eğitimim boyunca bana büyük emeği geçen, her konuda destek ve yardımcı olan, derdimi dinleyen, tez danışmanım Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim öğretim üyesi Sayın Dr. Öğr. Üyesi Buket Pala Mutlu'ya,

Uzmanlık eğitimimde emeği geçen, bilgi ve tecrübeleriyle bana katkı sağlayan değerli hocalarım, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Birol Özel, Dr. Öğr. Üyesi Ersan İlsay Karadeniz, Doç. Dr. Ruhi Nalçacı, Dr. Öğr. Üyesi Burak Gülnar, Dr. Öğr. Üyesi Barış Başer, Dr. Öğr. Üyesi Nurver Karşlı'ya,

Desteklerinden ötürü Sayın Prof. Dr. Tamer Tüzüner, Prof. Dr. Esra Baltacıoğlu ve Doç. Dr. Sedanur Turgut'a,

Dört yıllık eğitim sürecimde samimiyetle yanımda olan ve keyifli vakit geçirmemi sağlayan sevgili asistan arkadaşlarım ve kliniğimizin yardımcı personeline,

Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde iyi ki tanıdığım dediğim, ilk günden bu yana her koşulda desteklerini hissettiğim Halil İbrahim Aydın, Canan Sevim ve Barış Bak'a,

Destegini ve ilgisini her an yanımda hissettiğim sevgili arkadaşım Fatma Pehlivanlar ve Hurşit Sarman'a,

Tertemiz kalbiyle çalışmamda her an yanımda olan sevgili arkadaşım Gökçe Çiçek Cevher'e,

Tüm yaşamım boyunca bana destek olup yol gösteren, sevgileri, sabırları, özverileri ile bugüne gelmemde en çok emeği geçen, beni bu yaşıma getiren sevgili babam Osman Öztürk, canım annem Fatma Öztürk ve bir tanecik ablam Aybüke Orman'a,

Varlığıyla hepimizi mutlu eden, hayatımızı güzelleştiren tatlı yeğenim Çağan Alp Orman'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER**Sayfa****KABUL VE ONAY****BEYAN****İthaf****TEŞEKKÜR****TABLOLAR DİZİNİ****IX****ŞEKİLLER DİZİNİ****xi****RESİMLER DİZİNİ****xiii****KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER****xiv****1. ÖZET****1****2. SUMMARY****2****3. GİRİŞ ve AMAÇ****3****4. GENEL BİLGİLER****5**

4.1. Ortodontik Tedavide Kullanılan Braketler

5

4.1.1. Metal Braketler

5

4.1.2. Estetik Braketler

6

4.1.2.1. Plastik Braketler

6

4.1.2.2. Seramik Braketler

7

4.1.2.2.1. Polikristal Seramik Braketler

10

4.1.2.2.2. Monokristal Seramik Braketler

11

4.2. Işık ve Renk Kavramı

11

4.2.1. Renk Sistemleri

13

4.2.1.1. Munsell Renk Sistemi

13

4.2.1.2. CIE Lab Renk Sistemi

14

4.2.2. Renk ve Işık ile İlgili Temel Kavramlar	15
4.2.2.1. Saydamlık (Transparanlık)	15
4.2.2.2. Opaklık	15
4.2.2.3. Yarı Saydımlık (Translüsентlik)	15
4.2.2.4. Metamerizm	15
4.2.2.5. Işıma (Floresanslık)	16
4.2.3. Renk Ölçüm Yöntemleri	16
4.2.3.1. Görsel Ölçüm	16
4.2.3.2. Cihaz ile Ölçüm	16
4.2.3.2.1. Dijital Kamera	17
4.2.3.2.2. Spektrometre	17
4.2.3.2.3. Spektrofotometre	17
4.2.3.2.4. Kolorimetre	18
4.3. Ortodontik Tedavide Kullanılan Materyallerde Renklenme	19
4.3.1. Elastik Ligatürlerde Renklenme	20
4.3.2. Estetik Ortodontik Tellerde Renklenme	20
4.3.3. Ortodontik Plaklarda Renklenme	21
4.3.4. Ortodontik Yapıştırıcılarda Renklenme	22
4.3.5. Estetik Braketlerde Renklenme	22
5. GEREÇ ve YÖNTEM	24
5.1. Braket Yüzeylerinin Hazırlanması	25
5.2. Grupların Oluşturulması	25
5.2.1. Çay solüsyonunun hazırlanması ve örneklerin solüsyona maruz bırakılması	26
5.2.2. Kahve solüsyonunun hazırlanması ve örneklerin solüsyona maruz bırakılması	26
5.2.3. Sigara düzeneğinin hazırlanması ve örneklerin sigara dumanına maruz bırakılması	27
5.2.4. Yapay tükürük solüsyonunun hazırlanması ve örneklerin solüsyona maruz bırakılması	29
5.3. Renk Ölçümü	30
5.4. İstatistiksel Yöntem	31
6. BULGULAR	32

6.1. L* Değerlerinin Karşılaştırılması	32
6.2. a* Değerlerinin Karşılaştırılması	33
6.3. b* Değerlerinin Karşılaştırılması	34
6.4. Braket Grupları ve Solüsyon Etkileşimlerinin Karşılaştırılması	35
6.4.1. ΔE_1 Değerlerinin Karşılaştırılması	35
6.4.2. ΔE_2 Değerlerinin Karşılaştırılması	37
6.4.3. ΔE_3 Değerlerinin Karşılaştırılması	40
6.4.4. ΔE_4 Değerlerinin Karşılaştırılması	43
6.4.5. Tüm braketlerin solüsyondan bağımsız olarak ΔE değerlerinin karşılaştırılması	46
6.4.6. Tüm solüsyonların braketlerden bağımsız olarak ΔE değerlerinin karşılaştırılması	47
6.5. Monokristal ve Polikristal Braket Gruplarının Karşılaştırılması	47
6.5.1. Kristal Yapıya Göre ΔE_1 Değerlerinin Karşılaştırılması	47
6.5.2. Kristal Yapıya Göre ΔE_2 Değerlerinin Karşılaştırılması	49
6.5.3. Kristal Yapıya Göre ΔE_3 Değerlerinin Karşılaştırılması	51
6.5.4. Kristal Yapıya Göre ΔE_4 Değerlerinin Karşılaştırılması	53
6.5.5. Monokristal ve Polikristal Grupların Zamana Göre Renklenmesinin Karşılaştırılması	55
7. TARTIŞMA	56
7.1. Amaç, Gereç ve Yöntemin Tartışılması	56
7.2. Çalışmamızın Sonuçlarının Tartışılması	62
7.3. Çalışmamızın Kısıtlılıkları	69
8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	71
9. KAYNAKLAR	73
10. ÖZGEÇMİŞ	81

TABLOLAR DİZİNİ

Tablolar

Tablo 1: O'Brien'in Klinik Renk Eşleşmesi Tablosu	15
Tablo 2: Çalışmada kullanılan seramik braketler	25
Tablo 3: Grup, solüsyon ve zamana göre L* değerlerinin karşılaştırılması	32
Tablo 4: Grup, solüsyon ve zamana göre a* değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri	33
Tablo 5: Grup, solüsyon ve zamana göre b* değerlerinin karşılaştırılması	34
Tablo 6: Grup ve solüsyona göre ΔE_1 tanımlayıcı istatistikleri	35
Tablo 7: Gruplara göre ΔE_1 çoklu karşılaştırma sonuçları	35
Tablo 8: Solüsyonlara göre ΔE_1 çoklu karşılaştırma sonuçları	36
Tablo 9: Grup ve solüsyonlara göre ΔE_1 çoklu karşılaştırma sonuçları	37
Tablo 10: Grup ve solüsyona göre ΔE_2 tanımlayıcı istatistikleri	37
Tablo 11: Gruplara göre ΔE_2 çoklu karşılaştırma sonuçları	38
Tablo 12: Solüsyonlara göre ΔE_2 çoklu karşılaştırma sonuçları	38
Tablo 13: Grup ve solüsyonlara göre ΔE_2 çoklu karşılaştırma sonuçları	39
Tablo 14: Grup ve solüsyona göre ΔE_3 tanımlayıcı istatistikleri	40
Tablo 15: Gruplara göre ΔE_3 çoklu karşılaştırma sonuçları	40
Tablo 16: Solüsyonlara göre ΔE_3 çoklu karşılaştırma sonuçları	41
Tablo 17: Grup ve solüsyonlara göre ΔE_3 çoklu karşılaştırma sonuçları	42
Tablo 18: Grup ve solüsyona göre ΔE_4 tanımlayıcı istatistikleri	43
Tablo 19: Gruplara göre ΔE_4 çoklu karşılaştırma sonuçları	43
Tablo 20: Solüsyonlara göre ΔE_4 çoklu karşılaştırma sonuçları	44
Tablo 21: Grup ve solüsyonlara göre ΔE_4 çoklu karşılaştırma sonuçları	45
Tablo 22: ΔE_1 değerlerine ait iki yönlü ANOVA sonuçları	47
Tablo 23: ΔE_1 değerlerine ait çoklu karşılaştırma sonuçları	48

Tablo 24: ΔE_2 değerlerine ait iki yönlü ANOVA sonuçları	49
Tablo 25: ΔE_2 değerlerine ait çoklu karşılaştırma sonuçları	50
Tablo 26: ΔE_3 değerlerine ait iki yönlü ANOVA sonuçları	51
Tablo 27: ΔE_3 değerlerine ait çoklu karşılaştırma sonuçları	52
Tablo 28: ΔE_4 değerlerine ait iki yönlü ANOVA sonuçları	53
Tablo 29: ΔE_4 değerlerine ait çoklu karşılaştırma sonuçları	54



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekiller

Şekil 1: Elektromanyetik spektrumda görünür ışığın yeri	12
Şekil 2: Munsell Renk Sistemi	13
Şekil 3: CIE L* a* b* Renk Sistemi	14
Şekil 4: Çalışmanın akış şeması	24
Şekil 5: Gruplara göre ΔE_1 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi	35
Şekil 6: Solüsyonlara göre ΔE_1 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi	36
Şekil 7: Braket ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_1 grafiği	37
Şekil 8: Gruplara göre ΔE_2 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi	38
Şekil 9: Solüsyonlara göre ΔE_2 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi	39
Şekil 10: Braket ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_2 grafiği	40
Şekil 11: Gruplara göre ΔE_3 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi	41
Şekil 12: Solüsyonlara göre ΔE_3 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi	42
Şekil 13: Braket ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_3 grafiği	43
Şekil 14: Gruplara göre ΔE_4 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi	44
Şekil 15: Solüsyonlara göre ΔE_4 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi	45
Şekil 16: Braket ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_4 grafiği	46
Şekil 17: Braketlerin farklı zamanlardaki ΔE değerlerinin karşılaştırılması	46
Şekil 18: Solüsyonların ΔE değerlerinin karşılaştırılması	47
Şekil 19: Kristal yapıya göre ΔE_1 değerlerinin karşılaştırılması	48
Şekil 20: Kristal yapı ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_1 değerlerinin gösterilmesi	49
Şekil 21: Kristal yapıya göre ΔE_2 değerlerinin karşılaştırılması	50
Şekil 22: Kristal yapı ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_2 değerlerinin gösterilmesi	51

Şekil 23: Kristal yapıya göre ΔE_3 değerlerinin karşılaştırılması	52
Şekil 24: Kristal yapı ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_3 değerlerinin gösterilmesi	53
Şekil 25: Kristal yapıya göre ΔE_4 değerlerinin karşılaştırılması	54
Şekil 26: Kristal yapı ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_4 değerlerinin gösterilmesi	55
Şekil 27: Farklı kristal yapıdaki braketlerin farklı zamanlarda ölçülen ΔE değerlerinin karşılaştırılması	55



RESİMLER DİZİNİ

Resimler

Resim 1: ShadeEye NCC kolorimetre cihazı	19
Resim 2: Örneklerin etüvde bekletilmesi	26
Resim 3: Çalışmada kullanılan poşet çay ve filtre kağıdı	26
Resim 4: Çalışmada kullanılan kahve	27
Resim 5: Sigara düzeneği	28
Resim 6: Sigara grubu örnekleri	28
Resim 7: Çalışmada kullanılan sigara	29
Resim 8: Kolorimetre cihazı ile yapılan renk ölçüm işlemi	30
Resim 9: Örneklerin renklendirici ajanlara maruz bırakılmasından sonraki görüntüleri	31

KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER

Kısaltmalar

MII	Monokristal tipi braket, Inspire Ice
MRP	Monokristal tipi braket, Radiance Plus
MPC	Monokristal tipi braket, Perfect Clear
PCA	Polikristal tipi braket, Clarity Advanced
PSC	Polikristal tipi braket, Symetri Clear
P20/40	Polikristal tipi braket, 20/40 Ceramic Bracket
CIE	Commission Internationale de L'eclairage (Uluslararası aydınlatma komisyonu)
L*	CIE Lab Renk Sistemi, Parlaklık
a*	CIE Lab Renk Sistemi, Kırmızı-Yeşil koordinatı
b*	CIE Lab Renk Sistemi, Sarı-Mavi koordinatı
ΔE	CIE sistemindeki toplam renk farkı
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
AISI	American Iron and Steel Institute
LED	Light Emitting Diode
UV	Ultraviyole

Simgeler

μm	Mikron
nm	Nanometre
mm	Milimetre
ml	Mililitre
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
n	Örnek Sayısı
p	Önem Düzeyi
sd	Serbestlik Derecesi
<	Küçüktür
>	Büyüktür
%	Yüzde

Formüller

Al_2O_3	Alüminyum oksit (Alümina)
---	---------------------------

1. ÖZET

Farklı kristal yapıdaki seramik braketlerin in vitro ortamda renk stabiliteilerinin değerlendirilmesi

Bu çalışmanın amacı, monokristal ve polikristal yapıdaki seramik braketlerin, renklendirici ajanlar karşısında meydana gelebilecek renk değişimlerinin in vitro olarak değerlendirilmesidir. Çalışmamızda kullanılan monokristal yapıdaki braketler Inspire Ice™, Radiance Plus™ ve Perfect Clear™, polikristal yapıdaki braketler ise Clarity Advanced™, Symetri Clear™ ve 20/40™ Ceramic Bracket'tir. Her markadan 32 adet olmak üzere toplamda 192 seramik braket kullanılmıştır. Braketler 24 gruba ayrılmış (n=8) ve çay, kahve, yapay tükürük ve sigara dumanına maruz bırakılmıştır. Meydana gelen renk değişimleri kolorimetre cihazı ile ölçülmüştür. Gruplara ve solüsyonlara göre ΔE değerlerinin karşılaştırılmasında iki yönlü varyans analizi ve çoklu karşılaştırmalar için ise Tukey HSD testi kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre hem monokristal hem de polikristal braketler renklendirici ajanlara maruz kaldığında klinik olarak farkedilebilir renk değişikliği göstermiştir. Kristal yapıya göre değerlendirildiğinde monokristal braketler istatistiksel olarak daha düşük renk değişikliği göstermiştir. Tüm zamanlar ayrı ayrı değerlendirildiğinde Inspire Ice™ en az, 20/40™ Ceramic Bracket ise en fazla renk değişikliği gösteren braket markasıdır. En fazla renk değişikliğine neden olan ajan ise çay olarak belirlenmiştir. Bu çalışma, günlük yaşamda sık tüketilen içeceklerin zamana bağlı olarak seramik braketlerde renk değişikliğine neden olabileceğini göstermektedir. Ayrıca braket markası, braketin kristal yapısı, renklendirici ajan ve zaman, malzemelerin renk değişim derecesini etkilemektedir.

Anahtar kelimeler: Seramik braket, monokristal, polikristal, renk değişimi, kolorimetre

2. SUMMARY

Evaluation of color stability of ceramic brackets in different crystal structure in vitro

The aim of this study is to evaluate the color changes that may occur in monocrystalline and polycrystalline ceramic brackets in the presence of coloring agents in vitro. The monocrystalline brackets used in our study are Inspire Ice™, Radiance Plus™ and Perfect Clear™, and the polycrystalline brackets are Clarity Advanced™, Symetri Clear™ and 20 / 40™ Ceramic Bracket. A total of 192 brackets were conducted in this study, 32 from each brand. The brackets were divided into 24 groups (n = 8) and exposed to tea, coffee, artificial saliva and cigarette smoke. The color changes that occurred were measured with a colorimeter device. Two-way analysis of variance was used to compare ΔE values according to groups and solutions, and Tukey HSD test was used for multiple comparisons. According to the results of the study, both monocrystalline and polycrystalline brackets showed clinically noticeable discoloration when exposed to coloring agents. When evaluated according to the crystal structure, the monocrystalline brackets showed statistically less color change. When all times are evaluated separately, Inspire Ice™ is the bracket brand that shows the least color change, and 20 / 40™ Ceramic Bracket is the bracket brand that shows the most color changes. The agent that causes the most color change was determined as tea. This study shows that drinks that are frequently consumed in daily life can cause discoloration in ceramic brackets depending on time. In addition, the bracket brand, crystal structure of the bracket, coloring agent and time affect the color change degree of the materials.

Key words: Ceramic bracket, monocrystalline, polycrystalline, color change, colorimeter

3. GİRİŞ ve AMAÇ

Ortodontik tedavinin ilk dönemlerinde dişlere kuvvet uygulamak amacıyla ortodontik bantlar kullanılmaktaydı. 1907 yılında Angle, edgewise tekniği kullanarak dişlere altından bantlar uygulamıştır. 1920 yılında bantlar, altın yerine paslanmaz çelikten üreilmeye başlanmıştır (1). Paslanmaz çelik altına göre daha sert ve dayanıklı olduğundan, daha küçük boyutlarda üretilebilir, boyutlarına bağlı olarak da daha estetikdir (2). Ancak bantların uygulanması sırasında seperasyon gerektirmesi, plak birikimi nedeniyle çürük oluşumuna neden olması, diş etine zarar verme riski ve en önemlisi estetik olmayan görünümleri nedeniyle başka materyallerin arayışı içine girilmiştir (1).

1955 yılında Bounocore, fosforik asitle aşındırılan mine yüzeyinde epoksi rezinin bağlanmasının arttığını göstermiştir (3). 1965 yılında Newman, braketlerin asitlenmiş mine yüzeyine direkt olarak yapıştırılabildiğini göstermiş ve böylece estetik olmayan bantların kullanımından braket sistemine geçiş başlamıştır (4).

Bağlanma dayanımının giderek artmasıyla beraber, braket boyutları küçültülerek daha az görünmeleri sağlanmıştır. Ancak metalin estetik bir materyal olmaması, estetik kaygının devam etmesine neden olmuştur. 1970'lerin başında polikarbonat yapıda plastik braketler metal braketlere alternatif olarak üreilmeye başlanmıştır. Ancak bu braketlerin kuvvetler altında deformasyona uğraması, su emilimi sonucu boyutsal stabilitelelerinin bozulması ve renk değiştirmeleri nedeniyle kullanımları sınırlı kalmıştır (5, 6).

Ortodontik tedavi almak isteyen yetişkin hastaların sayısının artışı, estetik ortodontik apareylere olan ihtiyacı da arttırmıştır (7). Yetişkin hastaların yüzdesi 1970'lerde çok düşükken, 1980'lerin ortalarında toplam hasta sayısının %25'ine yükselmiştir ve günümüzde giderek artmaktadır (8). Yapılan çalışmalara göre estetik braketlerle ortodontik tedavi gören hastaların, metal braketlerle tedavi görenlere kıyasla özgüvenlerinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (9, 10). Estetik ve klinik ihtiyaçları karşılamak adına farklı malzeme türleri test edilmiş ve seramik braketler piyasaya tanıtılmıştır (11). Polikristal ve monokristal yapıda üretilen bu braketler, plastik braketlerin estetiğini ve metal braketlerin güvenilirliğini birleştirmeye çalışmıştır (12).

Ortodonti alanında, estetik uygulamaların artmasıyla tedavi daha geniş kitlelere ulaşmıştır. Bu amaçla lingual ortodontik braketler ve termoplastik şeffaf plaklar üretilmiştir (13). Şeffaf plakların takılıp çıkarılabilir olması hastalar için özellikle yemek

yerken daha konforlu olmasını sağlamaktadır. Ancak pahalı bir teknik olması ve ilave laboratuvar işlemleri gerektirmesi dezavantajlarıdır. Lingual ortodontide braketlerin görünmemesi hastaların motivasyonunu arttırmaktadır. Ancak braketlerin dişlere uygulanmasının geleneksel braketlere göre daha uzun zaman alması, tekniğin zorluğu, maliyetinin yüksek olması ve lingualdeki braketlerin özellikle ilk aylarda hastalarda dil yaralanmaları, çiğneme, konuşma ve hijyen problemlerine neden olması, lingual ortodonti tekniğinin en büyük dezavantajlarından (14, 15).

Estetiğe verilen önemin artmasıyla, ortodonti hastaları tedavi bitiminde olduğu kadar tedavi süresi boyunca da görünümüne önem vermeye başlamışlardır. Bu nedenle estetik braketler dişlerle renk uyumunu devam ettirmek adına uzun dönemde renk stabiliteğini korumalıdır (12). Seramik braketlerin metal braketlere göre tek avantajı estetik görünümü olsa da, uzun dönemde renk kararlılıkları hakkında sınırlı sayıda çalışma vardır. Bazı yazarlar tarafından bildirildiği üzere, seramikler, yiyecek ve içeceklerde yaygın olarak bulunan pigmentlerden dolayı ağız ortamında renk değiştirebilmektedir (11, 16, 17).

Bu çalışmanın amacı, farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip polikristal veya monokristal içerikli seramik braketlerin, günlük hayatta sıklıkla tüketilen çay, kahve, sigara ve kontrol grubu olarak kullanılan yapay tükürük solüsyonu karşısında meydana gelebilecek renk değişimlerini in vitro olarak incelemektir. Bu sayede uzun süreli ortodontik tedavilerde hastaların estetik görünümünü olumsuz yönde etkileyebilecek risk faktörlerinin tespit edilmesi ve uygun braket seçimini kolaylaştırmak amaçlanmaktadır.

4. GENEL BİLGİLER

4.1. Ortodontik Tedavide Kullanılan Braketler

Mineye yapıştırılan ortodontik braketler, ark teli tarafından uygulanan kuvveti dişlere iletmek amacıyla kullanılan sabit ortodontik mekaniklerin en önemli pasif elemanları arasında yer almaktadır (8, 18). Tedavinin ilk yıllarında dişlere yapıştırılan paslanmaz çelik bantlara lehimlenen braketler kullanılmıştır. Braket tasarımı ve imalatındaki ilerlemeler, yapıştırma tekniklerinin gelişmesiyle bantlı sistemlerin kullanımı terkedilmiştir (8).

Braketlerin geliştirilmesinin bir sonraki aşaması, yapıştırıcılarla daha yüksek bağlanma sağlamak için taban tasarımının değiştirilmesini içermektedir. İlk braketler mesiodistal olarak tüm diş yüzeyini kaplarken, taban tasarımlarının geliştirilmesiyle braketlerin boyutları küçültülmüş ve daha az görünmeleri sağlanmıştır (8).

Ortodontik tedavi almak isteyen yetişkin hastaların sayısının artışıyla beraber, sonraki araştırmalar, metal braketlere kıyasla estetik görünümüleri büyük ölçüde geliştirilmiş braketlerin ortaya çıkmasını sağladı. Plastik ve seramik braketler bu sürecin bir sonucudur. (7, 8). Bununla birlikte metal braketler hala rutin tedavide en sık kullanılan braketlerdir (19).

4.1.1. Metal Braketler

İlk kez 1967 yılında kullanılmaya başlanan metal braketler, ortodontistler tarafından en sık tercih edilen braketlerdir (20). Günümüzde ortodontide kullanılan 4 farklı metal braket tipi mevcuttur (21).

1. Paslanmaz çelik braketler
2. Kobalt-Krom braketler
3. Titanyum braketler
4. Değerli metal braketler

Braket üretiminde en yaygın olarak kullanılan metal, östenitik paslanmaz çelik veya AISI (American Iron and Steel Institute) sınıflamasına göre AISI 304 çeliktir. %18 krom ve %8 nikel içeriğinden dolayı 18-8 çelik olarak da adlandırılır (19). Paslanmaz çelik dayanıklı, hijyenik ve maliyetlerinin düşük olması nedeniyle uzun yıllardır ortodontide en sık kullanılan braket materyalidir. Bununla beraber estetik olmamaları ve ağızda nikel serbestlemesi en büyük dezavantajlarıdır (22). Nikelin potansiyel bir alerjen olduğu

bilinmektedir. Bu nedenle nikel alerjisi olan hastalar için kobalt krom alaşımından braketler üretilmiştir (6, 23).

Paslanmaz çelik braketlere alternatif olarak kullanılabilen bir diğer metal türü de titanyumdur. Titanyum biyouyumlu ve korozyona karşı dirençli bir materyaldir (6, 24). Titanyum braketler, içeriklerinde nikel bulunmadığı için nikel alerjisi olan hastalarda güvenle kullanılabilir (6). Paslanmaz çelik braketler kadar sağlam ve dayanıklı olan titanyum braketlerin bükülmeye karşı dirençleri daha düşüktür (24).

Metal braketlerin üretiminde kullanılan diğer bir materyal altın alaşımıdır. Ancak altının pahalı olması ve teknik performansının düşük olması nedeniyle çok fazla tercih edilmemiştir (6). Bununla beraber kişiye özel braketlerin kullanıldığı lingual ortodonti gibi yeni tekniklerde ayrıntılı döküm yapılabildiği için altın alaşımlarının kullanımını yeniden popülerlik kazanmaya başlamıştır (25).

4.1.2. Estetik Braketler

Ortodontik tedavi gören yetişkin hastalar için tedavi sonunda elde edilen güzel bir gülümseme kadar tedavi sırasındaki görünüm de önem kazanmıştır (26). Hem hasta için kabul edilebilir bir estetik hem de klinisyen için yeterli teknik performansı birleştiren aygıtların geliştirilmesi en büyük hedefdir. Bu amaçla paslanmaz çelik braketlerin boyutları küçültülmüş ancak bu braketler ortodontistin ihtiyaç duyduğu teknik performansı sağlamasına rağmen estetik olarak bekleneni verememiştir. Lingual ortodonti tekniği estetik kriterleri karşılasa da teknik olarak kullanımlarının zor olması ve zaman alması nedeniyle klinik olarak sınırlı kalmıştır. Bu konudaki en yeni gelişme termoplastik şeffaf plaklarla tedavidir. Bu tedavi yönteminde, özellikle yetişkin hastalarda basit ve orta derecedeki çapraşıklıkları tedavi etmek mümkündür, ancak karmaşık vakalarda hala sabit ortodontik tedavi gerekmektedir (5).

4.1.2.1. Plastik Braketler

Plastik braketler ilk olarak 1970'lerin başında ortodonti kliniğinde kullanılmak üzere üretilmişlerdir. Başlangıçta akrilikten daha sonra polikarbonattan üretilen plastik braketler, ortodontistler tarafından metal braketlere estetik bir alternatif olarak kabul edildi (5). Ancak bu braketlerin klinikte kullanımları sırasında bir takım sorunlarla karşılaşmıştır. Başlangıçta şeffaf olan plastik braketler tedavi süresince ağız sıvılarını absorbe ederek renklenebilmekte ve kokuya sebep olabilmektedir. Dişe bağlanmada

zorluk, ark teliyle arasında yüksek sürtünme direnci görülebilmektedir. Ayrıca yeterli dayanıklılığa sahip olmamaları nedeniyle deformasyona uğraması ve braket kanatlarında kırıkların oluşması gibi problemleri olduğu fark edilmiştir (5, 27, 28). Kalıcı deformasyon veya snme, bir malzeme uzun süre boyunca sabit bir kuvvete maruz kaldığında meydana gelir ve bu durum polikarbonat gibi malzemeler için özellikle önemlidir. Sabit bir fizyolojik stres altında zamanla bozulan braket slotları, braketin uzun tedavi sürelerine dayanmasını veya tork kuvvetlerini diğe iletmesini engeller (29). Yapılan alışmalar metal braketlere kıyasla polikarbonat braketlerde daha yüksek tork kayıpları olduğunu göstermiştir (30-32).

Plastik braketlerin olumsuz özelliklerini telafi etmek amacıyla çeşitli işlemlerle güçlendirilip seramik veya cam fiber dolgulu, metal slotlar eklenen polikarbonat braketler geliştirilmiş ancak bu önlemler yeterli olmamıştır. Bu braketler kalıcı deformasyona ve tork kuvvetlerine karşı daha dayanıklı olsa da ve daha düşük sürtünme direnci gösterse de, renklenme en büyük dezavantajlarıdır. Bu nedenle bu braketler minimum kuvvet gerektiren kısa süreli tedaviler için daha uygundur (5, 31, 33).

4.1.2.2. Seramik Braketler

1960'lı yılların başlarında metal alt yapılı porselen protezlerin geliştirilmesiyle, sabit protez uygulamalarında altın kaplamaların kullanılması terk edilmeye başlanmıştır. Seramik yapım teknikleri ve diğ anatomisinin daha iyi taklit edilebilmesi ve renk sistemlerindeki gelişmelerle beraber seramik restorasyonların estetiği de büyük ölçüde geliştirilmiştir (34).

Son yıllarda dental seramiklerin mekanik özelliklerinde büyük gelişmeler sağlanmıştır. Yapısal hataların azaltılması, homojenlik derecesinin artması ve mikro yapının iyileştirilmesiyle, seramiklerin dayanıklılığı artmıştır. Lamine seramiklerin ortaya çıkması bu konudaki en büyük etkidir. Kullanım amacına bağlı olarak bu malzemeler, mekanik dayanıklılık, uygun elastikiyet modülü, aşınmaya karşı direnç, sertlik, translüsentlik ve renk kararlılığı gibi belirli ihtiyaçları karşılamalıdır. Bu nedenle farklı kimyasal bileşimler kullanılmış ve bu malzemelerin geliştirilmesi için farklı mikro yapısal özelliklere odaklanılmıştır. Ortodontide kullanılan seramik malzemelerin mekanik dayanıklılık, renk kararlılığı gibi birçok özelliği olması gerekmektedir (35).

Malzeme bilimindeki ilerlemeler, daha estetik braketlere olan talebin artmasıyla beraber plastik braketlerin polimer yapısıyla ilgili problemleri ortadan kaldırmak amacıyla

1980'lerin ortasında seramik braketler geliştirilmiştir (19, 28). Alümina olarak da adlandırılan alüminyum oksitten (Al_2O_3) yapılan bu braketler daha yüksek dayanıklılık, aşınma ve deformasyona karşı direnç, daha iyi renk kararlılığı ve en önemlisi üstün bir estetik sağlamıştır (5). Ancak bu braketlerin de bazı dezavantajları mevcuttur.

Alüminyum oksit, paslanmaz çelik ve mineden dokuz kat daha sert bir yapıya sahiptir. Bu özelliğiyle, büyük kuvvetler karşısında dayanıklı olması avantaj gibi gözükse de temas ettiği dişlerde aşınmaya neden olması istenmeyen bir özelliktir (36). Seramik braketlerin alt dişlere yerleştirildiklerinde karşıt dişlerde hızlı ve şiddetli mine aşınmalarına neden olduğu bildirilmiştir (37). Bu nedenle, seramik braketlerin karşıt dişlerle temasını önlemek adına dikkat edilmelidir ve artmış overbite gibi durumlarda karşıt dişlerde daha az aşındırıcı oldukları için polikarbonat braketlerin kullanılması tavsiye edilmiştir. İatrojenik mine hasarı riskine karşılık bazı üreticiler alt anterior dişler için daha düşük profilli veya eğimli braketler geliştirmiştir. Braket kanadının oklüzal yüzeyini kaplayan elastomerik ligatürler, karşıt dişlerin seramik braketle temasını önleyen, mine hasarı riskini azaltmanın başka bir yöntemidir. Bununla birlikte bu ligatürler hacimlerinden dolayı ağız hijyenini olumsuz etkileyebilirler. Alternatif olarak fonksiyon sırasında alt braketlerin görünmediği hastalarda metal braketlerin kullanılması da düşünülebilir (5).

Seramik braketler alüminyum oksit bileşimi nedeniyle akrilik ve diakrilat yapıştırıcılarına kimyasal olarak bağlanamaz. Bu nedenle ilk seramik braketlerde yapıştırıcı ve braket tabanı arasında kimyasal bir aracı olan silan maddesi kullanıldı. Ancak kimyasal bağ, braketin sökümü sırasında mine hasarına neden olabilecek kuvvetli bir bağlanmayla sonuçlandı. Braketler ortodontik tedavi sırasında yeterli bağlanma kuvvetine sahip olmalı ancak tedavi bitiminde mineye zarar vermeden sökülebilmelidir. Günümüzde seramik braketlerin birçoğunda mekanik bağlanmayı sağlayacak farklı taban tasarımları mevcuttur (5). Bazı araştırmacılar, farklı bağlanma mekanizmalarına sahip seramik braketlerin bağlanma dayanımını değerlendirmiş ve mekanik olarak bağlanan braketlerin kimyasal olarak bağlananlarla kıyaslandığında yeterli bağlanma dayanımına sahip olduklarını ve braket sökümü sırasında daha az mine hasarına neden oldukları sonucuna varmıştır (38-40).

Seramik braketlerin kırılmaya karşı dayanıklılığı paslanmaz çelikten daha düşüktür. Paslanmaz çelik braketler kalıcı deformasyon olmaksızın %20 oranında esneklik gösterirken seramik braketlerde bu oran %1'i geçmemektedir (41). Esnek yapıları

nedeniyle metal braketler söküm işlemi sırasında tabanın bozulmasıyla, diş yüzeyinden güvenli ve atravmatik olarak ayrılabilir. Bununla birlikte rijit yapıdaki seramik braketler, metal braketlerin aksine dıştan sökülürken mine hasarına neden olabilir (39). Kanal tedavili dişlerde, büyük restorasyonlu dişlerde, mine hipoplazisi ve çatlak varlığında seramik braketlerin kullanımından kaçınmak gerekebilir (38). Diğer taraftan söküm işlemi sırasında braket tabanı mine yüzeyine bağlı kalarak parçalanabilir. Kalan seramiğin mine yüzeyinden temizlenmesi hem zor hem de zaman alıcı bir işlemdir. Bu işlem sırasında ısı oluşması potansiyel pulpa hasarına neden olabilir (42). Parçalanan büyük seramik parçaların hasta tarafından aspirasyon riski vardır ve oluşan seramik tozu cilt ve göz tahrişine neden olabilir (43). Aynı zamanda yüksek tork kuvvetleri, çiğneme ve oklüzyon kuvvetleri altında seramik braketlerin kırılma olasılığı metal braketlerden daha yüksektir (26).

Seramik braketler paslanmaz çelikten daha pürüzlü bir yüzeye sahiptir ve bu da daha yüksek sürtünme katsayısına sahip olmasına neden olur. Klinik koşulların taklit edildiği çalışmalarda seramik braketler test edilen diğer braketlerden önemli ölçüde daha yüksek sürtünme direnci göstermiştir (44). Üreticiler seramik brakete metal slot ekleyerek bunu telafi etmeye çalışmışlardır. Bununla birlikte yapılan bir çalışmada metal slotlu seramik braketler kaymaya karşı dirençte gelişmiş özellikler gösterememiştir (45). Son yıllarda sürtünme direncine büyük önem verilmiştir. Bununla alakalı olarak, kapaklı braketlere artan bir ilgi olmuştur. Bu braketlerin optimum sürtünme özelliklerine sahip olduğu düşünülür ve bu da kapaklı seramik braketlerin üretiminin yolunu açmıştır (36).

Çoğu ortodontist estetik braketlerin dezavantajlarından dolayı paslanmaz çelik braketlerin kullanımını tercih etse de, birçok klinik vakada estetik braketlerin kullanımı uygundur. Estetik braketler için ideal vakalar; yetişkin, braket ve karşıt diş arasında minimal temas olan, çekimsiz tedavi planlanan, iyi ağız hijyenine sahip ve az sayıda restorasyonu bulunan hastalardır (36).

Adolesanlarda ve çocuklarda kullanılmamaları için hiçbir neden olmamasına rağmen, yetişkinlerde kullanımla sınırlıdır. Yetişkin hastalar, braketler diş renginde olsa dahi kullanılan elastik ligatürlerin renklenebileceği konusunda bilgilendirilmelidir. Başlangıçta ortodontistler diş renginde ark teli kullanabilirler ancak tedavinin ilerleyen aşamalarında metal ark tellerine ihtiyaç duyulur. Oral hijyen konusunda şüphe ediliyorsa, premolar bölgede ve alt arkta, plağın saptanması ve temizlik için daha görünür hale

getiren metal braketlerin kullanımı düşünülebilir. Estetik braketler yerleştirildikten sonra oklüzyonun dikkatlice incelenmesi gerekir. Karşıt dişle temasa gelen seramik braketlerin varlığında, oklüzyonu yükseltmek için dişlere dolgu malzemesi yerleştirilmesi gerekebilir (36).

Günümüzde seramik braketler çoğunlukla monokristal veya polikristal formunda yüksek saflıkta alüminyum oksitten yapılır ve mekanik ve optik özelliklerinde önemli farklılıklar vardır. Birkaç zirkonyum oksit (zirkonya) braketleri mevcut olmasına rağmen, alümina braketlerine kıyasla yüksek sürtünme katsayısı, düşük bağlanma dayanımı ve opak olmaları nedeniyle kullanımları sınırlı kalmıştır. Seramik malzemelerin içeriğinin, üretim süreçlerinin, fiziksel ve mekanik özelliklerinin dikkate alınması, klinik performansları ile ilgili çeşitli konuları anlamak için gereklidir (13).

4.1.2.2.1. Polikristal Seramik Braketler

Polikristal alümina braketleri uygun bir bağlayıcı ile 0.3 µm boyutundaki Al₂O₃ parçacıkları karıştırılarak hazırlanır. Bu karışım braket şeklinde kalıplanır. Kalıplanan karışım, bağlayıcının yanması ve parçacıkların erimeden kaynaşmasını sağlamak için 1800°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ısıtılır. Bu işlem sinterleme olarak adlandırılır. Daha sonra braket slotu elmas kesici aletlerle şekillendirilir. Son olarak imalat işlemi sırasında oluşan yüzey kusurlarından kaynaklanan gerilmeleri hafifletmek için özel bir ısıl işlem uygulanır. Seramik yapısında oluşan kusurlar klinik kullanımda ya da braket sökümü sırasında oluşan baskı nedeniyle kırılma odağı oluşturup braketin kırılmasına neden olabilmektedir (13, 46).

Elde edilen seramik braketin parçacık boyutu 20-30 µm arasında değişmektedir. Sinterleme işlemi ile üretilen polikristal yapıdaki braketlerin kristal boyutunun büyüklüğü ve düzensiz yapısı ışık geçişini engellemekte ve braketin daha opak görünmesine neden olmaktadır. Optik özellikler ve dayanıklılık, polikristal seramiklerde ters orantılıdır. Mikro yapıdaki taneciklerin boyutları ne kadar büyük olursa translüsentlik de o kadar fazla olur. Bununla beraber kristal boyutu 30 µm'ye yaklaştığında materyal daha zayıf hale gelmektedir (8, 46).

İkinci nesil seramik braketler, enjeksiyon kalıplama işlemi ile üretilmektedir. Bu yöntemde alümina parçacıkları ve bağlayıcı karışımı basınç altında bir kalıba enjekte edilir. Kesme işlemini ortadan kaldıran bu yöntemle karmaşık braket şekillerinin, diş morfolojisine uygun şekilde konturlu tabanların elde edilmesi, braket kanatlarının, kanin ve

premolar braketlerinin kancalarının kırılmaya karşı dirençli olması sağlanmıştır. Bu yöntemle yüzey kalitesi çok daha iyi ve klinik olarak çok daha az sürtünmeye izin veren yuvarlak kenarlar elde edilebilir (19).

4.1.2.2.2. Monokristal Seramik Braketler

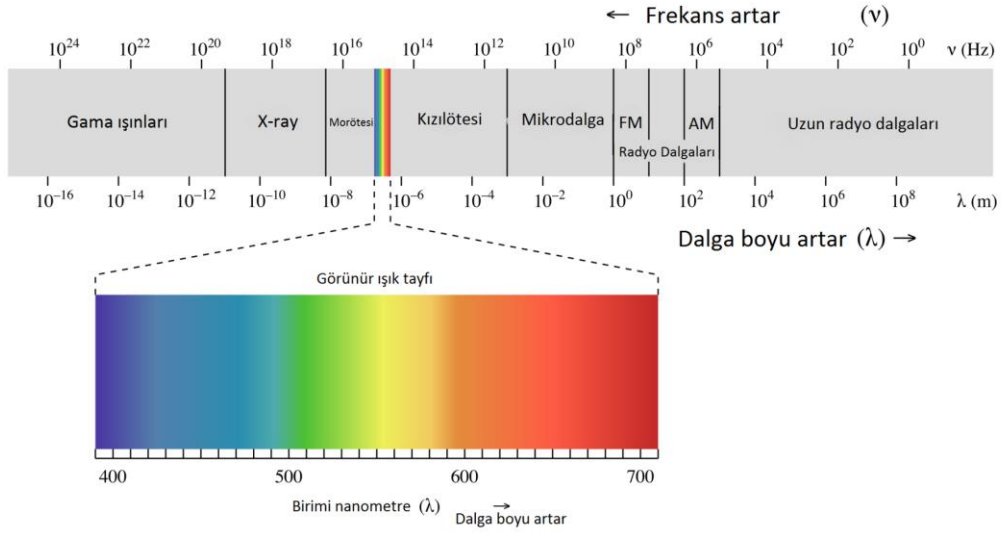
Monokristal seramik braketleri polikristal braketler gibi Al_2O_3 parçacıklarından üretilmektedir. $2100^\circ C$ 'nin üzerindeki sıcaklıklarda eritilmiş yüksek saflıktaki Al_2O_3 parçacıklarının kontrollü bir şekilde soğutulmasıyla tam bir kristalizasyon sağlanmaktadır. Elde edilen blok halindeki monokristal alümina, elmas kesici, lazer veya ultrasonik kesiciler kullanılarak braket şeklinde kazınır. Kesme işleminin yarattığı yüzey kusurlarını ve gerilimleri gidermek için ısı işlem uygulanır (8, 47).

Bu üretim tekniği, strese bağlı olarak oluşabilecek düzensizlikleri minimuma indirir. Fakat seramik materyalinin sertliğine bağlı olarak kesme işlemi daha zordur ve maliyeti yüksektir. Yapısal dayanıklılık seramik yüzeyine bağlı olduğundan dolayı monokristal yapıdaki braketler, polikristal braketlere göre daha güçlüdür. Ancak kırılma dayanıklılığı daha düşüktür (47). Ayrıca monokristal braketler daha düzgün bir yüzeye sahip oldukları için polikristal braketlere göre daha düşük sürtünme katsayısına sahiptir (5).

Bir materyalin üzerine düşen ışığın emilim, geçirgenlik, yansımaya ve kırılma gibi fiziksel özellikleri materyalin rengini etkilemektedir. Seramiğin camsı yapısı, kristallerin sayısı, büyüklüğü ve yoğunluğu ışığın yansımaya ve kırılmasına etki ederek opaklığını değiştirmektedir (48, 49). Monokristal alümina braketleri, polikristal alümina braketlerin üretimi sırasında kullanılan bağlayıcı maddeleri içermediğinden dolayı daha saf bir yapıya sahiptir. Ayrıca bu braketler kristal taneciklerinin düzenli yapısından dolayı daha şeffaf bir görünüme sahiptir (8).

4.2. Işık ve Renk Kavramı

Işık nanometre ile ifade edilen elektromanyetik bir enerjidir. İnsan gözünün algılayabildiği görünür ışığın dalga boyu 360-780 nm aralığındadır (Şekil 1) ve bu aralık mor ötesi ve kızıl ötesi arasına denk gelir (50, 51).



Şekil 1: Elektromanyetik spektrumda görünür ışığın yeri

Renk bir nesne tarafından emilen ve yansıyan ışık dalgalarının görülebilir bir etkisidir. Bir nesne kendi renginin dışındaki tüm renkleri emerken, kendi rengini yansıtır. Beyaz bir nesne üzerine düşen görünür ışığın tüm dalga boylarını yansıtırken, siyah bir nesne görünür ışığın tüm dalga boylarını emer (51, 52).

Güneş ışığı insan gözü tarafından beyaz olarak algılansa da, prizma içerisinden geçirildiğinde kırılarak farklı dalga boylarında renk spektrumu oluşturur. Bu spektrumdaki üç temel renk kırmızı, yeşil ve mavi-mor, ışık geçirmeyen temel renkler ise kırmızı, sarı ve mavidir (53).

Rengin algılanmasındaki üç temel faktör ışık kaynağı, nesne ve gözlemcidir. Işık kaynağından yayılan ışık, nesne ile etkileşime girdiğinde gözlemci tarafından renk olarak algılanır (54). Farklı ışık kaynağından yayılan ışığın dalga boyları farklı olduğundan dolayı, aynı nesne farklı renklerde algılanabilir (55). Bir nesnenin rengi, ışık geçirgenliği, ışığı emme ve yansıtma miktarı ile belirlenir (56). Rengin algılanmasındaki son faktör gözlemcidir. Nesneden yansıyan ışık, gözün retinasındaki nöral hücreleri uyararak beyin görme korteksine sinyal iletilmesini sağlar ve bu uyarıların yorumlanması sonucunda beyinde renkli bir görüntü oluşur (54). Gözün tek bir renk tarafından sürekli uyarılması gözün yorulmasına ve tepkisinin azalmasına neden olur. Bu nedenle kişilerin renk algılaması birbirinden farklı olabilir (57).

4.2.1. Renk Sistemleri

Günümüz diş hekimliğinde fonksiyonun yanında doğal dişlerle uyumlu bir estetiğin sağlanması çok önemlidir. Bu nedenle rengin belirlenmesi ve doğru renk seçimi en önemli faktörlerden biridir. Bir nesnenin renginin belirlenmesi ve değerlendirilebilmesi için farklı renk sistemleri geliştirilmiştir. Munsell ve CIE Lab, en çok tercih edilen renk sistemleridir (54).

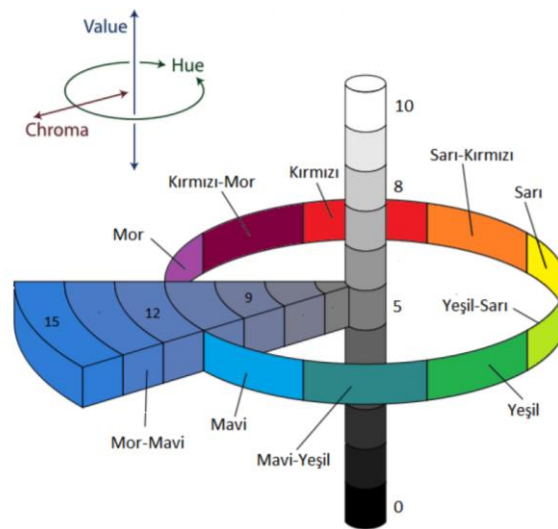
4.2.1.1. Munsell Renk Sistemi

Amerikalı ressam Albert Henry Munsell tarafından 1905 yılında geliştirilen bu sistemde (Şekil 2) renk; Hue, Value ve Chroma olmak üzere üç farklı boyutta ele alınır (50, 55).

Hue (Renk tonu): Nesnenin rengi olarak da tanımlanan hue, farklı renk gruplarının ayrımını sağlar. 10 renkten oluşun munsell renk sisteminde kırmızı, sarı, yeşil, mavi ve mor ana renkleri, kırmızı-sarı, sarı-yeşil, yeşil-mavi, mavi-mor ve mor-kırmızı yardımcı renkleri oluşturur (56).

Value (Parlaklık): Nesnenin parlaklığı olan value, siyahtan beyaza açıklığı ve koyuluğu ifade etmek için kullanılır. Her renk için siyahtan beyaza doğru 0 ile 10 arasında farklı bir değer verilir (58).

Chroma (Doygunluk): Rengin doygunluk miktarını gösteren chroma güçlü bir rengin zayıf bir renkten ayrılmasını sağlar. Örneğin pembe renk, düşük doygunlukta kırmızıdır. Munsell renk sisteminde 0 ile 15 arasında gösterilir (51, 59).

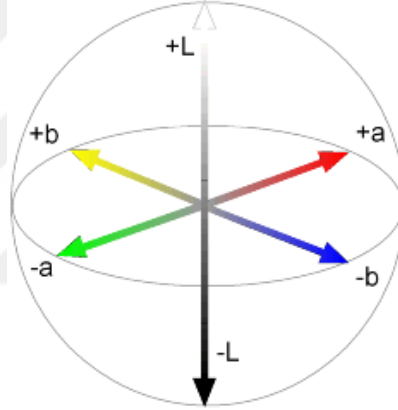


Şekil 2: Munsell Renk Sistemi

4.2.1.2. CIE Lab Renk Sistemi

Munsell renk sisteminde iki renk arasında ilişki kurmak ve farkı belirlemek oldukça zordur. Renk alanında standardizasyonu sağlamak amacıyla, 1976 yılında Commission International de l' Eclairage'nin (CIE) geliştirdiği, renklerin sayılarla ifade edildiği CIE Lab sistemi, günümüzde en çok kullanılan renk sistemidir. (50, 51).

Bu sistemde renk L^* , a^* , b^* olmak üzere üç parametre ile ifade edilir (Şekil 3). Munsell sisteminde karşılığı parlaklık olan L parametresi, rengin açıklık ve koyuluğu hakkında bilgi verir. Mükemmel siyah 0, mükemmel beyaz 100 değeri ile gösterilir. a^* ve b^* parametreleri rengin doygunluğu hakkında bilgi verir. Pozitif a^* değeri kırmızı, negatif a^* değeri yeşil, pozitif b^* değeri sarı, negatif b^* değeri mavilik derecesini ifade eder (50, 51, 56).



Şekil 3: CIE L^* a^* b^* Renk Sistemi

CIE Lab renk sisteminin klinik olarak en önemli avantajı renk değişikliğinin matematiksel olarak hesaplanabilmesidir. Renk değişikliğini ifade eden ΔE formülü aşağıdaki gibidir (56).

$$\Delta E = [(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2]^{1/2}$$

Formülde yer alan L_1 , a_1 , b_1 ilk ölçülen renk değerlerini, L_2 , a_2 , b_2 ise son ölçülen renk değerlerini belirtmektedir (56).

İnsan gözünün renk değişikliklerini algılaması sınırlıdır ve bireysel farklılık gösterebilir. Hesaplanan ΔE değeri 1'in altında olduğunda renk değişikliği klinik olarak algılanamamaktadır, ΔE değeri 1 ve üzerinde olduğunda, göz ile fark edilebilir renk değişiklikleri başlamaktadır. ΔE değeri 1-2 arasında olduğunda, birçok gözlemci tarafından algılanabilir ancak klinik olarak önemli değildir. ΔE değeri 2-3.5 arasında olduğunda renk

değişikliği klinik olarak algılanabilir ve kabul edilebilir olmaktadır. 3.5'den yüksek ΔE değeri ise klinik olarak kabul edilemez renk değişikliğinin varlığını gösterir. O'Brien'a göre klinik renk eşleşmesi aşağıdaki Tablo 1'de gösterildiği gibidir (56).

Tablo 1: O'Brien'in Klinik Renk Eşleşmesi Tablosu

Renk Farkı (ΔE)	Klinik Renk Eşleşmesi
0	Mükemmel
0.5-1	Çok iyi
1-2	İyi
2-3.5	Kabul edilebilir
>3.5	Uyumsuz

4.2.2. Renk ve Işık ile İlgili Temel Kavramlar

4.2.2.1. Saydamlık (Transparanlık)

Bir materyalin, içinden ışığı tam olarak geçirebilme özelliğidir. Saydam olan materyalin arkasındaki cisim net olarak görülebilir (56).

4.2.2.2. Opaklık

Bir materyalin ışığın geçmesini engelleme özelliğidir. Opak bir materyal ışığın bir kısmını absorbe ederken bir kısmını ise yansıtır. Güneş ışığı altındaki cisim, ışığın tamamını absorbe ediyorsa siyah, ışığın tamamını yansıtıyorsa beyaz renkte görünür (60).

4.2.2.3. Yarı Saydımlık (Translüsентlik)

Bir materyalin ışık geçirgenliği özelliği olan translüsентlik, transparanlık ve opaklık arasındaki bir derece olarak tanımlanabilir. Transparan cisimler yüzeylerinden ışığı yansıtılmazken, translüsент cisimler belli oranda yansıtırlar ve bir miktar opak görünürler. Translüsентlik derecesinin yüksek olması rengin parlaklık değerinin düşük olmasıyla sonuçlanır (53, 61).

4.2.2.4. Metamerizm

Aynı cismin farklı ışık kaynakları altında farklı renkte görünmesi metamerizm olarak adlandırılır. Bu durum rengin belirlenmesinde çevresel faktörlerin önemli bir etken olduğunu gösterir. Işığın cinsi ve yoğunluğu rengin algılanmasında önemli bir rol oynamaktadır (55, 62, 63).

4.2.2.5. Işıma (Floresanslık)

Bir materyalin ışığı absorbe etmesinden sonra uzun bir dalga boyunda geri yayması floresanslık olarak tanımlanır. Dişler özellikle dentin tabakasının organik madde içeriği dolayısıyla floresans özellik gösterirken, seramiğin yapısına floresans özelliğine sahip tozlar eklenerek restorasyonlara parlaklık ve canlılık kazandırılmaya çalışılır (53).

4.2.3. Renk Ölçüm Yöntemleri

Diş hekimliği uygulamalarında renk ölçümü görsel olarak ve cihazla olmak üzere iki türlü yapılabilir.

4.2.3.1. Görsel Ölçüm

Görsel renk ölçümü klinik uygulamalarda en sık kullanılan yöntem olmasına rağmen subjektif olduğu için güvenilir değildir ve tutarsız sonuçlar verebilir (51, 64). Munsell renk sistemi kullanılarak yapılan görsel renk ölçümü, dişin standart bir renk skalası ile karşılaştırılması ile gerçekleştirilir (65). Vitapan Classical ve Vitapan 3D Master kliniklerde en yaygın kullanılan renk skalalarıdır (66). Ancak bu ölçüm çevresel ve gözlemciye bağlı faktörlerden etkilenir. Aydınlatma koşulları ile alakalı değişkenler, gözlemci kaynaklı deneyim, yaş ve göz yorgunluğu gibi etkenler yanlış renk seçimine neden olabilir. Ayrıca renk değişikliklerini incelemeye yapılan değerlendirmelerde yeteri kadar hassas değildir. Bu nedenle daha objektif ve güvenilir ölçümler için renk ölçüm cihazları geliştirilmiştir (51).

4.2.3.2. Cihaz ile Ölçüm

Cihaz ile yapılan renk ölçümü, test edilen materyalden yansıyan ışığın analiz edilmesiyle yapılır. Günümüzde dijital kamera, spektrometreler, spektrofotometreler ve kolorimetreler en sık kullanılan renk ölçüm cihazlarıdır. Bu teknolojik cihazların birçoğu CIE Lab renk sistemini kullanmaktadır (50). Renk ölçümünün standart bir ışık kaynağı altında yapılması, ölçümlerin sayısal değerlerle ifade edilebilmesi, hızlı, tekrarlanabilir, objektif ve güvenilir olması en büyük avantajlarıdır (64). Ayrıca sayısal değerlerin renklenme şiddetini ölçmede daha kesin sonuçlar verdiği, spektrofotometre, kolorimetre gibi cihazlarla yapılan ölçümlerin oluşabilecek hataları elimine ettiği bildirilmiştir (67).

4.2.3.2.1. Dijital Kamera

Dijital kameraların gelişmesi ve klinikte kullanımlarının yaygınlaşmasıyla renk ölçümünde kullanılmaları da giderek popüler hale gelmiştir. Dijital kameraların en önemli avantajı bir noktanın veya bölgenin değil tüm nesnenin renginin ölçülebilmesidir (68). Kamera, görüntüyü yakalayan sensör, kameranın bağlı olduğu bilgisayar ve bilgisayar programından oluşan bu sistemde istenilen nesnenin görüntüsü dijital kamera ile alınıp bilgisayara aktarılır. Görüntüye ait değerler bilgisayar programıyla CIE Lab cinsinden sayısal olarak ifade edilir (69). Bu yöntemde kameranın tipi ve ayarları, ortamın aydınlatma koşulları gibi etkenler görüntü kalitesini etkilemektedir. Bu nedenle etkili sonuçlar elde edebilmek için cihazın kalibrasyonu doğru bir şekilde yapılmalı ve uygun koşulların sağlanması gerekmektedir (70, 71).

4.2.3.2.2. Spektrometre

Spektrometreler, parlaklık ve ışımaya gibi radyometrik değerlerin ölçümü amacıyla tasarlanmıştır. Bu cihazlar nesnelere renk, doku, parlaklık ve görünüş gibi özelliklerini veren kimyasal yapısından kaynaklanan kendine özgü ışınım değerlerini ölçmektedir. Bu cihazlar görünür ışık spektrumunda 5, 10 veya 20 nm aralıklarında radyometrik enerjiyi ölçmektedir. Spektrometrelerin en önemli özelliği nesneye temas etmeden, gerçek görüş şartlarında renk ölçümü yapabilmeleridir. Ancak cihazın kullanım hassasiyetinden dolayı farklı konumlandırıldığında ölçümlerde büyük sapmalar meydana gelebilir (50).

4.2.3.2.3. Spektrofotometre

Diş hekimliğinde restoratif materyallerin, doğal ve yapay dişlerin renk değerlendirilmesinde en sık kullanılan cihaz olan spektrofotometreler nesneden yansıyan ışığın, beyaz bir yüzeyden yansıyan ışığa olan oranını ölçen cihazlardır. Bu cihazların görünür ışık dalga boyunda ölçüm yapabilen çok sayıda sensörleri vardır. İnsan gözünün ayırt edemeyeceği renkleri bu sensörler sayesinde algılayabilirler. Spektrofotometreler uzun dönemde, tekrar edilebilen doğru ve ayrıntılı sonuçlar verebilmektedir (50, 56, 69). Ancak karmaşık yapıları ve pahalı olmaları en büyük dezavantajlarıdır (72). Ayrıca diş dokusunun translüsentliği nedeniyle ve eğimli yüzeylerde hatalı sonuçlar verebilir (73).

4.2.3.2.4. Kolorimetre

İnsan gözünü taklit eden renk filtreleri içeren kolorimetreler standart bir renk kalibrasyonuna dayanarak, rengi belirleyen ve nesnenin renk verilerini analiz eden cihazlardır. Bu cihazların çalışma prensibi test edilen örneğe belirli bir açıda ışık gönderip, sabit bir açıyla geri dönen ışığı analiz etmeye dayanır. Yansıyan ışığı kırmızı, yeşil ve mavi renk oranında çözümlyerek, dalga boyu ve yoğunluğuna göre renk ölçümü yapan bu cihazlar CIE Lab renk sistemine göre L^* , a^* , b^* değerlerini verirler (56, 74, 75). Bu değerler sayesinde farklı nesnelere renk parametreleri açısından matematiksel olarak karşılaştırılabilmektedir.

1980'li yılların başlarında geliştirilen 'Chromascan' (Sterdent, Stamford, Conn) ilk üretilen kolorimetre cihazıdır. Ancak yetersiz hassasiyeti ve kullanımındaki zorluklarından dolayı çok başarılı olamamıştır (50). Bu cihazlara örnek olarak Minolta Chromascope (Minolta corp, Osaka, Japonya), ShadeScan (CynovadInc, Montreal, Kanada), Shade Vision (X-Rite Neu-Isenburg, Almanya), ShadeEye NCC (ShofuInc, Kyoto, Japonya) verilebilir.

ShadeEye NCC (Resim 1) ikinci nesil olarak üretilen dental kolorimetre cihazlarından biridir. Bir dişin veya dental malzemenin kesin rengini belirlemek için tasarlanmıştır. Işığın yansıması ve dağılması gibi sorunları ortadan kaldırmak için rengi ölçülecek nesnenin tipinin seçilebildiği ayarları içerir. Bu cihaz optik ışık kaynağı olarak zenon lamba, optik sensör olarak üç bileşenli bir silikon fotosel içermektedir. Yerleşik sensörü ve zenon ışık kaynağı ile çevresel aydınlatma, dekor, oral dokular ve makyajın etkilerini tamamen ortadan kaldırır. Kolorimetrenin probu rengi ölçülecek yüzeye temas ettirilir, titreşimli zenon flaşı ile aydınlatma yaparak renk ölçümü yapılır. Tamamen taşınabilir olan bu cihazda ölçüm sonuçları ekranda görüntülenirken, kızılötesi yoluyla anabirime aktarılan sonuçların basılı bir kopyasına anında erişmemize olanak tanır. Yazılımı sayesinde bilgisayara bağlanabilir ve bu sayede hasta verilerinin ve ölçümlerinin depolanmasına ve tekrar görüntülenmesine izin verir.



Resim 1: ShadeEye NCC kolorimetre cihazı

Yapılan araştırmalarda kolorimetre ile elde edilen sonuçların yüksek derecede tekrarlanabilir olduğu bildirilmiştir (64, 76). Diş rengi ile ilgili yapılan in vivo veya in vitro çalışmaların birçoğunda kullanılmaktadır ve spektrofotometre ile karşılaştırdıklarında başarılı sonuçlar vermişlerdir (65). İn vivo çalışmalarda konumlandırıcı kullanılarak hassasiyetleri arttırılabilir (77). Diş hekimliğinde kullanılan kolorimetreler kullanım kolaylığı ve maliyeti açısından spektrodymetre ve spektrofotometrelere oranla avantajlı olsalar da bazı dezavantajları mevcuttur (78).

Düz yzeyler için tasarlanmış olan kolorimetre cihazlarının eğimli yzeylerde kullanımları her zaman gvenilir sonuçlar vermeyebilir (65). Dar açıklığa sahip olan cihazlarda 'edge-loss' olarak tanımlanan, rengi ölçülecek nesneden yansıyan ışığın tam olarak geri dönememesi sonucu hatalı sonuçlar verebilir (76). En büyük dezavantajı translüsent materyallerin renk ölçümlerde yetersiz olmalarıdır. Bu nedende bu tür materyallerin ölçümlerinde standart bir arka plan kullanılmalıdır (64).

4.3. Ortodontik Tedavide Kullanılan Materyallerde Renklenme

Renk stabilitesi, bir malzemenin çeşitli etkenler karşısında belirli bir sürede başlangıçtaki rengini koruyabilmesi olarak tanımlanır ve malzemeler için en önemli fiziksel özelliklerden biridir (79).

Diş hekimliğinde kullanılan materyallerde internal (i) ve eksternal (dış) olmak üzere iki tip renklenme görülür (33). İ renklenmenin nedenleri arasında bulunan UV ışığı ve termal enerji, materyalin polimer yapısında geri dönüşü olmayan renk değişikliklerine

neden olan fiziksel ve kimyasal reaksiyonları tetikleyebilir (33, 80, 81). Dış renklenme gıda boyaları, kahve, çay, kola gibi kafein içeren içecekler, nikotin, tükürük, renkli gargara kullanımı kaynaklı olabilir (28). Materyalin içeriği, morfolojisi ve yüzey özellikleri, çeşitli maddelerin neden olduğu renk değişikliğinde belirleyici rol oynar (12, 33).

Literatürde ortodontik braketler, elastik ligatürler, estetik ortodontik teller, retansiyon plakları ve şeffaf plaklar ile alakalı renk stabilitesini araştıran birçok çalışma vardır.

4.3.1. Elastik Ligatürlerde Renklenme

Elastik ligatürler piyasaya sürüldüklerinden beri ortodontik uygulamaların bir parçası olmuştur. Estetik braketlerle yapılan tedavilerde, ortodontistler ve hastaların en çok şikayet ettiği konulardan biri ortodontik tedavi sırasında elastik ligatürlerin renklenmesidir (82-84).

Ardeshna ve arkadaşları (82) dört farklı marka renkli ve şeffaf elastik ligatürü, 72 saat boyunca çeşitli içeceklere ve baharatlara maruz bıraktıktan sonra renk değişimlerini değerlendirmişlerdir. Şeffaf ve açık renkli ligatürler koyu renkli olanlardan daha fazla renk değişimi göstermiştir. Baharat ve kahvenin en çok, kolanın ise en düşük renklendirici etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir.

Silva ve arkadaşları (85) yaptıkları bir çalışmada, dört farklı elastik ligatürü 25 hastanın dört diş kadranına yerleştirmiştir. 30 gün sonra oluşan renk değişiklikleri dört denetçiden oluşan bir ekip tarafından puanlanmıştır. Dört markanın tümünün, oral ortamda istenmeyen bir pigmentasyon sergilediğini göstermişlerdir.

4.3.2. Estetik Ortodontik Tellerde Renklenme

Günümüzde polimerlerle veya inorganik malzemelerle kaplanmış ark telleri ve cam fiberle güçlendirilmiş kompozit yapıda estetik ortodontik teller mevcuttur. Estetik kaplamada kullanılan malzemeler, diş renginde sentetik flor içeren rezin veya politetrafloroetilen (teflon) gibi polimerlerdir. Ancak kaplı ark tellerinin kullanılırken kaplanan tabakanın soyulma potansiyeli söz konusudur (86-88). Örneğin da Silva ve arkadaşları (87) dört estetik kaplı ark telinin kaplama stabilitesini araştırdı. Araştırmacılar bu kaplanmış tellerin düşük estetik değere sahip olduklarını, çünkü kaplamaların ağız ortamında yeteri kadar dayanıklı olmadıklarını bildirmişlerdir. Daha sonra geliştirilen

kompozit teller şeffaf veya yarı saydam görünüme ve piyasada bulunan nikel titanyum tellere benzer fleksural özelliklere sahiptir (89).

Da Silva ve arkadaşları (90) yaptıkları başka bir çalışmada, beş kaplı ark teli ve bir kompozit ark telinin renk stabilitesini ve floresansını değerlendirmişlerdir. Kahve çözeltilisinde bekletilen tüm örneklerde, 21. günün sonunda belirgin bir renk değişimi görülmüştür. Kompozit ark teli en belirgin renk değişikliği göstermesine rağmen, renklenme sadece telin uçlarının olduğu bölümde gözlenmiştir.

Inami ve arkadaşları (89) cam takviyesinin renk stabilitesini nasıl etkilediğini araştırmak için 13 µm'lik ve 7 µm'lik cam fiberle güçlendirilmiş plastik telleri incelemiştir. Örnekleri kahve çözeltilisinde beklettikten sonra renk farklılıklarını değerlendirmiştir. Her iki grup için de ΔE değerleri 1.5'tan küçük çıkmıştır. Bu tellerin estetik özelliklerinin ortodontik tedavi sırasında sabit kalacağı sonucuna ulaşmışlardır.

4.3.3. Ortodontik Plaklarda Renklenme

Retansiyon ortodontik tedavinin en kritik kısımlarından biridir. Termoplastik vakumla şekillendirilmiş plaklar estetik ve şeffaf özelliklerinden dolayı popülaritesini arttırmıştır. Şeffaf yapıları nedeniyle sıklıkla tercih edilmelerine rağmen, ağız boşluğunda fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişimler meydana gelebilir (91-93). Termoplastik plakları üretmek için kullanılan en yaygın polimerler; polietilen, polipropilen, polyester ve poliüretandır (91, 94).

Ortodontik nüksü önlemek için plakların uzun süre kullanılmaları gerekmektedir. Bununla birlikte şeffaflıkta azalma, renk değişikliği, materyalin bütünlüğünde bozulmalar, plak ve kalkülüs birikimi dahil olmak üzere uzun süreli kullanımlarda plaklarda değişiklikler meydana gelebilir (93, 95). Bu nedenle etkili temizlik yöntemleri plakların ömrünü uzatabilir.

Agarwal ve arkadaşları (92) yedi farklı temizleme yönteminin poliüretan yapıdaki bir plağın ışık geçirgenliği, yüzey pürüzlülüğü ve fleksural modülü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Invisalign cleaning crystals (ICC) (AlignTechnology Inc), Polident (GlaxoSmithKlinet, Brentford, UK), Listerine mouthwash (LM) (Johnson and Johnson, New Brunswick, NJ, USA), %2.5 sirke, %0.6 sodyum hipoklorit, %3 hidrojen peroksit, distile su ile fırçalama yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada ICC, LM ve Polident

gruplarının 6. ayda ışık geçirgenliğinde en az değişiklik oluşturduğunu, yüzey pürüzlülüğü ve fleksural modül üzerinde hiçbir etkisi olmadığını göstermiştir.

Wible ve arkadaşları (91) polyester yapıdaki bir plak üzerinde farklı temizleme yöntemlerini incelemişlerdir. Sonuçlar, farklı temizleme yöntemlerinin polyester plakların uzun vadeli fiziksel özelliklerini etkilediğini göstermektedir. Listerine ve hidrojen peroksit kullanılmaması gerektiğini önermişlerdir.

Zafeiriadis ve arkadaşları (93) farklı boyama çözeltilerinin poliüretan yapıdaki plaklar üzerindeki etkisini in vitro olarak araştırmışlardır. Özellikle kahve ve çayın plaklar üzerinde en fazla renk değişikliğine neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

4.3.4. Ortodontik Yapıştırıcılarda Renklenme

Ortodontik tedavinin ardından braketlerin sökülmesi ve yapıştırıcının temizlenmesi, mine yüzeyinde çizikler ve mikro çatlaklar gibi fiziksel değişikliklere neden olabilir (96). Ayrıca yapıştırıcıdaki rezin uzantılar minenin 50 µm derinliğine kadar nüfus edebilir ve tamamen temizlenmesi mümkün değildir. Mine yapısındaki bu rezin uzantıların uzun süreli varlığı, yapıştırıcıların renk stabilitesini diş rengi için kritik hale getirmektedir (97).

Boncuk ve arkadaşları (96) farklı ortodontik yapıştırıcılarla braketleri dişler üzerine yapıştırıp 24 saat sonra sökmüştür. İki farklı frezle mine yüzeyinde kalan yapıştırıcıyı temizledikten sonra dişlere suni yaşlandırma işlemi uygulamıştır. Ortodontik tedavinin minenin orijinal rengini değiştirebileceğini, yapıştırıcı sisteminin ve temizleme yönteminin bu değişikliği etkileyebileceğini göstermiştir.

Ye ve arkadaşları (98) insan dişleri üzerinde yaptıkları çalışmada üç ortodontik yapıştırıcı ve dört temizleme yöntemini değerlendirmiştir. Kahve çözeltilinde bekletilen dişlerin renginin yapıştırıcı malzemenin tipinden ve temizleme yönteminden etkilendiğini göstermiştir.

Faltermeier ve arkadaşları (99) dört farklı yapıştırıcıyla hazırladığı örnekleri çeşitli gıda boyalarında bekletmiş ve yaşlandırma işlemine tabi tutmuştur. İncelenen yapıştırıcıların hem iç hem de dış renklenmeye karşı duyarlı olduğunu göstermiştir.

4.3.5. Estetik Braketlerde Renklenme

Seramik malzemelerin optik özelliklerinin doğal dişlere yakın olması, estetik beklentilerin karşılanması için oldukça önemlidir. Bu nedenle seramik malzemelerin ışık

geçirgenliğinin, ışık emiliminin ve ışığı yansıtma miktarının doğal dişlerle benzerlik göstermesi gerekmektedir (100).

Estetik bir renk performansı elde edebilmek için, braketler diş rengiyle uyumlu olmalı veya altta yatan dişin rengini yansıtacak şekilde yeterli saydamlığa sahip olmalıdır (101). Aynı zamanda estetik braketler dişlerle renk uyumunu devam ettirebilmek adına uzun dönemde renk stabilitelelerini korumalıdırlar (12).

Ortodontide ilk estetik braketler tedavi sırasında su emilimiyle renk değiştiren polikarbonat malzemedен üretilmiştir. Zayıf yapıları ve stres altında kırılmalarından dolayı ve zamanla renklerinin değişmesi nedeniyle çok fazla tercih edilmemiştir (12). Daha sonra polimer yapıyla ilgili problemleri ortadan kaldırmak amacıyla seramik braketler üretilmiştir. Monokristal ve polikristal yapıdaki bu seramik braketlerin, ağızda karşılaşılması muhtemel maddelerin neden olduğu renklenmeye karşı daha dirençli olduğu bildirilmiştir (12, 28, 46).

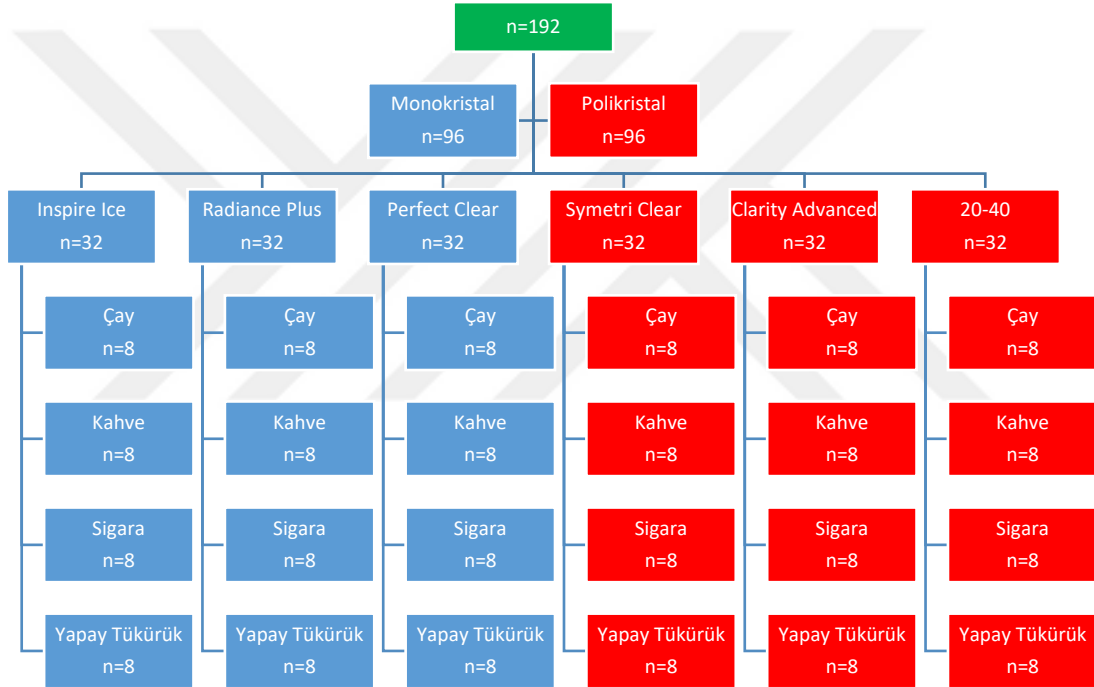
Monokristal seramik braketler tek bir kristal yapıdan oluşup, tanecik sınırları daha az belirgin olduğundan daha translüsent bir yapıya sahiptir (26). İyi bir estetik görünüm için translüsent braketler altındaki dişin rengini yansıtılabilmek adına yeterli saydamlığa sahip olmalıdır. Translüsent olmayan braketlerin ise altındaki dişle benzer renge ve floresans özelliğine sahip olması gerekir. Bununla birlikte her iki braket tipinin de iyi bir renk stabilitesi olmalıdır (11).

Estetik braketlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini değerlendirmiş çeşitli çalışmalar olsa da, renk değişimlerini ve bu değişikliklere yol açan faktörleri inceleyen sınırlı sayıda çalışma vardır. Bu nedenle bu çalışmanın amacı, potansiyel renklendiriciler karşısında farklı kristal yapıdaki braketlerin renk stabilitesini değerlendirmektir.

5. GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmamızda 6 farklı marka polikristal ve monokristal yapıdaki seramik braketin, in vitro ortamda çay, kahve, sigara dumanı ve yapay tükürük solüsyonuna maruz bırakıldıktan sonra oluşan renk değişikliği incelenmiştir.

Örneklem boyutunun hesaplanmasında, Oliviera ve arkadaşlarının (11) yaptığı benzer bir araştırma referans alınarak güç analizi hesaplanmış, alfa hata=0.05, beta hata=0.90 ve etki boyutu=2 alındığında, 6 örneğin her bir alt grup için yeterli olduğu tespit edilmiştir. Ancak araştırma sırasında muhtemel kayıplar da göz önüne alınarak her bir grup n=8 olarak hesaplanmıştır. Çalışmamızın akış şeması Şekil 4’de gösterilmiştir.



Şekil 4: Çalışmanın akış şeması

Çalışmamızda kullanılan seramik braketlerin yapıldığı yapıldığı materyal, kristal yapısı, ticari ismi, kısaltması ve üretici firma Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Çalışmada kullanılan seramik braketler

Materyal	Kristal Yapı	Ticari İsim	Kısaltma	Üretici Firma
Seramik	Monokristal	Inspire Ice™	MII	Ormco, Orange, CA, Amerika
Seramik	Monokristal	Radiance Plus™	MRP	American Orthodontics, Sheboygan, WI, Amerika
Seramik	Monokristal	Perfect Clear™	MPC	Hubit Co. Ltd. Seoul, Güney Kore
Seramik	Polikristal	Clarity™ Advanced	PCA	3M/Unitek, Monrovia, CA, Amerika
Seramik	Polikristal	Symetri Clear™	PSC	Ormco, Orange, CA, Amerika
Seramik	Polikristal	20/40™ Ceramic Bracket	P20/40	American Orthodontics, Sheboygan, WI, Amerika

5.1. Braket Yüzeylerinin Hazırlanması

Farklı markaların yapıştırıcı yüzeylerinin boyama işleminden etkilenmesini önlemek ve doğru renk ölçümü sonuçları elde edebilmek için, tüm yüzeyler su soğutması altında frezlerle aşındırıldı. Lastik ile yüzeyler tamamen düzleştirildikten sonra polisaj patı uygulandı. Daha sonra braket yüzeylerine yapışmış lekeleri çıkarmak için tüm braketler aseton ile temizlendi, yıkandı ve kağıt havlu ile kurutuldu.

5.2. Grupların Oluşturulması

Braketler 4 farklı solüsyona maruz bırakılmıştır. Bunlar:

- Çay grubu
- Kahve grubu
- Sigara grubu
- Yapay tükürük grubu

Tüm braketler, her birinde 8 bölme bulunan 24 farklı kaba yerleştirildi. Solüsyonlar tüm kaplara eşit olarak dağıtıldı ve örnekler çalışma boyunca 37°C'de etüvde bekletildi (Resim 2).



Resim 2: Örneklerin etüvde bekletilmesi

5.2.1. Çay solüsyonunun hazırlanması ve örneklerin solüsyona maruz bırakılması

200 ml distile su kaynatılmış ve içine 1 adet poşet çay (Çaykur, Siyah Süzen Poşet Çay, Rize, Türkiye) yerleştirilmiştir (102). 5 dakika demlenme süresi ardından çay solüsyonu, içerisindeki artıkların elimine edilmesi amacıyla filtre kağıdı ile süzülmüştür (Resim 3).



Resim 3: Çalışmada kullanılan poşet çay ve filtre kağıdı

Hazırlanan çay solüsyonu kap içerisindeki bölmelere, braketler tamamen solüsyonun içinde kalacak şekilde dağıtılmıştır. Ardından örnekler 37°C'de etüvde bekletilmiştir.

5.2.2. Kahve solüsyonunun hazırlanması ve örneklerin solüsyona maruz bırakılması

200 ml distile su kaynatılmış ve içine 1 tatlı kaşığı (7-8 gr) kahve (Nescafe Classic, Nestle, İsviçre) (Resim 4) eklenmiştir. 10 dakika demlenme süresi ardından kahve solüsyonu, içerisindeki artıkların elimine edilmesi amacıyla filtre kağıdı ile süzülmüştür.

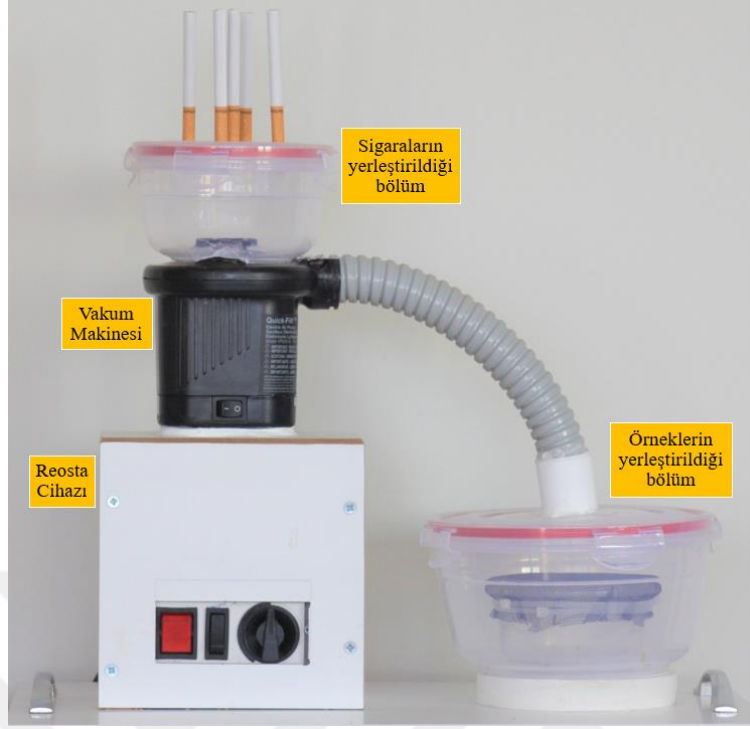


Resim 4: Çalışmada kullanılan kahve

Hazırlanan kahve solüsyonu kap içerisindeki bölmelere, braketler tamamen solüsyonun içinde kalacak şekilde dağıtılmıştır. Ardından örnekler 37°C’de etüvde bekletilmiştir.

5.2.3. Sigara düzeneğinin hazırlanması ve örneklerin sigara dumanına maruz bırakılması

Örnekleri sigara dumanına maruz bırakmak için vakum makinesi, reosta cihazı ve plastik saklama kapları ile hermetik şekilde kapanan bir düzenek hazırlandı (Resim 5). Vakum makinesi, çekiş gücünün ayarlanabilmesi için reosta cihazı ile birbirine bağlandı. Vakum makinesinin havayı çektiği bölüme saklama kabı yerleştirildi. Saklama kabının kapak kısmına, sigaraları yerleştirebilmek için bir tanesi tam ortasında olmak üzere, birbiri ile eşit mesafede 5 adet delik açıldı. Vakum makinesinin havayı verdiği bölüm ve başka bir saklama kabının kapak kısmı hava hortumu ile birbirine bağlandı. Bu saklama kabının tam ortasına örneklerin eşit bir şekilde dumana maruz kalmasını sağlamak için üzeri tel örgülü yükselti yerleştirildi ve içeri giren sigara dumanının tahliye olabilmesi için kabın dış kısmına bir delik açıldı.



Resim 5: Sigara düzeneği

Seramik braketler her gruptan 8'er adet olacak şekilde ve braket tabanları yukarı bakacak şekilde tel örgü üzerine yerleştirildi (Resim 6). 5 adet sigara (Marlboro Red, Philips Philip Morris Sabancı A.Ş. Türkiye) (Resim 7) deliklere yerleştirildi, vakum makinesi çalıştırıldı ve sigaralar çakmak yardımıyla yakıldı. Sigaralar filtre kısmına gelene kadar yanma işlemi devam etti. Bir döngü belirli bir süre içerisinde bir sigara içicisi tarafından gerçekteştirilen sigara içme davranışını taklit eden bir zaman aralığında, ortalama 10 dakika sürecek şekilde reosta cihazı ile programlandı.



Resim 6: Sigara grubu örnekleri



Resim 7: Çalışmada kullanılan sigara

Örnekler 21 gün boyunca günde 4 kez sigara dumanına maruz bırakılmıştır. Her döngüde 5 sigara olmak üzere toplamda 420 sigara kullanılmıştır.

Her işlem arasında örnekler 37 °C’de yapay tükürük içerisinde bekletildi. 24 saatte bir tüm örnekler distile su ile yıkandı ve sedimentasyonu önlemek için yapay tükürük solüsyonu yenilendi (103).

5.2.4. Yapay tükürük solüsyonunun hazırlanması ve örneklerin solüsyona maruz bırakılması

Hazırlanan yapay tükürük formülasyonu;

- 0,7 mmol/L $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- 0,2 mmol/L MgCl_2
- 4,0 mmol/L KH_2PO_4
- 30,0 mmol/L KCL
- 20,0 mmol/L HEPES tampon şeklindedir. Solüsyonun pH’ı NaOH ile 7.0 olacak şekilde ayarlanmıştır (104).

Hazırlanan yapay tükürük solüsyonu kap içerisindeki bölmelere, braketler tamamen solüsyonun içinde kalacak şekilde dağıtılmıştır. Ardından örnekler 37°C’de etüvde bekletilmiştir.

5.3. Renk Ölçümü

Boyayıcı ajanlara maruz bırakılan braketlerin renk ölçümleri şu aralıklarda gerçekleştirilmiştir; t0 (başlangıç), t1 (24 saat), t2 (7.gün), t3 (14.gün), t4 (21.gün). Her renk ölçümünden önce braketler üzerindeki boya kalıntılarını kaldırmak için distile su ile yıkanmış ve kağıt havlu ile kurutulmuştur.

Ölçümler fakültemizde kullanılan uç çapı 3 mm, sensör çapı 2 mm olan dental kolorimetre cihazı ShadeEye NCC (Shofu Inc., Kyoto, Japan) ile elde edildi. Renk ölçümü yapılmadan önce cihaz kendi tablasında bulunan kalibrasyon bölmesine yerleştirilerek kalibre edildi. Ölçümler standart aydınlatma kullanılarak, nötral gri bir arka planda, örneklerin tabanlarından ve arka plan etkisini ortadan kaldırmak için standart bir zemin üzerinde ($L^*=97,7$, $a^*=-1,7$, $b^*=21,5$) yapılmıştır (Resim 8). Hata payını azaltmak amacıyla her bir örnek için 3'er kez ölçüm yapıp bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır.



Resim 8: Kolorimetre cihazı ile yapılan renk ölçüm işlemi

Olası renk değişiklikleri L^* , a^* , b^* renk değerlerinden elde edildi. Renk değişiminin (ΔE) hesaplanmasında şu formül kullanılmıştır.

$$\Delta L^* = L^*_{\text{son}} - L^*_{\text{ilk}}$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{son}} - a^*_{\text{ilk}}$$

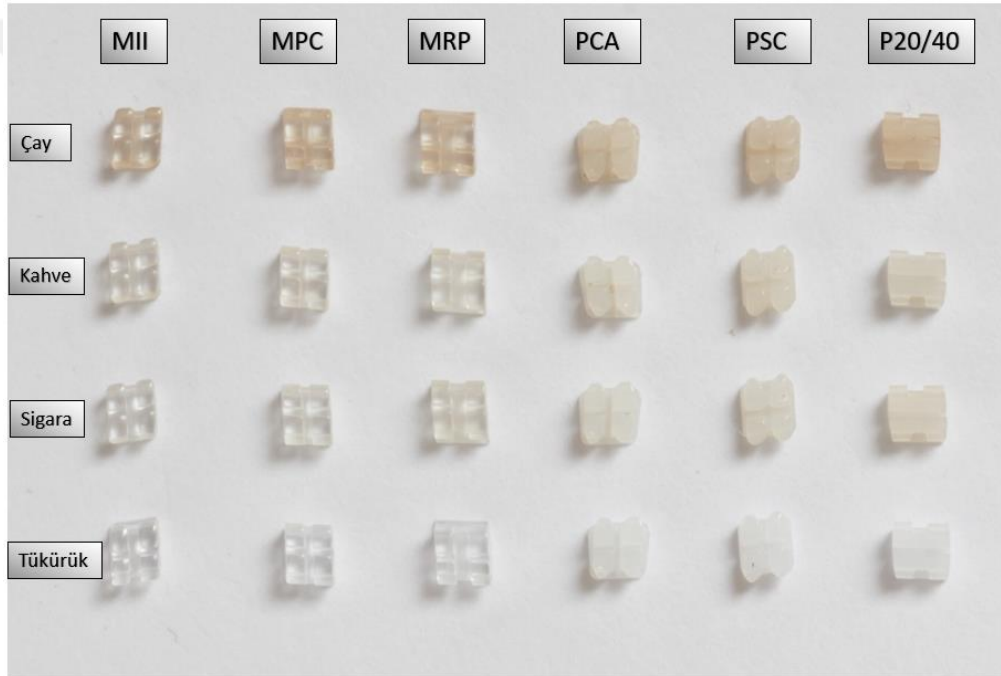
$$\Delta b^* = b^*_{\text{son}} - b^*_{\text{ilk}}$$

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

L^* , a^* , b^* parametrelerindeki değişiklikler son değerden ilk değerler çıkarılarak elde edildi.

- ΔE_1 değerleri t_1 zamanı ve t_0 zamanı L^* , a^* ve b^* değerlerinden
- ΔE_2 değerleri t_2 zamanı ve t_0 zamanı L^* , a^* ve b^* değerlerinden
- ΔE_3 değerleri t_3 zamanı ve t_0 zamanı L^* , a^* ve b^* değerlerinden
- ΔE_4 değerleri t_4 zamanı ve t_0 zamanı L^* , a^* ve b^* değerlerinden ΔE formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Çay, kahve, sigara ve yapay tükürük solüsyonlarına maruz bırakılan örneklerin 21.günün sonundaki görünüşleri Resim 9’da görülmektedir.



Resim 9: Örneklerin renklendirici ajanlara maruz bırakılmasından sonraki görüntüleri

5.4. İstatistiksel Yöntem

Verilerin analizi için IBM SPSS V23 ve Minitab 17 programı kullanılmıştır. Normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk testi ile incelendi. Gruplara ve solüsyonlara göre ΔE_1 - E_4 değerlerinin karşılaştırılmasında İki yönlü varyans analizi kullanıldı. Çoklu karşılaştırmalar için Tukey HSD test kullanıldı. Analiz sonuçları nicel veriler için ortalama \pm s. sapma olarak sunuldu. Önem düzeyi $p < 0,05$ olarak alındı.

6. BULGULAR

6.1. L* Değerlerinin Karşılaştırılması

Braketlerin solüsyon ve zamana göre ölçülen L* değerleri Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3: Grup, solüsyon ve zamana göre L* değerlerinin karşılaştırılması

Solüsyon	Zaman	MII	MRP	MPC	PCA	PSC	P20/40	Toplam
Çay	T0	82,37 ± 0,94	81,28 ± 0,46	82,13 ± 0,29	78,72 ± 0,63	80,14 ± 0,72	79,2 ± 1,04	80,64 ± 1,57
	T1	80,9 ± 0,66	80 ± 0,68	81,3 ± 1,08	77,6 ± 0,3	79,63 ± 0,83	80,16 ± 1,02	79,93 ± 1,42
	T2	79,25 ± 1,16	76,06 ± 0,79	76,8 ± 0,72	73,3 ± 0,52	75,35 ± 0,73	74,22 ± 2,04	75,83 ± 2,2
	T3	77,89 ± 0,88	73,32 ± 1,66	75,89 ± 0,67	70,66 ± 0,97	71,85 ± 0,58	71,19 ± 1,16	73,47 ± 2,83
	T4	74,76 ± 0,83	70,97 ± 1,23	72,93 ± 0,91	68,21 ± 1,29	68,42 ± 0,83	66,62 ± 1,44	70,32 ± 3,07
	Toplam	79,03 ± 2,79	76,33 ± 4,07	77,81 ± 3,57	73,7 ± 4,12	75,08 ± 4,61	74,28 ± 5,27	76,04 ± 4,52
Kahve	T0	82,32 ± 0,81	81,34 ± 0,59	82 ± 0,35	78,36 ± 0,29	79,96 ± 0,49	79,29 ± 0,71	80,55 ± 1,56
	T1	82,07 ± 0,95	81,37 ± 0,85	81,89 ± 0,75	77,35 ± 0,61	79,8 ± 0,59	80,36 ± 0,66	80,47 ± 1,77
	T2	80,7 ± 0,55	79,9 ± 0,91	79,31 ± 0,69	76,01 ± 0,68	77,75 ± 0,53	77,09 ± 0,73	78,46 ± 1,78
	T3	80,6 ± 0,66	79,3 ± 0,45	79 ± 0,79	72,41 ± 0,8	74,96 ± 0,93	75,38 ± 0,6	76,94 ± 3
	T4	78,92 ± 0,95	78,08 ± 0,51	77,94 ± 0,64	72,69 ± 0,54	74,13 ± 1,11	74,06 ± 1	75,97 ± 2,56
	Toplam	80,92 ± 1,45	80 ± 1,43	80,03 ± 1,77	75,37 ± 2,51	77,32 ± 2,55	77,24 ± 2,48	78,48 ± 2,86
Sigara	T0	82,27 ± 0,83	81,08 ± 0,45	81,81 ± 0,53	78,35 ± 0,7	80,08 ± 0,47	79,08 ± 0,89	80,45 ± 1,56
	T1	81,91 ± 0,38	81,92 ± 1,17	82,18 ± 0,3	78,24 ± 0,53	81,6 ± 0,25	80,94 ± 1,03	81,13 ± 1,52
	T2	81,91 ± 0,59	79,76 ± 0,97	81,21 ± 0,56	77,48 ± 0,52	80,05 ± 0,58	77,78 ± 0,61	79,7 ± 1,76
	T3	81,43 ± 0,82	79,14 ± 0,7	79,96 ± 0,73	75,17 ± 0,51	76,43 ± 0,75	75,63 ± 0,73	77,96 ± 2,46
	T4	78,65 ± 0,82	76,61 ± 0,59	78,8 ± 0,97	72,99 ± 1,06	73,24 ± 0,99	71,39 ± 1,14	75,28 ± 3,05
	Toplam	81,23 ± 1,5	79,7 ± 2,01	80,79 ± 1,41	76,45 ± 2,2	78,28 ± 3,14	76,96 ± 3,43	78,9 ± 3
Tükürük	T0	82,36 ± 0,63	81,11 ± 0,62	81,31 ± 0,52	78,21 ± 0,44	80,92 ± 0,37	78,98 ± 0,35	80,48 ± 1,52
	T1	83,17 ± 1,19	81,72 ± 0,98	82,36 ± 0,36	77,68 ± 0,49	81,63 ± 0,35	81,38 ± 0,28	81,32 ± 1,87
	T2	81,89 ± 1,15	81 ± 0,42	82,04 ± 0,58	78,48 ± 0,49	79,06 ± 0,57	80,48 ± 0,45	80,49 ± 1,49
	T3	82,87 ± 0,89	81,63 ± 0,37	82,2 ± 0,56	78,07 ± 0,56	81,18 ± 0,42	79,56 ± 0,33	80,92 ± 1,73
	T4	82,32 ± 1	81,58 ± 0,47	82,16 ± 0,59	78,27 ± 0,39	80,81 ± 0,46	80,12 ± 0,36	80,88 ± 1,51
	Toplam	82,52 ± 1,05	81,41 ± 0,65	82,01 ± 0,62	78,14 ± 0,53	80,72 ± 0,98	80,1 ± 0,89	80,82 ± 1,65
Toplam	T0	82,33 ± 0,77	81,2 ± 0,52	81,81 ± 0,52	78,41 ± 0,55	80,28 ± 0,63	79,14 ± 0,76	80,53 ± 1,54
	T1	82,01 ± 1,15	81,25 ± 1,17	81,93 ± 0,78	77,72 ± 0,58	80,67 ± 1,1	80,71 ± 0,91	80,72 ± 1,73
	T2	80,94 ± 1,41	79,18 ± 2,04	79,84 ± 2,14	76,32 ± 2,05	78,05 ± 1,88	77,39 ± 2,51	78,62 ± 2,53
	T3	80,7 ± 2	78,35 ± 3,24	79,26 ± 2,4	74,08 ± 2,94	76,11 ± 3,48	75,44 ± 3,1	77,32 ± 3,68
	T4	78,66 ± 2,85	76,81 ± 3,95	77,96 ± 3,44	73,04 ± 3,72	74,15 ± 4,57	73,05 ± 5,06	75,61 ± 4,57
	Toplam	80,93 ± 2,19	79,36 ± 3,02	80,16 ± 2,61	75,91 ± 3,1	77,85 ± 3,69	77,14 ± 3,96	78,56 ± 3,6

6.2. a* Değerlerinin Karşılaştırılması

Braketlerin solüsyon ve zamana göre ölçülen a* değerleri Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4: Grup, solüsyon ve zamana göre a* değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri

Solüsyon	Zaman	MII	MRP	MPC	PCA	PSC	P20/40	Toplam
Çay	T0	-0,23 ± 0,05	-0,08 ± 0,06	-0,15 ± 0,03	0,44 ± 0,14	0,61 ± 0,07	0,67 ± 0,22	0,21 ± 0,39
	T1	0,06 ± 0,11	0,19 ± 0,1	0,05 ± 0,15	0,72 ± 0,12	0,95 ± 0,12	0,87 ± 0,19	0,47 ± 0,41
	T2	0,55 ± 0,09	1,16 ± 0,29	0,83 ± 0,13	1,73 ± 0,11	1,93 ± 0,24	2,14 ± 0,4	1,39 ± 0,63
	T3	1,59 ± 0,2	2,65 ± 0,42	1,81 ± 0,17	2,76 ± 0,25	3,03 ± 0,26	3,25 ± 0,33	2,51 ± 0,67
	T4	2,02 ± 0,16	3,08 ± 0,47	2,71 ± 0,27	3,6 ± 0,35	3,95 ± 0,36	4,68 ± 0,47	3,34 ± 0,94
	Toplam	0,8 ± 0,89	1,4 ± 1,32	1,05 ± 1,11	1,85 ± 1,23	2,09 ± 1,29	2,32 ± 1,56	1,59 ± 1,35
Kahve	T0	-0,25 ± 0,1	-0,13 ± 0,09	-0,15 ± 0,05	0,45 ± 0,1	0,7 ± 0,04	0,63 ± 0,13	0,21 ± 0,41
	T1	-0,12 ± 0,11	-0,08 ± 0,11	-0,04 ± 0,11	0,42 ± 0,08	0,76 ± 0,08	0,61 ± 0,1	0,26 ± 0,37
	T2	-0,08 ± 0,06	-0,05 ± 0,04	0,05 ± 0,14	0,67 ± 0,08	0,83 ± 0,1	0,68 ± 0,1	0,35 ± 0,4
	T3	0,3 ± 0,07	0,27 ± 0,11	0,38 ± 0,1	1,27 ± 0,17	1,19 ± 0,1	1,05 ± 0,13	0,74 ± 0,45
	T4	0,28 ± 0,06	0,44 ± 0,13	0,5 ± 0,14	1,28 ± 0,13	1,42 ± 0,1	1,34 ± 0,1	0,88 ± 0,49
	Toplam	0,02 ± 0,24	0,09 ± 0,25	0,15 ± 0,28	0,82 ± 0,4	0,98 ± 0,29	0,86 ± 0,31	0,49 ± 0,5
Sigara	T0	-0,23 ± 0,05	-0,11 ± 0,06	-0,17 ± 0,11	0,39 ± 0,08	0,69 ± 0,03	0,68 ± 0,11	0,21 ± 0,4
	T1	-0,08 ± 0,05	0,01 ± 0,04	-0,09 ± 0,07	0,55 ± 0,07	0,73 ± 0,12	0,62 ± 0,15	0,29 ± 0,36
	T2	-0,21 ± 0,09	-0,14 ± 0,04	-0,1 ± 0,07	0,38 ± 0,06	0,58 ± 0,08	0,44 ± 0,11	0,16 ± 0,33
	T3	0,05 ± 0,1	0,04 ± 0,11	0,1 ± 0,12	0,63 ± 0,06	0,69 ± 0,03	0,62 ± 0,11	0,35 ± 0,31
	T4	0,18 ± 0,1	0,52 ± 0,11	0,45 ± 0,14	0,95 ± 0,17	1,19 ± 0,16	1,49 ± 0,2	0,8 ± 0,48
	Toplam	-0,06 ± 0,18	0,06 ± 0,25	0,04 ± 0,25	0,58 ± 0,23	0,78 ± 0,24	0,77 ± 0,39	0,36 ± 0,44
Tükürük	T0	-0,23 ± 0,06	-0,1 ± 0,03	-0,09 ± 0,07	0,35 ± 0,09	0,67 ± 0,03	0,58 ± 0,1	0,2 ± 0,36
	T1	-0,07 ± 0,1	0,05 ± 0,08	-0,04 ± 0,08	0,57 ± 0,13	0,83 ± 0,05	0,65 ± 0,11	0,33 ± 0,38
	T2	-0,19 ± 0,1	-0,13 ± 0,08	-0,16 ± 0,07	0,39 ± 0,06	-0,03 ± 0,09	0,44 ± 0,12	0,05 ± 0,28
	T3	-0,07 ± 0,12	-0,05 ± 0,05	-0,05 ± 0,07	0,52 ± 0,1	0,68 ± 0,04	0,54 ± 0,09	0,26 ± 0,34
	T4	-0,13 ± 0,06	-0,02 ± 0,09	-0,06 ± 0,06	0,42 ± 0,08	0,63 ± 0,07	0,5 ± 0,09	0,22 ± 0,31
	Toplam	-0,14 ± 0,11	-0,05 ± 0,09	-0,08 ± 0,08	0,45 ± 0,12	0,56 ± 0,31	0,54 ± 0,12	0,21 ± 0,34
Toplam	T0	-0,24 ± 0,06	-0,1 ± 0,06	-0,14 ± 0,07	0,41 ± 0,11	0,67 ± 0,06	0,64 ± 0,14	0,21 ± 0,39
	T1	-0,05 ± 0,11	0,04 ± 0,13	-0,03 ± 0,11	0,57 ± 0,15	0,82 ± 0,13	0,69 ± 0,17	0,34 ± 0,38
	T2	0,02 ± 0,33	0,21 ± 0,58	0,16 ± 0,42	0,79 ± 0,57	0,83 ± 0,73	0,92 ± 0,75	0,49 ± 0,68
	T3	0,47 ± 0,68	0,73 ± 1,16	0,56 ± 0,76	1,29 ± 0,92	1,4 ± 0,99	1,37 ± 1,13	0,97 ± 1,02
	T4	0,59 ± 0,86	1 ± 1,26	0,9 ± 1,1	1,56 ± 1,25	1,8 ± 1,31	2 ± 1,64	1,31 ± 1,34
	Toplam	0,16 ± 0,6	0,38 ± 0,9	0,29 ± 0,73	0,92 ± 0,86	1,1 ± 0,9	1,12 ± 1,07	0,66 ± 0,94

6.3. b* Değerlerinin Karşılaştırılması

Braketlerin solüsyon ve zamana göre ölçülen b* değerleri Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5: Grup, solüsyon ve zamana göre b* değerlerinin karşılaştırılması

Solüsyon	Zaman	MII	MRP	MPC	PCA	PSC	P20/40	Toplam
Çay	T0	7,47 ± 0,23	6,34 ± 0,21	6,2 ± 0,21	2,13 ± 0,36	0 ± 0,45	3 ± 0,37	4,19 ± 2,71
	T1	10,09 ± 0,48	10,11 ± 0,39	9,75 ± 0,57	6,04 ± 0,32	4,07 ± 0,66	7,09 ± 0,36	7,86 ± 2,37
	T2	13,28 ± 0,6	15,19 ± 0,82	14,01 ± 0,71	9,93 ± 0,7	9,55 ± 1,06	12,98 ± 0,73	12,49 ± 2,22
	T3	16,17 ± 0,59	18,44 ± 1,42	16,4 ± 0,54	12,34 ± 0,92	13,03 ± 0,68	16,43 ± 0,46	15,47 ± 2,28
	T4	18,28 ± 0,88	20,01 ± 1,15	18,66 ± 0,71	14,96 ± 0,76	15,26 ± 0,94	19,23 ± 0,86	17,73 ± 2,13
	Toplam	13,06 ± 4,01	14,02 ± 5,26	13 ± 4,6	9,08 ± 4,65	8,38 ± 5,76	11,74 ± 6,06	11,55 ± 5,48
Kahve	T0	7,39 ± 0,35	6,33 ± 0,16	6,28 ± 0,24	1,83 ± 0,23	-0,1 ± 0,3	3,18 ± 0,33	4,15 ± 2,75
	T1	10 ± 0,48	9,71 ± 0,37	10,06 ± 0,27	6,2 ± 0,55	4,4 ± 0,55	7,98 ± 1,19	8,06 ± 2,24
	T2	11,88 ± 0,37	12,48 ± 0,46	12,4 ± 0,49	8,43 ± 0,45	7,45 ± 0,99	10,65 ± 0,49	10,55 ± 2,05
	T3	13,18 ± 0,6	13,67 ± 0,4	14,4 ± 0,86	10,95 ± 0,58	10,28 ± 0,82	13,61 ± 0,89	12,68 ± 1,68
	T4	14,01 ± 0,52	15,19 ± 0,79	15,16 ± 0,5	11,33 ± 0,41	11,75 ± 0,88	14,88 ± 0,64	13,72 ± 1,72
	Toplam	11,29 ± 2,45	11,47 ± 3,21	11,66 ± 3,3	7,75 ± 3,56	6,75 ± 4,36	10,06 ± 4,31	9,83 ± 4,04
Sigara	T0	7,49 ± 0,39	6,53 ± 0,26	6,46 ± 0,56	2,2 ± 0,36	0 ± 0,49	2,85 ± 0,38	4,26 ± 2,79
	T1	9,02 ± 0,34	8,27 ± 0,41	8,52 ± 0,41	3,65 ± 0,56	2,03 ± 0,46	5,19 ± 0,54	6,11 ± 2,72
	T2	10,53 ± 0,68	10,85 ± 0,61	10,05 ± 0,64	5,42 ± 0,88	3,9 ± 0,41	7,72 ± 0,66	8,08 ± 2,75
	T3	12,28 ± 0,72	13,5 ± 0,64	12,7 ± 0,92	8,64 ± 1,33	8,2 ± 0,55	12,27 ± 1,32	11,27 ± 2,27
	T4	14,64 ± 0,66	16 ± 0,59	15,37 ± 0,88	11,53 ± 1,2	12,73 ± 0,71	16,14 ± 1,16	14,4 ± 1,93
	Toplam	10,79 ± 2,58	11,03 ± 3,51	10,62 ± 3,24	6,29 ± 3,55	5,37 ± 4,65	8,83 ± 4,94	8,82 ± 4,41
Tükürük	T0	7,57 ± 0,36	6,13 ± 0,2	5,74 ± 0,46	2,28 ± 0,41	0,3 ± 0,32	3,28 ± 0,29	4,22 ± 2,54
	T1	8,86 ± 0,39	7,51 ± 0,37	8,06 ± 0,42	2,89 ± 0,23	1,35 ± 0,21	4,75 ± 0,37	5,57 ± 2,83
	T2	8,9 ± 0,35	8,02 ± 0,35	8,17 ± 0,35	3,78 ± 0,24	1,94 ± 0,38	4,95 ± 0,42	5,96 ± 2,62
	T3	9,67 ± 0,22	8,25 ± 0,32	8,42 ± 0,37	4,05 ± 0,16	2,23 ± 0,11	5,55 ± 0,3	6,36 ± 2,68
	T4	9,53 ± 0,33	9,08 ± 0,28	8,75 ± 0,22	4,61 ± 0,29	2,61 ± 0,27	5,85 ± 0,33	6,74 ± 2,61
	Toplam	8,91 ± 0,82	7,8 ± 1,03	7,83 ± 1,14	3,52 ± 0,88	1,68 ± 0,86	4,88 ± 0,96	5,77 ± 2,78
Toplam	T0	7,48 ± 0,33	6,33 ± 0,25	6,17 ± 0,46	2,11 ± 0,37	0,05 ± 0,41	3,08 ± 0,37	4,2 ± 2,68
	T1	9,49 ± 0,7	8,9 ± 1,13	9,1 ± 0,94	4,69 ± 1,53	2,96 ± 1,4	6,25 ± 1,51	6,9 ± 2,75
	T2	11,15 ± 1,72	11,63 ± 2,7	11,16 ± 2,33	6,89 ± 2,53	5,71 ± 3,1	9,07 ± 3,12	9,27 ± 3,45
	T3	12,82 ± 2,42	13,47 ± 3,74	12,98 ± 3,06	8,99 ± 3,3	8,43 ± 4,08	11,97 ± 4,14	11,44 ± 3,99
	T4	14,11 ± 3,21	15,07 ± 4,04	14,49 ± 3,69	10,61 ± 3,88	10,59 ± 4,91	14,02 ± 5,11	13,15 ± 4,53
	Toplam	11,01 ± 3,07	11,08 ± 4,18	10,78 ± 3,79	6,66 ± 4	5,55 ± 4,95	8,88 ± 5,12	8,99 ± 4,77

6.4. Braket Grupları ve Solüsyon Etkileşimlerinin Karşılaştırılması

6.4.1. ΔE_1 Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 6: Grup ve solüsyona göre ΔE_1 tanımlayıcı istatistikleri

	sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
Grup	5	35,3	7,1	21,9	<0,001
Solüsyon	3	182,0	60,7	188,4	<0,001
Grup*Solüsyon	15	27,5	1,8	5,7	<0,001

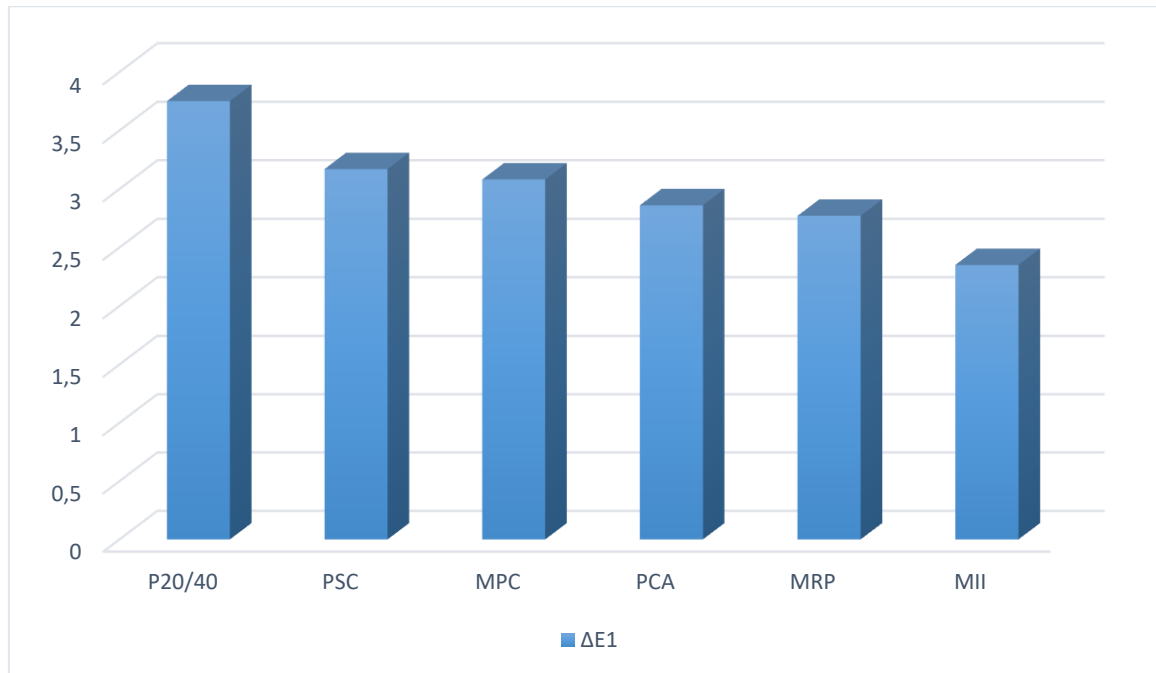
sd: serbestlik derecesi

Grupların ana etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). P20/40 grubunda elde edilen renk değişimi ΔE_1 3,75 olarak bulunmuştur ve bu değer ile P20/40 grubu diğer tüm gruplardan daha yüksek değere sahiptir. PSC, MPC, PCA ve MRP grupları arasında ise fark yoktur. En düşük ortalama değer ise MII grubunda elde edilmiştir. Çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7: Gruplara göre ΔE_1 çoklu karşılaştırma sonuçları

Grup	Ortalama	Çoklu karşılaştırma
P20/40	3,75 ± 1,17	A
PSC	3,17 ± 1,41	B
MPC	3,08 ± 0,88	B
PCA	2,86 ± 1,56	B
MRP	2,77 ± 1,11	B
MII	2,35 ± 0,86	C

A-C: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.



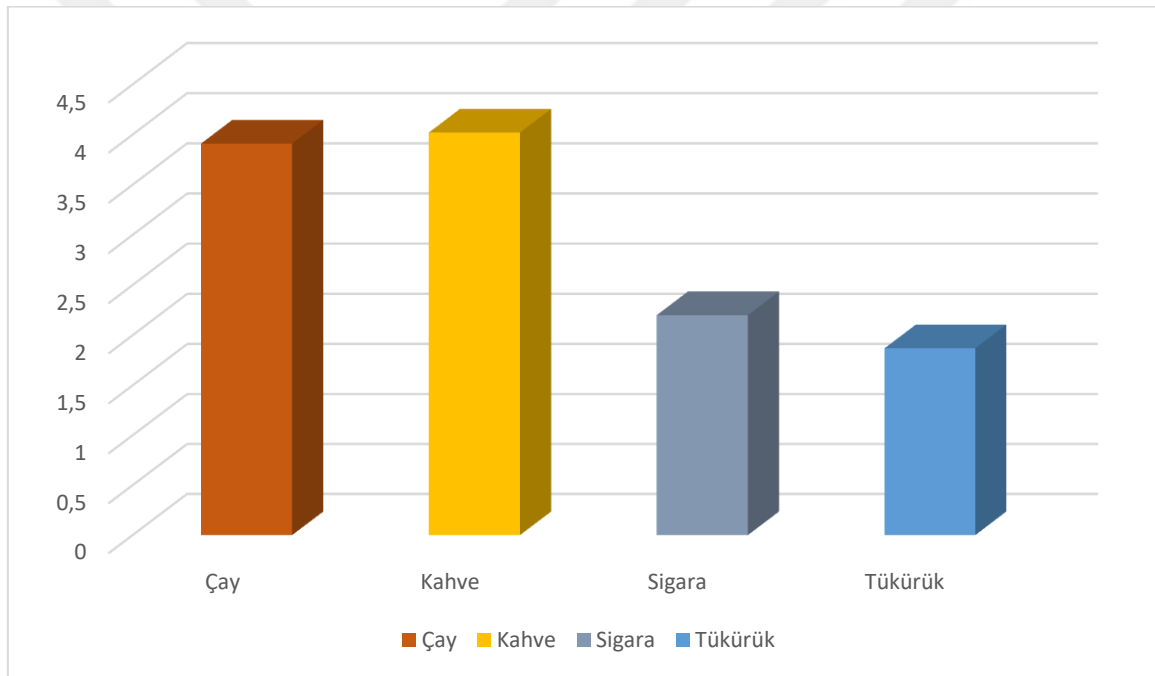
Şekil 5: Gruplara göre ΔE_1 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi

Solüsyonların ana etkileri de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). Kahve solüsyonunda elde edilen renk değişimi en yüksek iken kahve ve çay solüsyonlarında arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Bu solüsyonları sigara takip etmiştir. Tükürük solüsyonunda ise en düşük ortalama değer elde edilmiştir. Çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8: Solüsyonlara göre ΔE_1 çoklu karşılaştırma sonuçları

Solüsyon	Ortalama	Çoklu karşılaştırma
Kahve	$4,02 \pm 0,96$	A
Çay	$3,91 \pm 0,63$	A
Sigara	$2,20 \pm 0,75$	B
Tükürük	$1,87 \pm 0,78$	C

A-C: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.



Şekil 6: Solüsyonlara göre ΔE_1 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi

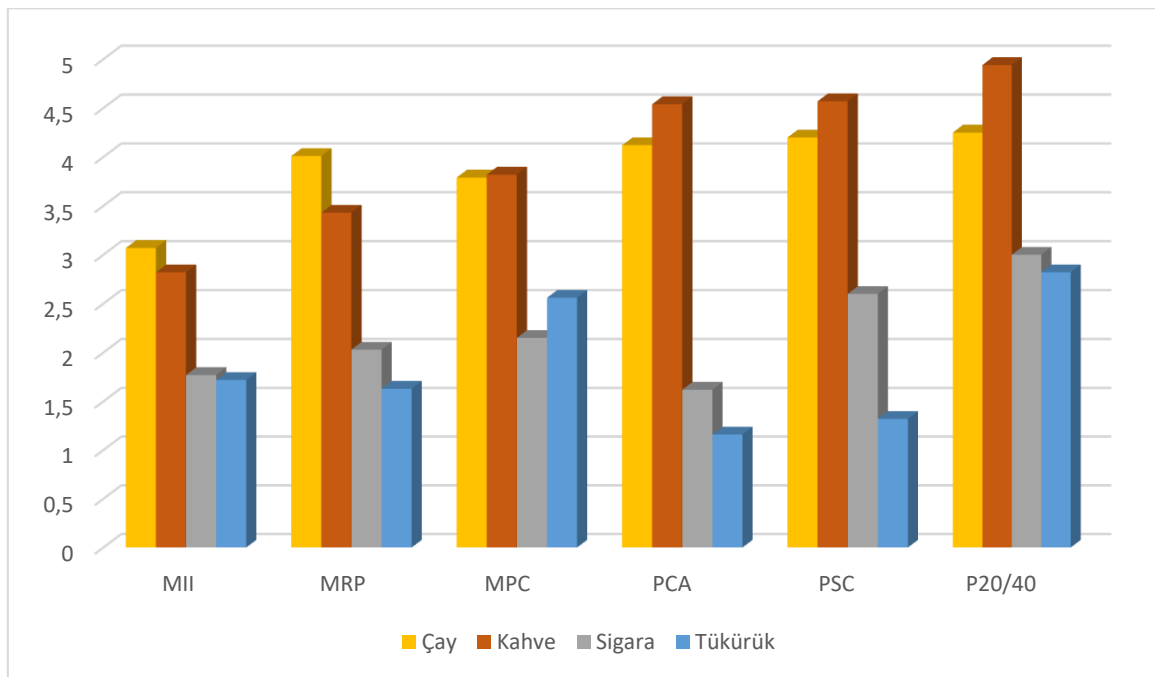
Grup ve solüsyon etkileşimi de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). P20/40-Kahve etkileşiminde elde edilen renk değişimi en yüksek iken, bu etkileşim ile PSC-Kahve, PCA-Kahve, P20/40-Çay, PSC-Çay, PCA-Çay, MRP-Çay arasında anlamlı bir fark yoktur. En düşük renk değişimi ise PCA-Tükürük ve PSC-Tükürük etkileşiminde elde edilmiştir. Bu iki etkileşim ile PCA-Sigara, MRP-Tükürük, MII-Tükürük, MII-Sigara, MRP-Sigara, MPC-Sigara arasında anlamlı bir fark yoktur. Diğer tüm ikili karşılaştırma sonuçları Tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 9: Grup ve solüsyonlara göre ΔE_1 çoklu karşılaştırma sonuçları

	Çay	Kahve	Sigara	Tükürük	Toplam
MII	3,07 ± 0,71 ^{DEFGH}	2,82 ± 0,26 ^{FGH}	1,77 ± 0,59 ^{IJ}	1,72 ± 0,79 ^{IJ}	2,35 ± 0,86 ^c
MRP	4,01 ± 0,37 ^{ABCDE}	3,43 ± 0,48 ^{CDEFG}	2,03 ± 0,65 ^{HIJ}	1,63 ± 0,58 ^{IJ}	2,77 ± 1,11 ^b
MPC	3,79 ± 0,46 ^{BCDEF}	3,82 ± 0,41 ^{BCDEF}	2,15 ± 0,5 ^{HIJ}	2,56 ± 0,54 ^{GHI}	3,08 ± 0,88 ^b
PCA	4,12 ± 0,43 ^{ABCD}	4,54 ± 0,46 ^{AB}	1,62 ± 0,36 ^{IJ}	1,16 ± 0,31 ^J	2,86 ± 1,56 ^b
PSC	4,2 ± 0,42 ^{ABC}	4,57 ± 0,6 ^{AB}	2,6 ± 0,56 ^{GHI}	1,32 ± 0,36 ^J	3,17 ± 1,41 ^b
P20/40	4,25 ± 0,54 ^{ABC}	4,94 ± 1,2 ^A	3 ± 0,86 ^{EFGH}	2,82 ± 0,18 ^{FGH}	3,75 ± 1,17 ^a
Toplam	3,91 ± 0,63 ^a	4,02 ± 0,96 ^a	2,2 ± 0,75 ^b	1,87 ± 0,78 ^c	

A-J: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.

a-c: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.

**Şekil 7:** Braket ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_1 grafiği

6.4.2. ΔE_2 Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 10: Grup ve solüsyona göre ΔE_2 tanımlayıcı istatistikleri

	sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
Grup	5	122,7	24,5	44,7	<0,001
Solüsyon	3	1577,9	526,0	958,1	<0,001
Grup*Solüsyon	15	64,6	4,3	7,8	<0,001

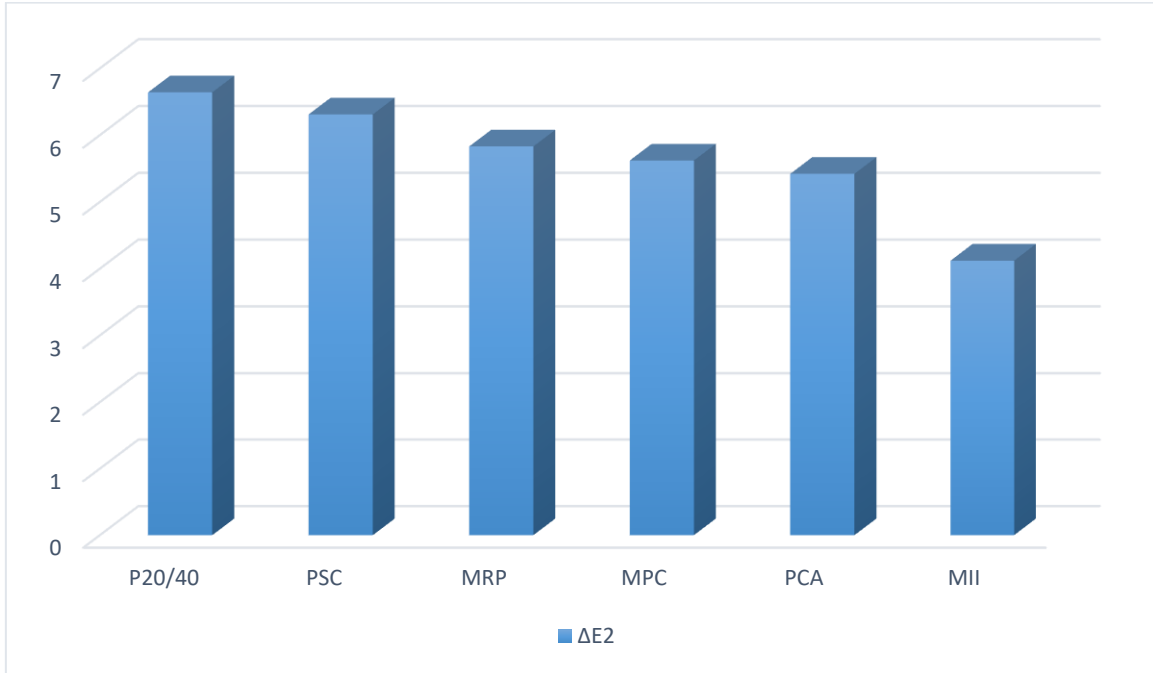
sd: serbestlik derecesi

Grupların ana etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). P20/40 grubunda elde edilen renk değişimi 6,64 olarak bulunmuştur. PSC grubu ortalama değeri de 6,31 olarak bulunmuştur ve PSC ile P20/40 arasında istatistiksel olarak fark yoktur. MRP, MPC ve PCA arasında da fark yoktur. En düşük ortalama değer ise MII grubunda elde edilmiştir. Çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11: Gruplara göre ΔE_2 çoklu karşılaştırma sonuçları

Grup	Ortalama	Çoklu karşılaştırma
P20/40	6,64 ± 3,5	A
PSC	6,31 ± 3,36	A B
MRP	5,83 ± 3,16	B C
MPC	5,62 ± 2,87	C
PCA	5,42 ± 3,22	C
MII	4,12 ± 1,95	D

A-D: Aynı harfe sahip gruplar arasında fark yoktur.



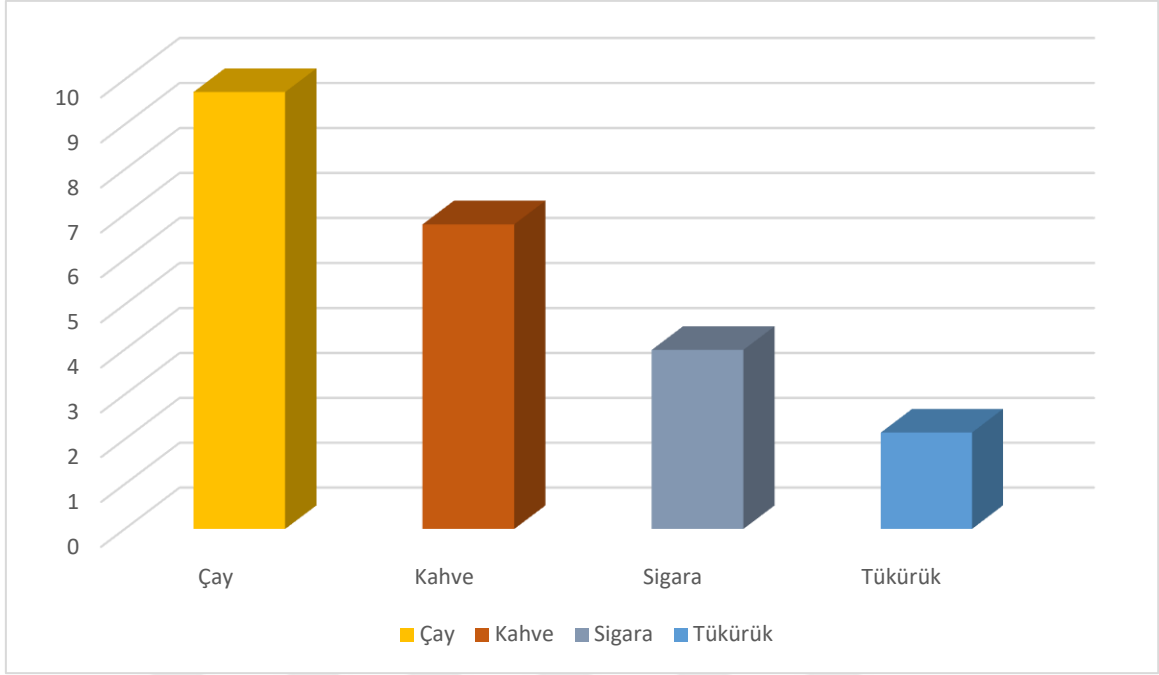
Şekil 8: Gruplara göre ΔE_2 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi

Solüsyonların ana etkileri de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). En yüksek değer çay solüsyonunda elde edilmiştir. Bunu sırasıyla kahve ve sigara takip etmiştir. Tükürükte elde edilen ΔE_2 değeri ise diğer tüm solüsyonlardan daha düşüktür. Tüm gruplar arasında anlamlı bir fark vardır. Çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12: Solüsyonlara göre ΔE_2 çoklu karşılaştırma sonuçları

Grup	Ortalama	Çoklu karşılaştırma
Çay	9,72 ± 1,77	A
Kahve	6,78 ± 1,17	B
Sigara	3,99 ± 1,06	C
Tükürük	2,15 ± 0,58	D

A-D: Aynı harfe sahip solüsyonlar arasında fark yoktur.



Şekil 9: Solüsyonlara göre ΔE_2 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi

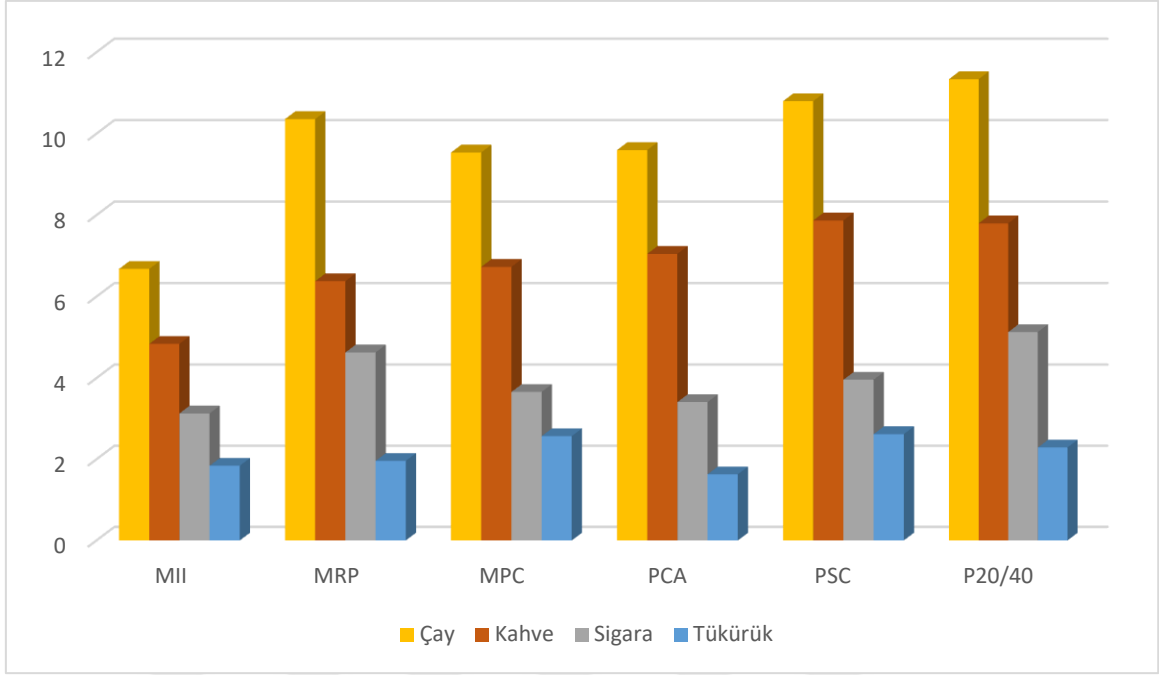
Grup ve solüsyon etkileşimi de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). P20/40-Çay etkileşiminde elde edilen renk değişimi en yüksek iken P20/40-Çay, PSC-Çay ve MRP-Çay etkileşimleri arasında anlamlı bir fark yoktur. En düşük renk değişimi ise PCA-Tükürük etkileşiminde elde edilmiştir. Bunu sırasıyla MII-Tükürük, MRP-Tükürük, P20/40-Tükürük, MPC-Tükürük ve PSC-Tükürük takip etmiştir ve bu gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Diğer tüm ikili karşılaştırma sonuçları Tablo 13'te sunulmuştur.

Tablo 13: Grup ve solüsyonlara göre ΔE_2 çoklu karşılaştırma sonuçları

	Çay	Kahve	Sigara	Tükürük	Toplam
MII	6,68 ± 0,84 ^{CD}	4,85 ± 0,37 ^{FG}	3,13 ± 0,79 ^{JK}	1,84 ± 0,51 ^{KL}	4,12 ± 1,95 ^d
MRP	10,36 ± 0,95 ^{AB}	6,38 ± 0,52 ^{DE}	4,63 ± 0,66 ^{FGH}	1,96 ± 0,34 ^{KL}	5,83 ± 3,16 ^{bc}
MPC	9,54 ± 0,84 ^B	6,73 ± 0,68 ^{CD}	3,66 ± 1,05 ^{GHIJ}	2,57 ± 0,53 ^{JKL}	5,62 ± 2,87 ^c
PCA	9,6 ± 0,61 ^B	7,05 ± 0,46 ^{CD}	3,41 ± 0,93 ^{HJ}	1,63 ± 0,55 ^L	5,42 ± 3,22 ^c
PSC	10,8 ± 1,08 ^{AB}	7,87 ± 0,82 ^C	3,96 ± 0,51 ^{FGHI}	2,62 ± 0,38 ^{IJKL}	6,31 ± 3,36 ^{ab}
P20/40	11,34 ± 1,31 ^A	7,8 ± 0,61 ^C	5,13 ± 0,95 ^{EF}	2,29 ± 0,46 ^{JKL}	6,64 ± 3,5 ^a
Toplam	9,72 ± 1,77 ^a	6,78 ± 1,17 ^b	3,99 ± 1,06 ^c	2,15 ± 0,58 ^d	

A-J: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.

a-c: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.



Şekil 10: Braket ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_2 grafiği

6.4.3. ΔE_3 Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 14: Grup ve solüsyona göre ΔE_3 tanımlayıcı istatistikleri

	sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
Grup	5	342,8	68,6	74,2	<0,001
Solüsyon	3	3177,1	1059,0	1145,6	<0,001
Grup*Solüsyon	15	198,1	13,2	14,3	<0,001

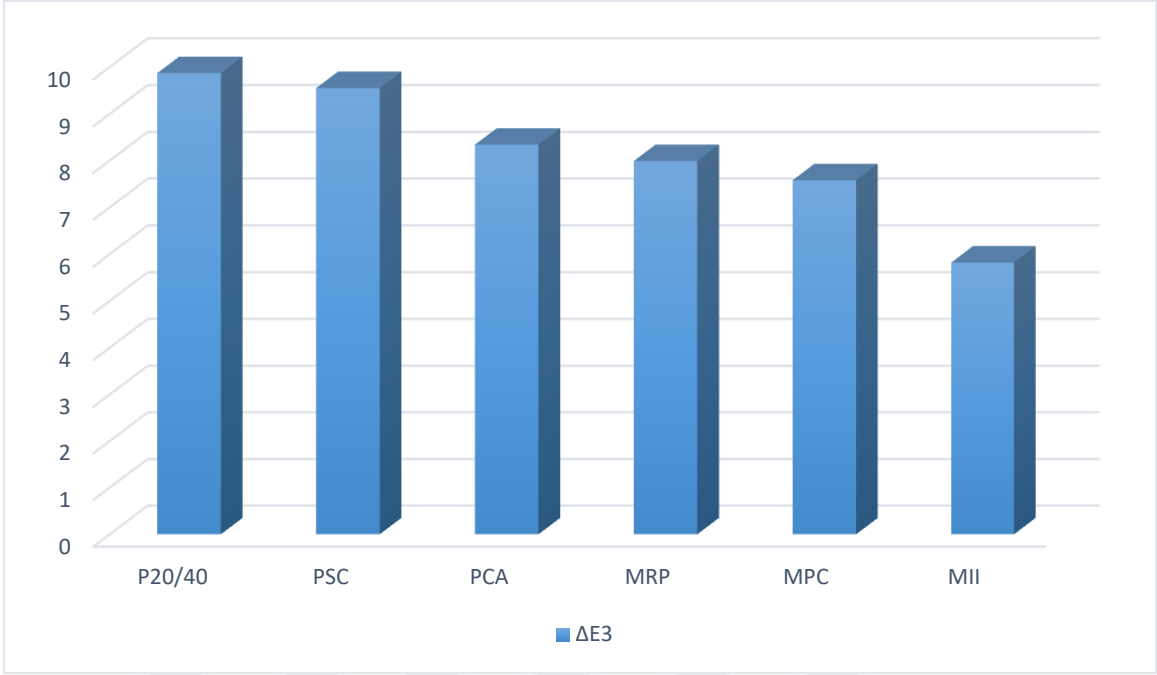
sd: serbestlik derecesi

ΔE_3 üzerine grupların ana etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). P20/40 grubu ile PSC grubu arasında renk değişimleri açısından fark yok iken en yüksek değerler bu gruplarda elde edilmiştir. En düşük ortalama değer ise MII grubunda elde edilmiştir. MRP ile hem PCA hem de MPC arasında fark yoktur. Diğer ikili karşılaştırma sonuçları Tablo 15'te sunulmuştur.

Tablo 15: Gruplara göre ΔE_3 çoklu karşılaştırma sonuçları

Grup	Ortalama	Çoklu karşılaştırma
P20/40	9,87 ± 5,01	A
PSC	9,55 ± 5,1	A
PCA	8,33 ± 4,47	B
MRP	7,99 ± 4,66	B C
MPC	7,58 ± 3,52	C
MII	5,82 ± 2,95	D

A-D: Aynı harfe sahip gruplar arasında fark yoktur.



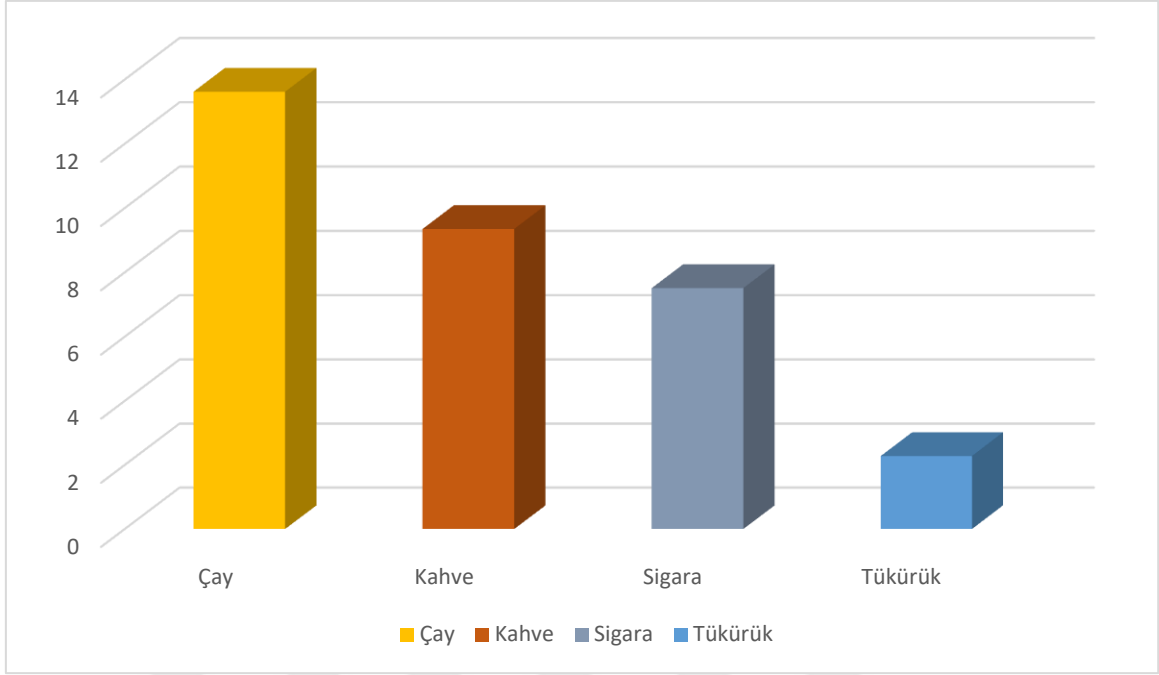
Şekil 11: Gruplara göre ΔE_3 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi

Solüsyonların ana etkileri ΔE_3 üzerine anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$) En yüksek değer 13,62 ile çayda iken bunu sırasıyla kahve ve sigara takip etmiştir. En düşük değer ise 2,28 ile tükürükte elde edilmiştir. Tüm solüsyonlar arasında istatistiksel olarak fark vardır ve çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 16'da sunulmuştur.

Tablo 16: Solüsyonlara göre ΔE_3 çoklu karşılaştırma sonuçları

Solüsyon	Ortalama	Çoklu karşılaştırma
Çay	13,62 ± 2,41	A
Kahve	9,35 ± 2,16	B
Sigara	7,51 ± 2,02	C
Tükürük	2,28 ± 0,52	D

A-D: Aynı harfe sahip solüsyonlar arasında fark yoktur.



Şekil 12: Solüsyonlara göre ΔE_3 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi

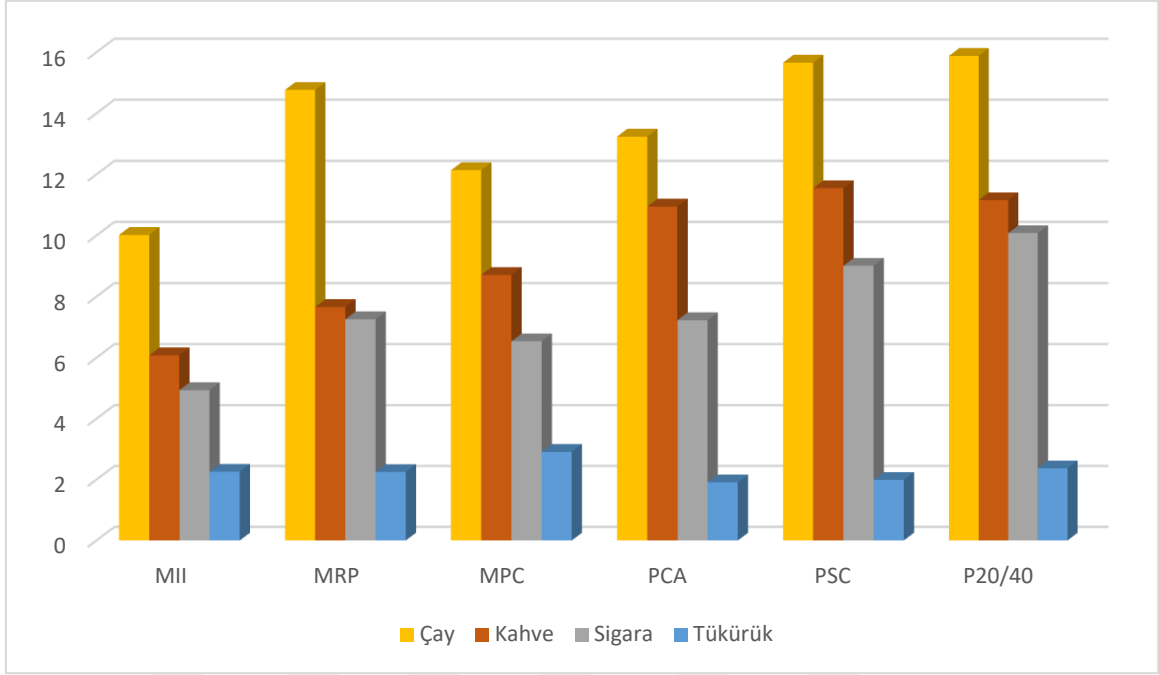
Grup ve solüsyon etkileşimleri de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). P20/40-Çay, PSC-Çay ve MRP-Çay etkileşimleri arasında fark yoktur ve en yüksek değer bu etkileşimlerde elde edilmiştir. En düşük ortalama değerler ise tükürük solüsyonundaki tüm gruplarda elde edilmiştir ve aralarında istatistiksel olarak bir fark yoktur. Çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 17’de sunulmuştur.

Tablo 17: Grup ve solüsyonlara göre ΔE_3 çoklu karşılaştırma sonuçları

	Çay	Kahve	Sigara	Tükürük	Toplam
MII	10,02 ± 1,1 ^{EF}	6,08 ± 0,54 ^{HI}	4,94 ± 1,02 ^I	2,26 ± 0,55 ^J	5,82 ± 2,95 ^d
MRP	14,77 ± 2,09 ^{AB}	7,66 ± 0,41 ^{GH}	7,26 ± 0,81 ^{GH}	2,25 ± 0,47 ^J	7,99 ± 4,66 ^{bc}
MPC	12,14 ± 0,73 ^{CD}	8,71 ± 0,83 ^{FG}	6,54 ± 1,42 ^{HI}	2,91 ± 0,45 ^J	7,58 ± 3,52 ^c
PCA	13,24 ± 1,42 ^{BC}	10,95 ± 0,77 ^{DE}	7,23 ± 1,36 ^{GH}	1,91 ± 0,39 ^J	8,33 ± 4,47 ^b
PSC	15,66 ± 0,82 ^A	11,55 ± 0,78 ^{CDE}	9,01 ± 0,9 ^{FG}	1,99 ± 0,42 ^J	9,55 ± 5,1 ^a
P20/40	15,88 ± 0,74 ^A	11,16 ± 0,94 ^{DE}	10,08 ± 1,47 ^{EF}	2,37 ± 0,19 ^J	9,87 ± 5,01 ^a
Toplam	13,62 ± 2,41 ^a	9,35 ± 2,16 ^b	7,51 ± 2,02 ^c	2,28 ± 0,52 ^d	

A-J: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.

a-c: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.



Şekil 13: Braket ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_3 grafiği

6.4.4. ΔE_4 Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 18: Grup ve solüsyona göre ΔE_4 tanımlayıcı istatistikleri

	sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
Grup	5	593,5	118,7	116,7	<0,001
Solüsyon	3	5253,7	1751,3	1721,9	<0,001
Grup*Solüsyon	15	224,1	14,9	14,7	<0,001

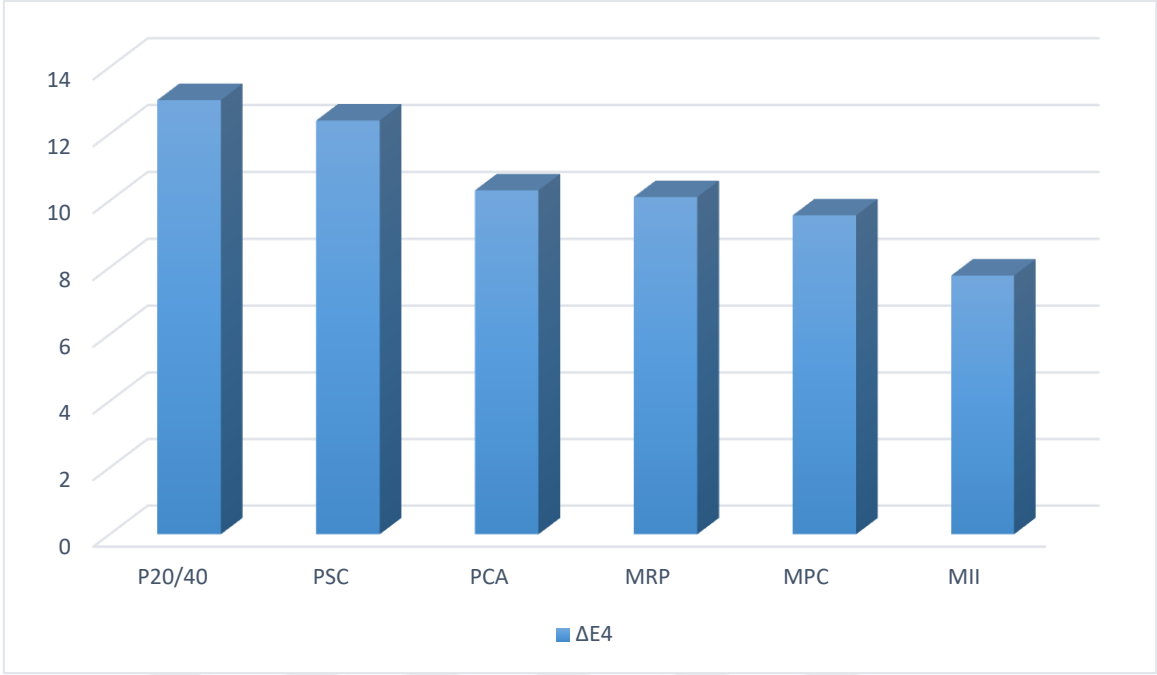
sd: serbestlik derecesi

Grupların ana etkileri ΔE_4 üzerine etkilidir ($p < 0,001$). P20/40 grubu ile PSC grubu arasında fark yoktur ve en yüksek ortalama değer bu iki grupta elde edilmiştir. MRP grubu ile PCA ve MPC grubu arasında anlamlı bir fark yoktur. En düşük ortalama değer ise MII grubunda elde edilmiştir. Çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 19'da sunulmuştur.

Tablo 19: Gruplara göre ΔE_4 çoklu karşılaştırma sonuçları

Grup	Ortalama	Çoklu karşılaştırma
P20/40	13,01 ± 6,75	A
PSC	12,40 ± 6,43	A
PCA	10,31 ± 5,37	B
MRP	10,11 ± 5,27	B C
MPC	9,56 ± 4,6	C
MII	7,76 ± 4,19	D

A-D: Aynı harfe sahip gruplar arasında fark yoktur.



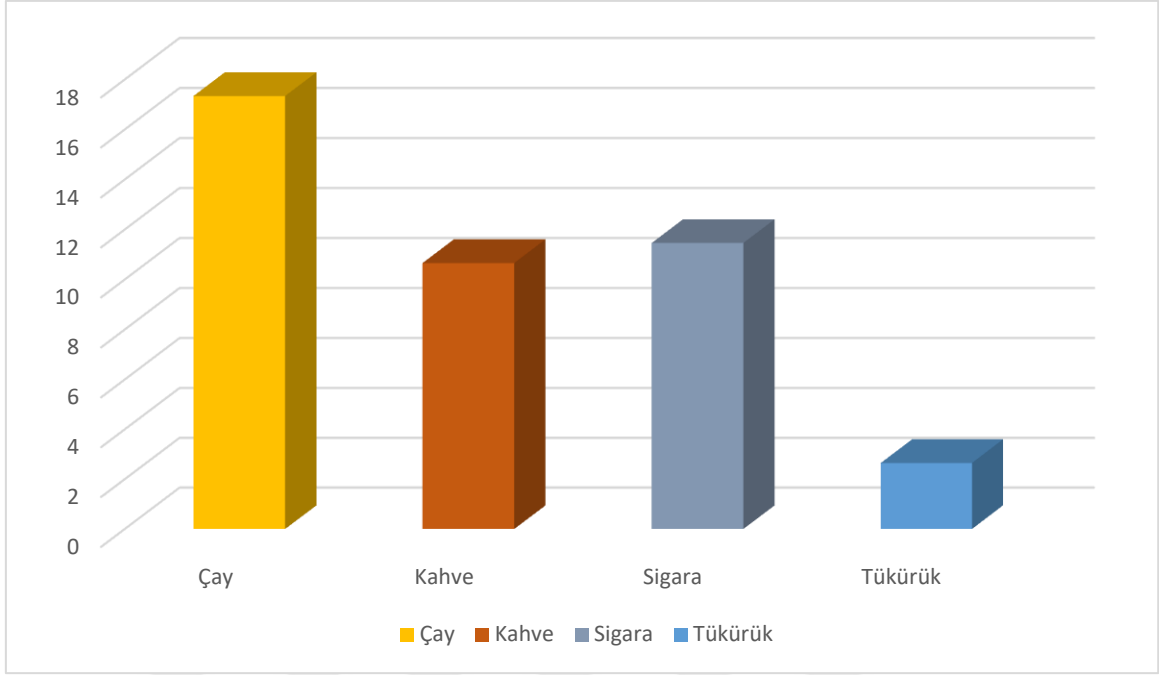
Şekil 14: Gruplara göre ΔE_4 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi

Solüsyonların ana etkileri de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). En yüksek ortalama değer çayda 17,34 olarak ele edilirken bunu sırasıyla sigara ve kahve takip etmiştir. En düşük ortalama değer ise 2,64 ile Tükürük'te elde edilmiştir. Tüm solüsyonlar arasında anlamlı bir fark vardır ve çoklu karşılaştırmalar Tablo 20'de sunulmuştur.

Tablo 20: Solüsyonlara göre ΔE_4 çoklu karşılaştırma sonuçları

Solüsyon	Ortalama	Çoklu karşılaştırma
Çay	17,34 ± 2,79	A
Sigara	11,45 ± 2,89	B
Kahve	10,66 ± 2,13	C
Tükürük	2,64 ± 0,58	D

A-D: Aynı harfe sahip solüsyonlar arasında fark yoktur.



Şekil 15: Solüsyonlara göre ΔE_4 değerlerinin grafik üzerinde gösterilmesi

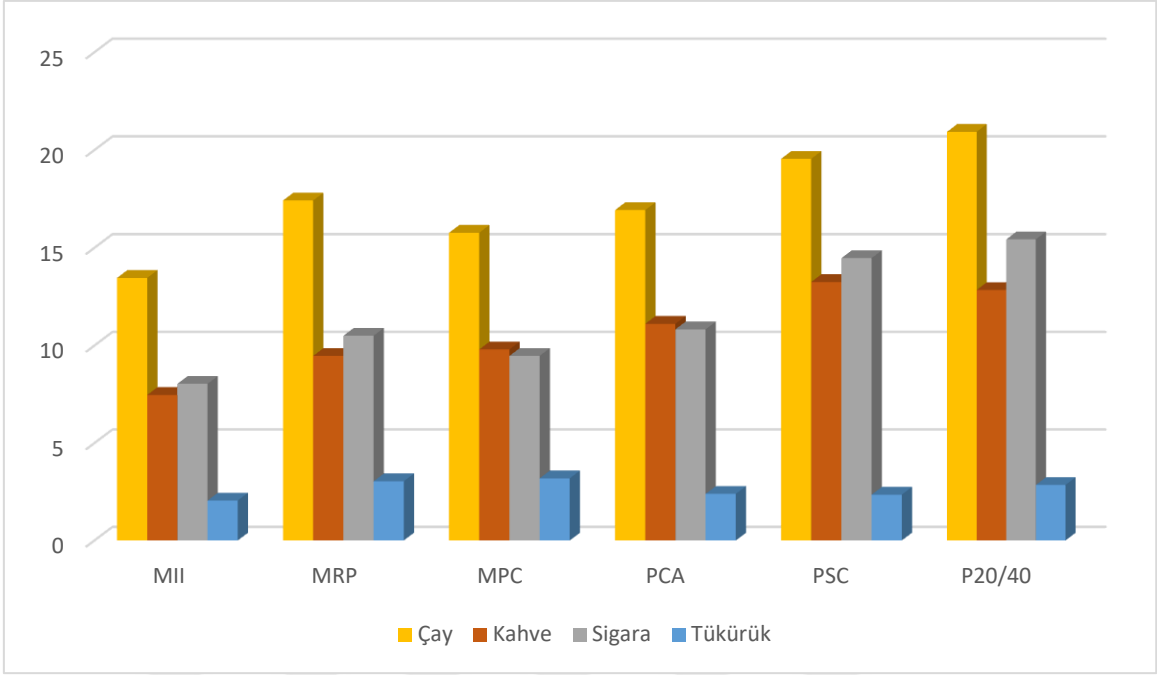
Grup ve solüsyon etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). En yüksek ortalama değer çay solüsyonunda P20/40 ve PSC gruplarının uygulanması ile elde edilmiştir. En düşük ortalama değer ise tükürük solüsyonundaki tüm gruplarda elde edilmiştir. Çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 21’de sunulmuştur.

Tablo 21: Grup ve solüsyonlara göre ΔE_4 çoklu karşılaştırma sonuçları

	Çay	Kahve	Sigara	Tükürük	Toplam
MII	13,46 ± 1,34 ^E	7,47 ± 0,59 ^I	8,04 ± 0,83 ^{HI}	2,05 ± 0,51 ^J	7,76 ± 4,19 ^d
MRP	17,42 ± 1,74 ^B	9,47 ± 0,83 ^{GH}	10,5 ± 0,61 ^G	3,04 ± 0,33 ^J	10,11 ± 5,27 ^{bc}
MPC	15,77 ± 1,09 ^{BCD}	9,8 ± 0,57 ^{GH}	9,47 ± 1,03 ^{GH}	3,19 ± 0,69 ^J	9,56 ± 4,6 ^c
PCA	16,93 ± 1,53 ^{BC}	11,12 ± 0,37 ^{FG}	10,83 ± 1,51 ^G	2,39 ± 0,35 ^J	10,31 ± 5,37 ^b
PSC	19,55 ± 1,28 ^A	13,25 ± 1,05 ^E	14,47 ± 1,03 ^{DE}	2,35 ± 0,23 ^J	12,40 ± 6,43 ^a
P20/40	20,93 ± 1,31 ^A	12,84 ± 0,71 ^{EF}	15,43 ± 1,73 ^{CD}	2,85 ± 0,33 ^J	13,01 ± 6,75 ^a
Toplam	17,34 ± 2,79 ^a	10,66 ± 2,13 ^c	11,45 ± 2,89 ^b	2,64 ± 0,58 ^d	

A-J: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.

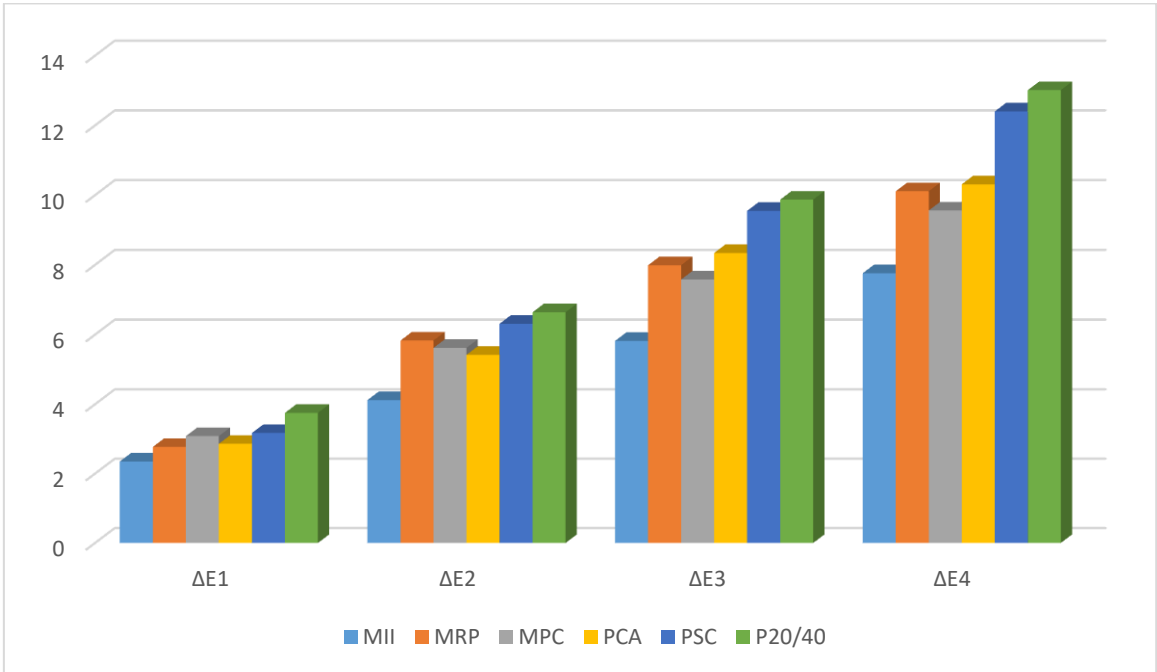
a-c: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.



Şekil 16: Braket ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_4 grafiği

6.4.5. Tüm braketlerin solüsyondan bağımsız olarak ΔE değerlerinin karşılaştırılması

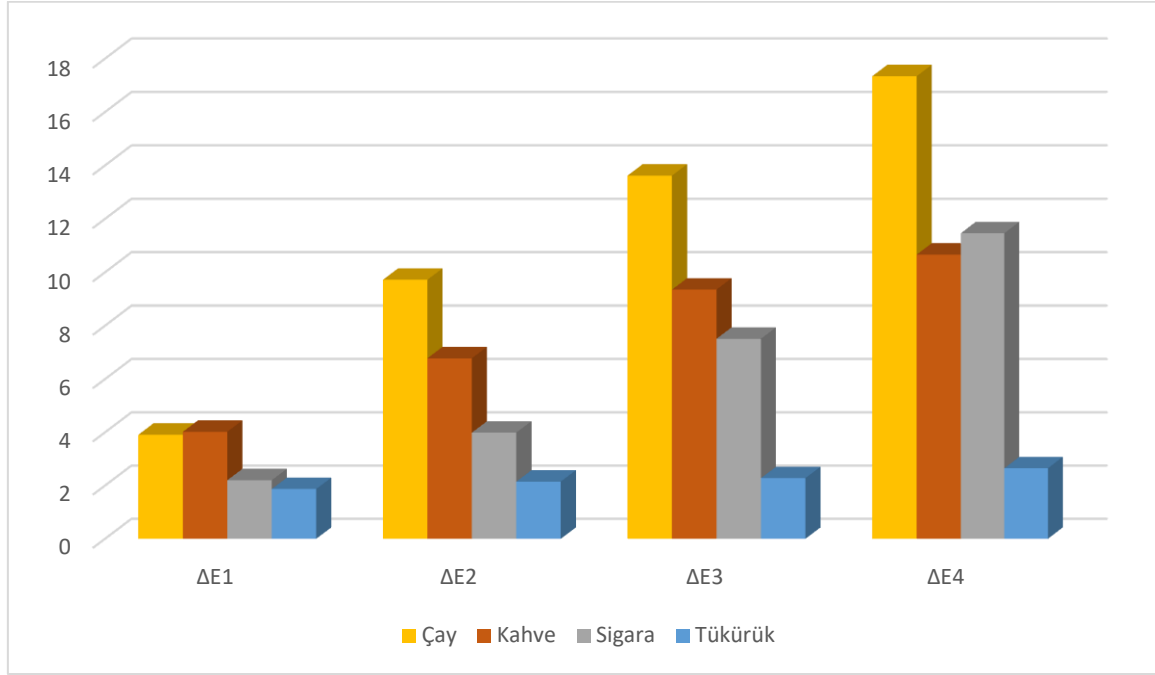
Braketlerin t1, t2, t3, t4 zamanlarında solüsyondan bağımsız olarak ölçülen ΔE değerleri Şekil 17'de gösterilmektedir.



Şekil 17: Braketlerin farklı zamanlardaki ΔE değerlerinin karşılaştırılması

6.4.6. Tüm solüsyonların braketlerden bağımsız olarak ΔE değerlerinin karşılaştırılması

Solüsyonların t1, t2, t3, t4 zamanlarında braketlerden bağımsız olarak ölçülen ΔE değerleri Şekil 18’de gösterilmektedir.



Şekil 18: Solüsyonların ΔE değerlerinin karşılaştırılması

6.5. Monokristal ve Polikristal Braket Gruplarının Karşılaştırılması

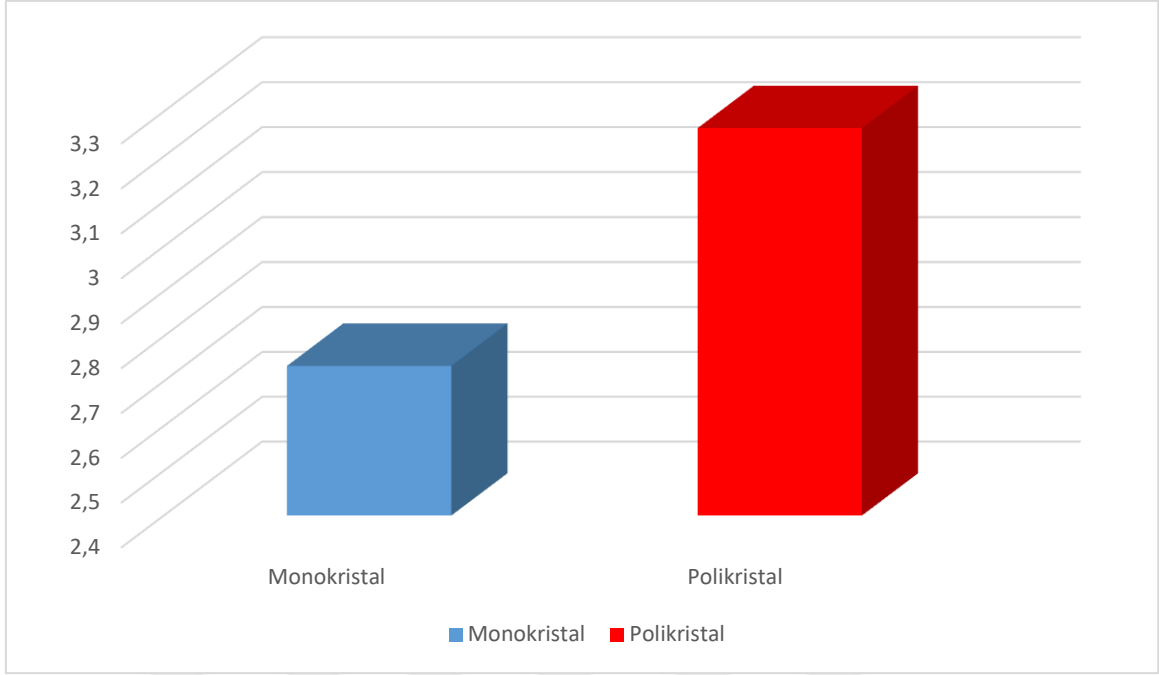
6.5.1. Kristal Yapıya Göre ΔE_1 Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 22: ΔE_1 değerlerine ait iki yönlü ANOVA sonuçları

	Kareler toplamı	sd	Kareler ortalaması	F	p
Grup	13,416	1	13,416	27,666	<0,001
Solüsyon	181,995	3	60,665	125,100	<0,001
Grup * Solüsyon	14,226	3	4,742	9,778	<0,001

sd: serbestlik derecesi, F: Varyans analisi test istatistiği

Grup ana etkisi ΔE_1 değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır ($p < 0,001$). Monokristal grubunun ΔE_1 ortalaması 2,73 ve polikristal grubunun ΔE_1 ortalaması 3,26 olarak elde edilmiştir. Gruplara göre ΔE_1 değerlerinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Bu farklılık monokristal grubunun ortalamasının polikristal grubunun ortalamasından düşük olarak elde edilmesinden kaynaklanmaktadır. Kristal yapıya göre ΔE_1 değerlerinin karşılaştırılması Şekil 19’da gösterilmektedir.



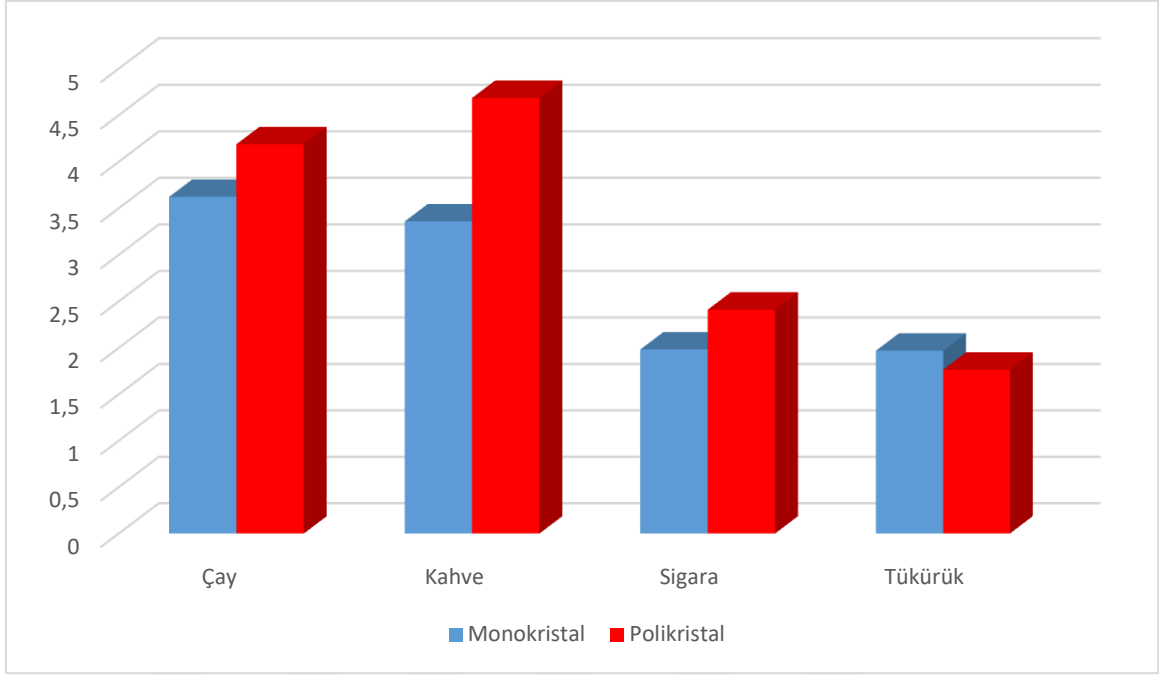
Şekil 19: Kristal yapıya göre ΔE_1 değerlerinin karşılaştırılması

Grup ve Solüsyon etkileşiminin ΔE_1 değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır ($p < 0,001$). En yüksek ortalama değer Polikristal-Kahve etkileşimi sonucu elde edilmiştir ve bu grup ile Polikristal-Çay etkileşimi arasında anlamlı bir fark yoktur. En düşük değer ise Polikristal-Tükürük etkileşimi sonucu elde edilmiştir. Bu grubu sırasıyla Monokristal-Tükürük, Monokristal-Sigara grubu takip etmiştir ve bu üçü arasında anlamlı bir fark yoktur. Çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 23'te sunulmuştur.

Tablo 23: ΔE_1 değerlerine ait çoklu karşılaştırma sonuçları

	Monokristal	Polikristal
Çay	3,62 ± 0,65 ^{CD}	4,19 ± 0,45 ^{DE}
Kahve	3,36 ± 0,56 ^C	4,68 ± 0,80 ^E
Sigara	1,98 ± 0,58 ^{AB}	2,41 ± 0,84 ^B
Tükürük	1,97 ± 0,75 ^{AB}	1,77 ± 0,81 ^A
Toplam	2,73 ± 0,99 ^a	3,263 ± 1,42 ^b

a-b: Aynı harfe sahip gruplar arasında fark yoktur, A-E: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.



Şekil 20: Kristal yapı ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_1 değerlerinin gösterilmesi

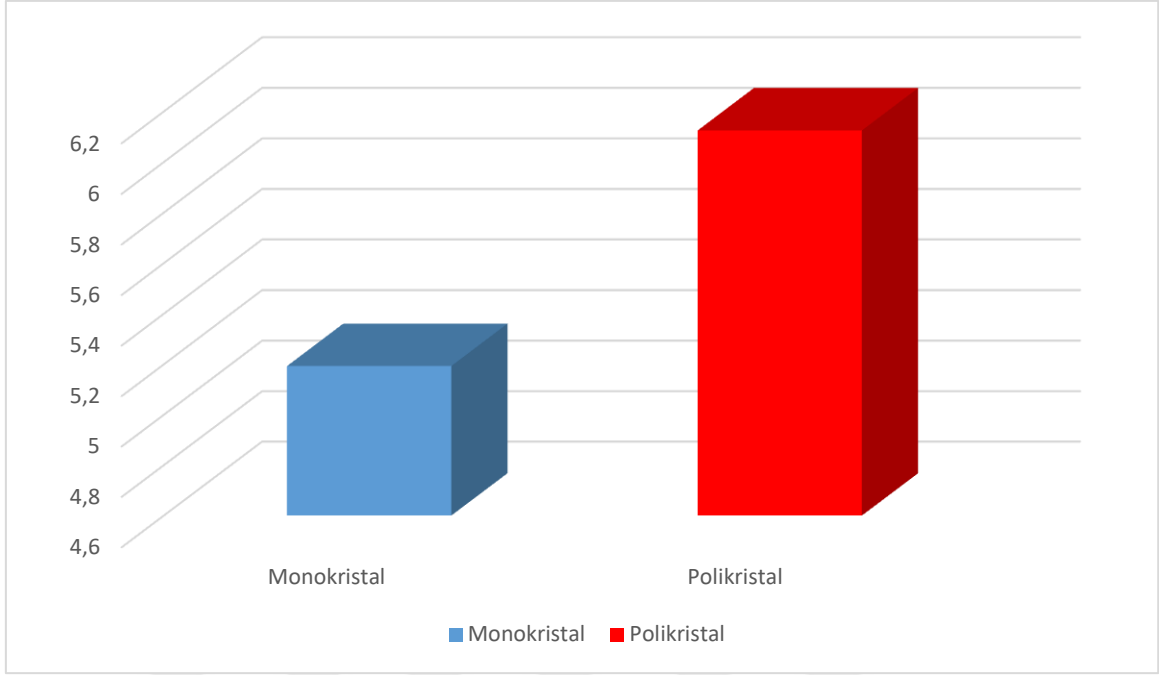
6.5.2. Kristal Yapıya Göre ΔE_2 Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 24: ΔE_2 değerlerine ait iki yönlü ANOVA sonuçları

	Kareler toplamı	sd	Kareler ortalaması	F	p
Grup	41,683	1	41,683	36,158	<0,001
Solüsyon	1577,402	3	525,801	456,107	<0,001
Grup * Solüsyon	25,719	3	8,573	7,437	<0,001

sd: serbestlik derecesi, F: Varyans analisi test istatistiği

Grup ana etkisi ΔE_2 değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır ($p < 0,001$). Monokristal grubunun ΔE_2 ortalaması 5,19 ve polikristal grubunun ΔE_2 ortalaması 6,12 olarak elde edilmiştir. Gruplara göre ΔE_2 değerlerinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Bu farklılık monokristal grubunun ortalamasının polikristal grubunun ortalamasından düşük olarak elde edilmesinden kaynaklanmaktadır. Kristal yapıya göre ΔE_2 değerlerinin karşılaştırılması Şekil 21’de gösterilmektedir.



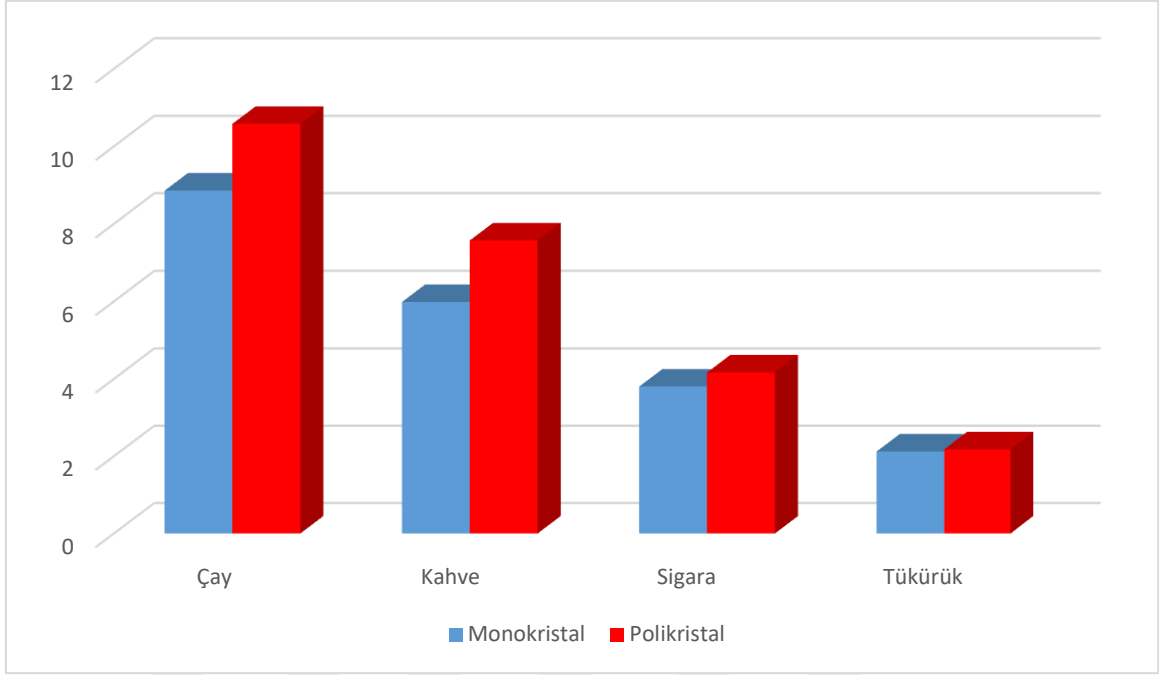
Şekil 21: Kristal yapıya göre ΔE_2 değerlerinin karşılaştırılması

Grup ve Solüsyon etkileşiminin ΔE_2 değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır ($p < 0,001$). En yüksek ortalama değer Polikristal-Çay etkileşimi sonucu elde edilmiştir. Bunu sırasıyla, Monokristal-Çay, Polikristal-Kahve, Monokristal-Kahve, Polikristal-Sigara ve Monokristal-Sigara etkileşimi takip etmiştir. En düşük ortalama değer tükürük etkileşimlerinde görülmüştür. Sigara ve tükürük grubu kendi içerisinde anlamlı bir fark oluşturmamıştır. Çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 25’te sunulmuştur.

Tablo 25: ΔE_2 değerlerine ait çoklu karşılaştırma sonuçları

	Monokristal	Polikristal
Çay	$8,86 \pm 1,81^E$	$10,58 \pm 1,24^F$
Kahve	$5,98 \pm 0,98^C$	$7,57 \pm 0,72^D$
Sigara	$3,8 \pm 1,02^B$	$4,17 \pm 1,07^B$
Tükürük	$2,12 \pm 0,55^A$	$2,18 \pm 0,61^A$
Toplam	$5,19 \pm 2,79^a$	$6,12 \pm 3,36^b$

a-b: Aynı harfe sahip gruplar arasında fark yoktur, A-E: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.



Şekil 22: Kristal yapı ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_2 değerlerinin gösterilmesi

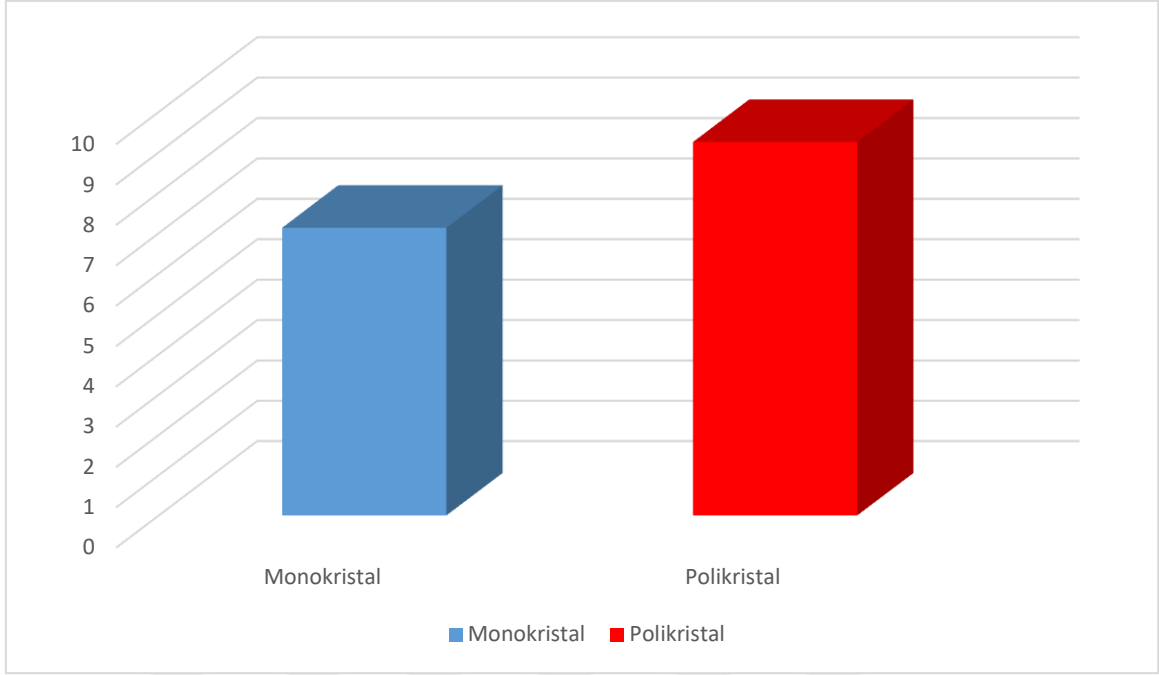
6.5.3. Kristal Yapıya Göre ΔE_3 Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 26: ΔE_3 değerlerine ait iki yönlü ANOVA sonuçları

	Kareler toplamı	sd	Kareler ortalaması	F	p
Grup	216,014	1	216,014	107,824	<0,001
Solüsyon	3177,296	3	1059,099	528,652	<0,001
Grup * Solüsyon	111,309	3	37,103	18,52	<0,001

sd: serbestlik derecesi, F: Varyans analisi test istatistiği

Grup ana etkisi ΔE_3 değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır ($p < 0,001$). Monokristal grubunun ΔE_3 ortalaması 7,13 ve polikristal grubunun ΔE_3 ortalaması 9,25 olarak elde edilmiştir. Gruplara göre ΔE_3 değerlerinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Bu farklılık monokristal grubunun ortalamasının polikristal grubunun ortalamasından düşük olarak elde edilmesinden kaynaklanmaktadır. Kristal yapıya göre ΔE_2 değerlerinin karşılaştırılması Şekil 23'te gösterilmektedir.



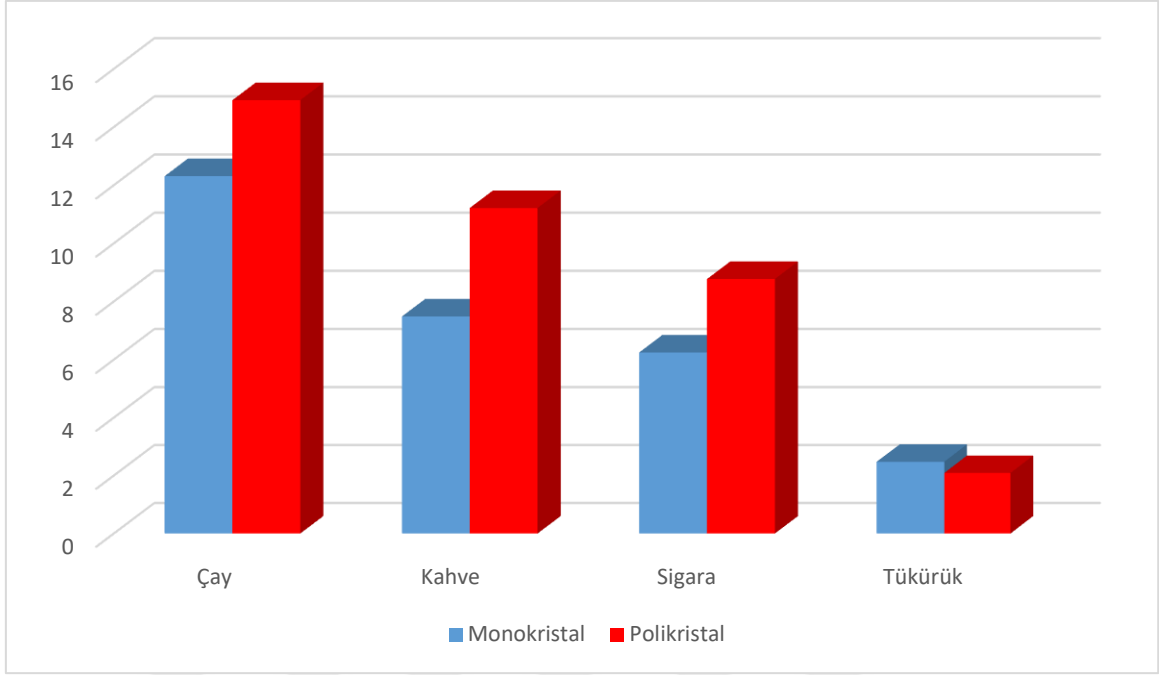
Şekil 23: Kristal yapıya göre ΔE_3 değerlerinin karşılaştırılması

Grup ve Solüsyon etkileşiminin ΔE_3 değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır ($p < 0,001$). En yüksek ortalama değer Polikristal-Çay etkileşiminde elde edilmiştir. Bu grubu Monokristal-Çay ve Polikristal-Kahve grubu takip etmiştir. Bu iki grup arasında anlamlı bir fark yoktur. En düşük ortalama değer tükürük gruplarında elde edilmiştir. Çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 26’da sunulmuştur.

Tablo 27: ΔE_3 değerlerine ait çoklu karşılaştırma sonuçları

	Monokristal	Polikristal
Çay	12,31 ± 2,41 ^D	14,92 ± 1,57 ^E
Kahve	7,48 ± 1,25 ^B	11,22 ± 0,84 ^D
Sigara	6,25 ± 1,45 ^B	8,77 ± 1,7 ^C
Tükürük	2,47 ± 0,56 ^A	2,09 ± 0,39 ^A
Toplam	7,13 ± 3,85 ^a	9,25 ± 4,86 ^b

a-b: Aynı harfe sahip gruplar arasında fark yoktur, A-E: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.



Şekil 24: Kristal yapı ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_3 değerlerinin gösterilmesi

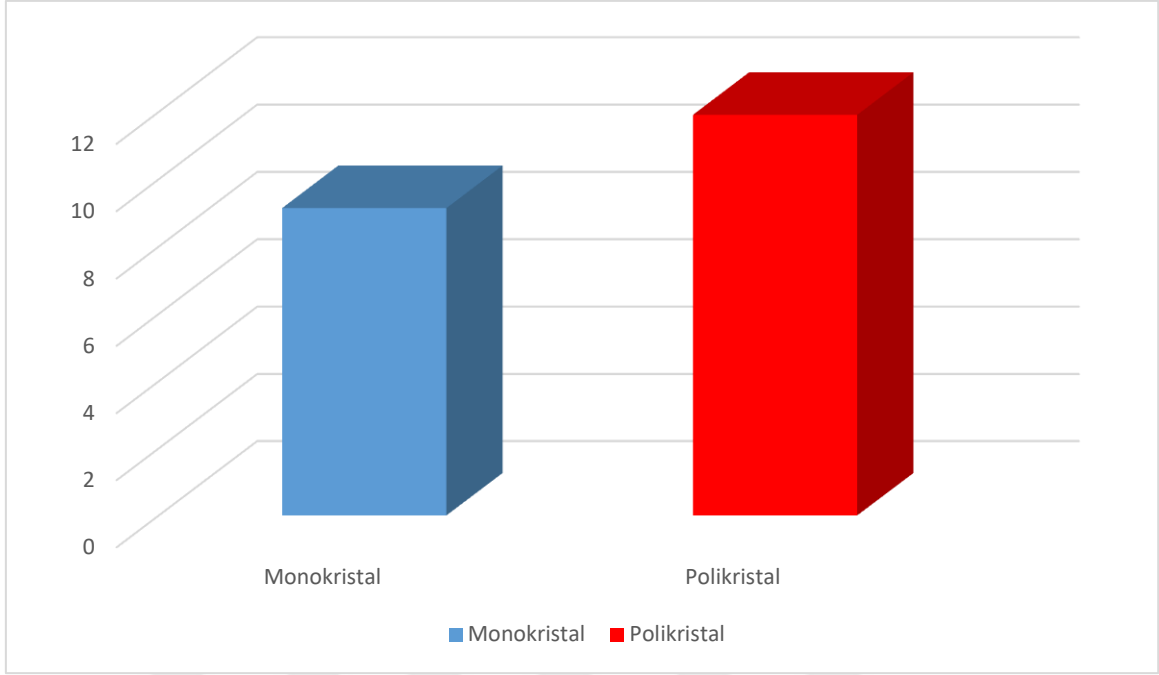
6.5.4. Kristal Yapıya Göre ΔE_4 Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 28: ΔE_4 değerlerine ait iki yönlü ANOVA sonuçları

	Kareler toplamı	sd	Kareler ortalaması	F	p
Grup	368,517	1	368,517	143,642	<0,001
Solüsyon	5254,062	3	1751,354	682,651	<0,001
Grup * Solüsyon	147,984	3	49,328	19,227	<0,001

sd: serbestlik derecesi, F: Varyans analisi test istatistiği

Grup ana etkisi ΔE_4 değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır ($p < 0,001$). Monokristal grubunun ΔE_4 ortalaması 9,139 ve polikristal grubunun ΔE_4 ortalaması 11,91 olarak elde edilmiştir. Gruplara göre ΔE_4 değerlerinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Bu farklılık monokristal grubunun ortalamasının polikristal grubunun ortalamasından düşük olarak elde edilmesinden kaynaklanmaktadır. Kristal yapıya göre ΔE_2 değerlerinin karşılaştırılması Şekil 25'te gösterilmektedir.



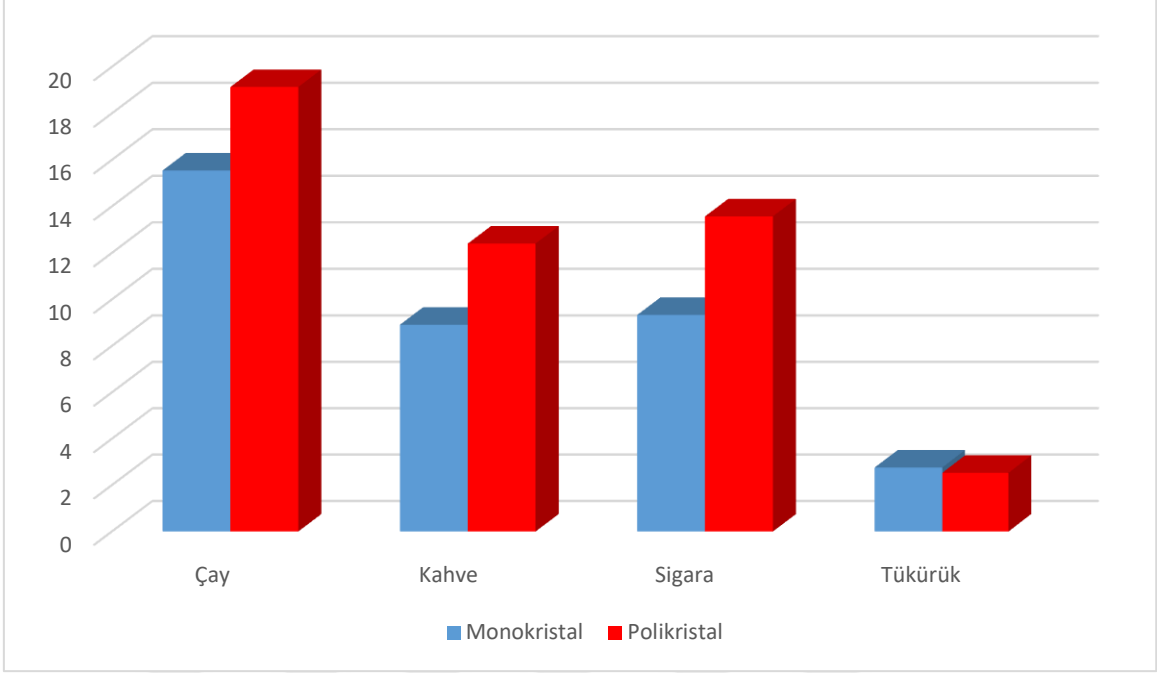
Şekil 25: Kristal yapıya göre ΔE_4 değerlerinin karşılaştırılması

Grup ve Solüsyon etkileşiminin ΔE_4 değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır ($p < 0,001$). En yüksek ortalama değer Polikristal-Çay etkileşiminde elde edilmiştir. Bu gruptan sonra en yüksek ortalama değer Monokristal-Çay etkileşiminde elde edilmiştir. Bunları sırasıyla Polikristal-Sigara ve Polikristal-Kahve etkileşimi takip etmiştir ve bu iki grup arasında anlamlı bir fark yoktur. Renklendirici ajanlar içerisinde en düşük ortalama değerler sırasıyla Monokristal-Sigara ve Monokristal-Kahve etkileşiminde görülmüştür ve bu iki grup arasında anlamlı bir fark yoktur. Tükürük grupları içerisinde anlamlı bir fark yoktur. Çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 29’da sunulmuştur.

Tablo 29: ΔE_4 değerlerine ait çoklu karşılaştırma sonuçları

	Monokristal	Polikristal
Çay	15,55 ± 2,14 ^D	19,14 ± 2,15 ^E
Kahve	8,91 ± 1,23 ^B	12,4 ± 1,19 ^C
Sigara	9,34 ± 1,31 ^B	13,57 ± 2,46 ^C
Tükürük	2,76 ± 0,72 ^A	2,53 ± 0,38 ^A
Toplam	9,14 ± 4,76 ^a	11,91 ± 6,26 ^b

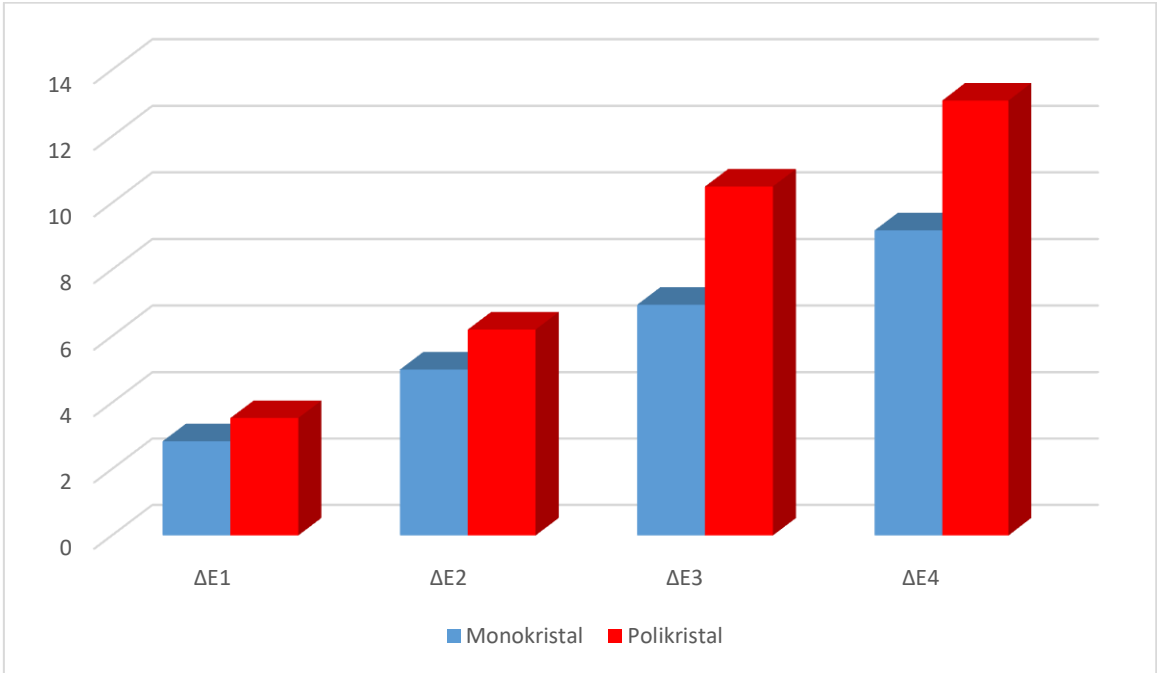
a-b: Aynı harfe sahip gruplar arasında fark yoktur, A-E: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.



Şekil 26: Kristal yapı ve solüsyon etkileşimine bağlı olarak ΔE_4 değerlerinin gösterilmesi

6.5.5. Monokristal ve Polikristal Grupların Zamana Göre Renklenmesinin Karşılaştırılması

Monokristal ve polikristal yapıdaki braketlerin t_1 , t_2 , t_3 , t_4 zamanlarında solüsyondan bağımsız olarak ölçülen ΔE değerleri Şekil 27’de gösterilmektedir.



Şekil 27: Farklı kristal yapıdaki braketlerin farklı zamanlarda ölçülen ΔE değerlerinin karşılaştırılması

7. TARTIŞMA

7.1. Amaç, Gereç ve Yöntemin Tartışılması

Ortodonti hastaları, özellikle yetişkinler, giderek daha fazla estetik uygulamalar talep etmektedir. Dişlerin ve ortodontik uygulamaların görünümünün yüz estetiği ve çekiciliği, dolayısıyla sosyal etkileşimler üzerinde doğrudan etkileri vardır (105). İsveç'te 27 yaşındaki kişilere yapılan bir ankette, katılımcıların %67'si gerektiğinde metal braketlerle ortodontik tedaviyi kabul edeceklerini söylemişlerdir ve bu da yetişkinlerin üçte birinin estetik olmayan braketlerle tedaviyi reddettiğini göstermektedir (106). Bununla birlikte bu oranın, estetiğin daha fazla önemsendiği ve talep gördüğü ülkelerde daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

Şeffaf braketler, özellikle estetik beklentisi yüksek hastalarda en sık tercih edilen braketlerdir. Ancak uzun süren ortodontik tedavilerde braketlerde meydana gelen renk değişimi hastalarda memnuniyetsizliğe neden olabilir. Tedavi boyunca renk stabilitesi bu tür materyallerin en önemli özelliklerinden biri olsa da literatürde bu konu hakkında sınırlı sayıda çalışma vardır. Yapılan bu çalışmayla renk değişikliğinin hangi zaman aralıklarından sonra rahatsız edici olduğunu ve ülkemizde sıklıkla tüketilen potansiyel renklendirici ajanlar karşısında doğru braket seçimini belirlemeyi amaçladık.

Bir materyalin renk stabilitesinin değerlendirilmesi, nesnelerin yansıtıcı özelliklerini ölçmek için tasarlanmış özel bir ekipman veya karşılaştırmalı görsel değerlendirme yoluyla yapılabilir. Görsel değerlendirmenin yanı sıra, diş hekimliğinde renk tayininde kullanılan spektrofotometre ve kolorimetre gibi cihazlar, renk değerlendirmesindeki öznel hataları ortadan kaldırır ve düz yüzeylerde en küçük renk değişikliklerini belirlemede hassas, istikrarlı ve tekrarlanabilir ölçüm yapmamızı sağlar. Kolorimetreler seçilen renklerden yansıyan ışın miktarını ölçer ve renk değerlerini Commission Internationale d'Eclairage'nin belirlediği CIE Lab renk sistemini kullanarak belirler. Yapılan çalışmalar kolorimetre ile elde edilen değerlerin yüksek doğruluk derecesinde tekrarlanabilir olduğunu göstermiştir (64, 76). Ayrıca kolorimetre ve spektrofotometre ölçümleri arasında belirgin bir fark olmadığı gösterilmiştir (107).

Estetik braketlerin rengini ölçmeyle ilgili teknik zorluk, braketler üzerinde renk değerlendirmesi yapılan çalışmaların eksikliğini temel nedeni olabilir. Zorluk braket geometrisinden, küçük ve düzensiz morfolojisinden ve düz yüzeyleri ölçmek için

tasarlanan cihazların dezavantajından kaynaklanır. Braketin bukkal yüzeyinden yapılan değerlendirme, braketin slot ve kanatlarının gölgesinden etkilenebilir. Bu alanlar ayrıca seramik braket yapısının gerçek renklenmesini kamufle edebilecek, renklendirici pigmentlerin birikimi için büyük bir potansiyel alan yaratmaktadır (7). Bu nedenle renk ölçümlerinin doğruluğunu arttırmak adına, daha önce yapılan bir çalışmaya (11) benzer şekilde braket tabanını düzleştirdik ve ölçümleri bu yüzeyden yapmaya karar verdik.

Ayrıca dar açıklığa sahip kolorimetre cihazlarının, ölçüm yapılan materyalden yansıyan ışığın cihaza tam olarak geri dönememesi (edge-loss effect) gibi dezavantajları bulunmaktadır (65). Bu hatayı en aza indirmek için, yapılan eski çalışmalara benzer şekilde (7, 12, 33, 105, 108) cihazın uç çapından (3mm) daha geniş alana sahip olan üst santral braketlerini kullanmayı tercih ettik.

Kolorimetre ile yapılan renk ölçümü sırasında dikkat edilmesi gereken bir nokta da yüzeyden yansıyan ışıktır. Rengi ölçülecek materyal translüsent bir yapıya sahipse ve örnek kalınlığı az ise ışık örnek içerisinden geçerek zeminden yansır ve bu da renk ölçümünü etkiler. Ancak standart bir zemin kullanıldığında bu etki en aza indirilmiş olur (109). Bu nedenle tüm ölçümlerimizi standart bir zemin üzerinde gerçekleştirdik. Ayrıca renk ölçümü standart bir aydınlatıcı altında yapılmıştır. Çalışmamızdaki amaç renk farkı değerlendirmesi olduğu için aydınlatıcı seçimi önemli değildir (110).

Çalışmamızda braket tabanına herhangi bir adeziv materyal uygulanmamıştır. Göz önüne alınması gereken bir değişken de ortodontik yapıştırıcıların renklenme potansiyelidir. Yapıştırıcının renklenmesi, özellikle translüsent olan braketlerin görünümünü potansiyel olarak değiştirebilir. Bu nedenle braketlerin dış yüzeyine yapıştırılıp renk değişikliğinin değerlendirilmesi klinik ortamı daha iyi temsil etmesi adına önerilebilir. Ancak yapıştırılan braketin sökümü sırasında kırılabilmesi ihtimali nedeniyle ve braketin bukkal yüzeyi üzerinden yapılan ölçümlerin hatalı sonuçlar verebilmesi nedeniyle çalışmamızı adeziv kullanmadan gerçekleştirdik (38, 42, 111). Ayrıca sadece braketlere bağlı değişimleri değerlendirmek adına çalışmamızı bu şekilde yapmak daha doğru sonuçlar elde etmemizi sağlayacaktır.

Dış hekimliğinde ilk estetik braketler plastik bir malzeme olan polikarbonat'tan geliştirilmiştir. Ancak bu braketler yeterli mekanik özelliklere sahip olmadığından ve ağız ortamında renklenmeye karşı düşük direnç göstermelerinden dolayı günümüz ortodonti

alanında yerini seramik braketlere bırakmıştır (33, 112). Bu nedenle çalışmamıza plastik braketler dahil edilmemiştir.

Dental teknolojinin ve materyallerin gelişmesiyle beraber seramik braketlerin de teknik ve estetik özellikleri gelişmiştir. İdeal bir estetik braket, doğal dişlerin rengiyle uyumlu olmalıdır. Doğal dişlerin renk koordinatları ırka, cinsiyete ve yaşa göre değişmektedir. Bu nedenle braketlerin rengi ve translüsentliği ideal görünümü elde etmek adına yeterli özelliklere sahip olmalıdır (105).

Seramik braketler estetik olarak metal olanlara göre avantajlı olsa da, uzun dönemde gösterdikleri renk kararlılıkları tartışmalıdır. Daha önce yapılan çalışmalarda dental seramiklerin, yiyecek ve içeceklerde yaygın olarak bulunan pigmentlerden dolayı ağız ortamında renk değiştirdiği gösterilmiştir (16, 17, 47, 113, 114). Bununla birlikte literatürde, seramik braketlerin renk değişimlerini ve bu değişikliklere yol açan faktörleri inceleyen sınırlı sayıda çalışma vardır.

Protetik ve restoratif diş hekimliği ürünlerinin renk değişikliğini incelemek için çeşitli teknikler kullanılmıştır. İn vitro simülasyonlarda çeşitli solüsyonlara daldırma yoluyla ve hızlı yaşlandırma yöntemiyle kümülatif renk değişikliği incelenmiştir. Solüsyon türü ve maruz kalma süresinin renk değişimi üzerinde önemli bir etkisi olduğu gösterilmiştir. Birçok çalışmada çay, kahve, meyve suyu, şarap, kola ve sigaranın dental materyallerde renk değişikliğine neden olduğu gösterilmiştir (115-119). Bizim çalışmamızda ise renklendirici ajan olarak ülkemizde sıklıkla tüketilen çay, kahve ve sigara tercih edilmiştir.

Daha önce yapılan in vitro çalışmalarda kontrol grubu örnekleri yapay tükürük veya distile su içerisinde bekletilmiştir (102, 119, 120). Lee ve arkadaşları (121) yaptıkları bir çalışmada rezin kompozitleri distile su ve yapay tükürük içerisinde beklettikten sonra estetik parametreler açısından karşılaştırmış ve translüsensi gibi özellikler açısından gruplar arasında fark oluşmadığını bildirmişlerdir. Biz çalışmamızda ağız ortamını daha iyi taklit edebilmek adına kontrol gruplarını yapay tükürük solüsyonunda bekletmeyi tercih ettik.

Yapılan çeşitli çalışmalarda, kahvenin seramikler ve rezin kompozitler üzerinde renklendirici etkisi olduğu gösterilmiştir (122-124). Kahve üreticileri, bir fincan kahve tüketmek için harcanan ortalama sürenin 15 dakika ve günlük tüketilen ortalama kahve sayısının 3.2 fincan olduğunu belirtmişlerdir (102, 119). Bazzi ve arkadaşları (125) bu

süreyi baz alarak, mine üzerinde kahvenin etkilerini inceledikleri bir çalışmada, örnekleri 72 saat kahve solüsyonunda bekletmiş ve bunun üç aylık in vivo maruziyete denk geldiğini söylemiştir. Gönülol ve arkadaşları (126) nanokompozitler üzerinde yaptıkları çalışmada örnekleri 48 saat boyunca 37 °C'de etüvde bekletmiştir ve bu sürenin in vivo olarak iki aylık kahve içimine denk geldiğini belirtmiştir. Bu hesaplama göre, in vitro ortamda örneklerin kahvede 24 saat bekletilmesi, 1 aylık kahve tüketimini göstermektedir. 7 günlük bekletme 7 ay, 14 günlük bekletme 14 ay, 21 günlük bekletme işlemi ise 21 aylık ortodontik tedavi süresi boyunca seramik braketlerin kahve lekelerine karşı duyarlılığını simüle etmektedir. Bu hesaplama her bir kişi için kişiselleştirilebilir, böylece renk değişikliği riski, ortodontist tarafından beklenen tedavi süresine ve in vitro çalışmalar tarafından sağlanan ortalama renk değişimi hakkındaki bilgilere göre tahmin edilebilir.

Literatür incelendiğinde çayın dental materyaller üzerinde renklendirici etkisini gösteren birçok çalışma mevcuttur (79, 102, 119, 127). Ertaş ve arkadaşları (102) yaptıkları çalışmada rezin kompozitlerin renk stabiliteilerini araştırmışlardır. Hazırladıkları çay solüsyonunda örnekleri 24 saat bekletmişlerdir. Çalışmada belirttikleri üzere 24 saatlik maruziyet in vivo ortamda 1 aya denk gelmektedir. Bu konuda yapılmış genel literatür tarandığında örneklerin 24 saat boyunca 37 °C'de etüvde çay solüsyonunda bekletilmesinin 1 aya denk geldiğini belirten çalışmalar ağırlıktadır. Biz de bu çalışmalara paralel olarak ve çalışma içerisindeki gruplar arasında standardizasyonu sağlamak adına örnekleri tüm solüsyonlarda aynı sürede ve uygulama şekliyle bekletmeyi tercih ettik.

Literatürde sigara içmenin sonuçlarını değerlendiren birçok çalışma vardır, bununla birlikte estetik braketler üzerinde renklendirici etkilerini inceleyen herhangi bir çalışma yoktur. İmirzalıoğlu ve arkadaşları (127) çay, kahve ve nikotinin akrilik rezin protezlerin renk stabilitesi üzerindeki etkilerini araştırmış ve her boyama çözeltisi ile renk değişiminin insan gözüyle algılanabileceğini bulmuşlardır. Mathias ve arkadaşları (128) sigara içmenin nano dolgulu kompozit rezinlerde önemli renk değişikliğine neden olduğunu bulmuştur. Zanetti ve arkadaşları (129) yaptıkları çalışmada diş dokuları ve kompozit restorasyonları üzerinde üç haftalık sigara dumanı maruziyetinden sonra belirgin renk değişiklikleri oluştuğunu göstermiştir. Belli ve arkadaşları (124) laminate materyallerinin renk stabilitesini değerlendirmiştir. İki farklı kompozit malzeme ve bir dental porselen kullanarak hazırladıkları örnekleri bir ay boyunca çay, kahve ve sigara dumanına maruz bırakmışlardır. Örneklerin en çok sigara dumanından etkilendiklerini göstermişlerdir.

Sigara içme alışkanlığı en büyük halk sağlığı problemlerinden biridir. Dünya Sağlık Örgütü'nün 2020 yılında açıkladığı verilere göre tütün ve tütün ürünlerinden dolayı dünyada her yıl 8 milyondan fazla insan hayatını kaybetmektedir. Dünya genelinde 1,3 milyar tütün kullanıcısının %80'inden fazlası düşük ve orta gelirli ülkelerde yaşamaktadır ve Türkiye ülkelere göre sigara kullanma oranında dünyada 40. sırada yer almaktadır (130, 131). Ülkemizde, özellikle yetişkinlerde sigara kullanımının yaygın olduğunu düşünerek çalışmamıza renklendirici ajan olarak sigarayı da dahil ettik.

Sigara dumanı 6000'den fazla kimyasal bileşen içeren, gaz ve parçacık halinde olan karmaşık bir yapıdır. Gaz fazı, sigara dumanının fiber filtreden geçecek kısmı olarak tanımlanır. Katran olarak da bilinen partikül fazı ise fiber filtre üzerine yapışan kısımdır ve çapı 0.1µm ila 1 µm arasında değişen parçacıklardan oluşur (132). Sigara dumanına maruz kaldıklarında, katran içindeki pigmentli bileşikler cilt, tırnaklar ve dişler gibi yüzeylerde birikip renk bozulmasına neden olabilmektedir. Bu bağlamda, renklenme derecesinin sigara içilirken üretilen katran miktarıyla orantılı olduğu ve katran miktarının artmasıyla lekelenmenin arttığı düşünülmektedir. Sigara dumanından partikül fazını uzaklaştırmak yada azaltmak, sigaraya bağlı renklenme riskini büyük ölçüde azaltacaktır. Zhao ve arkadaşları (133) yaptıkları çalışmada kompozit restorasyonları sigara dumanı ve elektronik sigara dumanına maruz bırakmışlardır. Elektronik sigara kullanımıyla tütünün yanması sonucu oluşan birikintilerin azaltılması veya ortadan kaldırılmasıyla, sigara dumanının kompozit restorasyonların rengi üzerindeki etkisinin azaldığını göstermişlerdir. Ayrıca sigara dumanı diş ve restorasyonlarla temas ettiğinde tüm restorasyonların klinik başarısı ve önemli mekanik özellikleri olarak kabul edilen, yüzey pürüzlülüğüne, yüzey sertliğine ve dişle bağlanmada başarısızlığa neden olabilir (134).

Literatürde estetik restoratif materyallerin sigara dumanına maruz bırakılma şeklini standartlaştıran çok fazla çalışma yoktur. Bu çalışmalar, sigara dumanının etkisini, kullanılan ekipman tipini, sigara sayısını, duman akışını ve maddenin sigaraya maruz kalma süresini standardize etmeden araştırmışlardır. Mathias ve arkadaşları (128) iki bölmeden oluşan hermetik olarak kapatılmış bir alet geliştirmişlerdir. İlk bölmeye yerleştirilen sigaralar yakılmış ve çıkan dumanın vantilatör yardımıyla hava akımı oluşturulup ikinci bölmedeki örneklerin üzerine gönderilmesi sağlanmıştır. Günde iki kez 10'ar sigara kullanarak 21 gün boyunca bu işlemi tekrarlamışlardır. Wasilewski ve arkadaşları (135) benzer şekilde geliştirdikleri makinede vantilatör yerine vakum cihazı

kullanmışlardır. Yakılan sigaraların dumanı vakum cihazı yardımıyla örnekler üzerine gönderilmiştir. Tek seferde beş sigara kullanmışlardır ve bunu günde dört kez tekrarlamışlardır. Patil ve arkadaşları (136) yaptıkları çalışmada benzer şekilde vakum cihazı kullanmışlardır. Tek seferde bir sigara kullanmış olup örnekleri günde altı sigara dumanına bırakmışlardır ve bu işlemi 21 gün boyunca tekrarlamışlardır. Tüm sistemlerde örneklerin bulunduğu bölmeye sigara dumanının tahliyesi için ayrıca bir delik açılmıştır. Biz de çalışmamızda benzer bir sistem uygulayarak, örnekleri bir günde dört kere olmak üzere toplamda 20 sigaraya maruz bıraktık.

CIE Lab ve ΔE , diş hekimliği alanında birçok araştırmada tercih edilmekte ve literatürde en sık kullanılan renk ölçüm sistemi olarak ifade edilmektedir. Yaptığımız çalışmada, sonuçları değerlendirirken ΔE değerlerinin kullanılması, L^* , a^* , b^* değerlerinin ayrı ayrı kullanılmasından daha anlamlıdır. Çünkü ΔE değeri belirli bir zaman aralığında uygulanan çeşitli işlemler sonucunda herhangi bir materyalde meydana gelen renk değişikliğinin bir gözlemci tarafından algılanabileceği bir değerdir (117).

Kompozit rezin ve protetik restorasyonlarla yapılan çalışmalarda bu değerlendirme kriterine göre, elde edilen ΔE değeri 0-0,5 arasında ise renk değişikliği son derece düşük, 0,5-1,5 arasında ise düşük, 1,5-3 arası klinik olarak fark edilebilir ancak kabul edilebilir, 3-6 arası klinik olarak kabul edilemez, 6-12 arası şiddetli renk değişikliği, 12 üzerinde ise başka bir renge dönme olarak ifade edilir (137).

Yapılan çalışmalarda klinik olarak kabul edilebilirlik eşik değerinin ne olacağı konusunda belirsizlik vardır. İlk olarak gözlemciye bağlı olmakla beraber, insan gözünün algılayabildiği renk farklılıkları nesne, nesnenin optik şekli, gözlem mesafesi gibi birçok faktörün etkileyebileceği ve bu nedenle kabul edilebilir renk değişikliği eşik değerinin çok farklı olabileceği bildirilmiştir (81, 138).

Faltermeier ve ark. (33) ultraviyole ışına ve boyama çözeltilerine maruz kaldıktan sonra estetik braketlerin renk stabilitesini araştırmıştır. Yazarlar, ortalama değer ΔE 3.3'ten büyük olduğunda renk değişikliğinin klinik olarak kabul edilemez olduğunu belirtmişlerdir. Klinik olarak algılanabilir renk değişikliğinin $5 < \Delta E < 10$ olduğunu iddia eden farklı bir çalışma da mevcuttur. Araştırmacı ayrıca, braketlerdeki kesin bir renk değişikliği olduğunu söyleyebilmek için ΔE değerinin ortalama 10'dan büyük olduğunu iddia etmektedir (139). Bununla birlikte, Lee ve arkadaşları (12) termosiklüs sonrası estetik braketlerin renk parametrelerine ek olarak, yansıyan ve iletilen renkteki değişiklikleri

değerlendirdi ve ΔE değerinin 3.7 olmasının, renk değişiminin klinik olarak algılanması için eşik değer olduğunu belirtti. Ortodonti alanında elastik ligatürler üzerinde yapılan çalışmalarda, klinik koşullar altında 3,7 ve daha yüksek ΔE değerlerinin kabul edilebilir eşik değer üzerinde olduğu bildirilmiştir (97, 99, 140-144). Çalışmaların birçoğu çalışma ΔE 3.7 birimlik değişikliğin gözle fark edilebildiğini kabul etmiştir. Literatürde dental materyallerin renk değişikliklerini değerlendirmek için sıklıkla bu değer kullanılmıştır. Ne yazık ki, braketleri değerlendirme kriterleri henüz net olarak tanımlanmamıştır. Yapılan bu araştırmalar göz önüne alınarak, biz de çalışmamızda klinik olarak kabul edilebilir ΔE eşik değerini 3,7 olarak değerlendirdik.

7.2. Çalışmamızın Sonuçlarının Tartışılması

Wriedt ve arkadaşları (139) 2007'de yaptıkları çalışmada üç polikristal seramik ve üç plastik braketi, çay, kahve, kırmızı şarap, portakal suyu, köri, tere ve kontrol grubu olarak distile suda bekletti veya UV yaşlandırma işlemine maruz bıraktı. 10 gün boyunca her gün renk değişimlerini incelemek amacıyla ölçüm yapıldı. Örnekleri bir gün solüsyonda bekletmenin renklendirici gıdaları az tüketime, beş gün bekletmenin sık, 10 gün bekletmenin ise aşırı tüketime karşılık geldiğini düşündüler. Ayrıca 5'ten büyük ΔE değerinin klinik olarak fark edilebilir değer olduğunu belirttiler. Çalışmanın sonuçlarına baktığımızda, köride bekletilen polioksümetilen yapıdaki plastik braket (Brillant, Forestadent), rengi birinci günde en fazla değişikliğe uğrayan gruptu. Köri solüsyonunda bekletilen diğer braketler ise görünür renk değişikliği göstermedi. Kırmızı şarap, çay ve kahvede bekletilen tüm braketlerde 5. günden sonra keskin bir renk değişikliği görüldü. 10. günden sonra, UV ışığına, tere ve portakal suyuna maruz kalan braketlerde ise görünür renk değişikliği gözlenmedi. Ölçülen renk farklılıkları, kontrol grubu ölçümleriyle aynı aralıkta kaldı. Ayrıca araştırmacı bu çalışmada polikristal seramik braketlerin plastik olanlara göre estetik açıdan daha kararlı bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde 1. gün sonunda hiçbir braket solüsyon etkileşiminde 5'ten büyük ΔE değeri gözlenmedi. Bu çalışmanın 5. günü ve bizim çalışmamızın 7. günü karşılaştırıldığında ve ortak olarak kullanılan çay ve kahve solüsyonları değerlendirildiğinde, bizim çalışmamızda sadece Inspire Ice braketi ve kahve etkileşiminde 7. gün sonunda 5'ten küçük olarak ΔE 4,84 değeri görülmüştür. Diğer tüm çay, kahve ve braket etkileşimlerinde 5'ten büyük değerler gözlenmiştir.

Faltermeier ve arkadaşları (33) 2007’de yaptıkları bir çalışmada dört farklı yapıdaki plastik braket UV ışık, kırmızı şarap, çay ve kahveye maruz bıraktıktan sonra 1. gün ve 3. gün sonunda renk ölçümü yaptı. Çalışmada klinik olarak fark edilebilir ΔE değeri 3,3 olarak belirtilmiştir. 1. gün sonunda incelenen tüm braketler, kırmızı şarapta bekletildikten sonra önemli renk değişimleri gösterdi. 3. günden sonra tüm braket ve solüsyon etkileşimlerinde klinik olarak kabul edilebilir eşik değer üzerinde renk değişikliği gözlemlendi. Bu sonuca dayanarak, plastik braketlerin erken dönemde renklenmeye başladıklarını belirttiler. Solüsyonlar kendi aralarında değerlendirildiğinde, kırmızı şaraptan sonra en fazla renklenmeye neden olan ajan kahveydi. Bizim çalışmamızda da 1. günün sonunda en fazla renklenmeye neden olan solüsyon aynı şekilde kahve oldu. Plastik braketlerin ağız ortamında renklenmeye karşı dirençli olmadıklarını daha önce de belirtmiştik (112). Biz çalışmamızda sadece seramik braketleri kullandığımız için, renk stabilitesi açısından bu iki çalışmanın verilerini karşılaştırmak doğru olmayacaktır.

Lee ve arkadaşları (12) 2008’de yaptıkları bir çalışmada dört plastik, üç polikristal ve bir monokristal seramik braketin, 5.000 döngülük termal yaşlandırma uygulandıktan sonra, yansıyan ve iletilen renk parametrelerindeki değişiklikleri incelemişlerdir. Termal siklus ile yaşlandırma genellikle estetik restoratif materyallerin renk stabilitesini belirlemek adına, yaşlanma sürecini hızlandırmak için kullanılır ve 10.000 döngü bir yıllık klinik yaşlanmaya eşdeğerdir (145). Çalışmanın sonuçlarına göre, iletilen renk değişikliği parametresine bakıldığında, hiçbir braket ΔE 3,7’den büyük değer göstermemiştir. Yansıyan renk değişiklikleri ise ΔE 1,4 ila 6,4 arasında bulunmuştur. Bizim çalışmamızda da incelenen Inspire Ice braket ΔE 1,9, Clarity Advanced braket ise ΔE 1,4 değeri ile klinik olarak fark edilebilir renk değişikliği göstermemiştir.

Mendonça ve arkadaşları (28) 2011’de yaptıkları bir çalışmada iki plastik, iki polikristal seramik braket kahve, kola, ağız gargarası ve distile suda beklettikten sonra 1. 3. 7. 10. ve 14. gün sonunda renk ölçümü yaptılar. Markanın, solüsyonun ve bekleme süresinin renk değişim derecesini etkilediğini gösterdiler. Kahve tüm braket markalarında en çok renklenmeye sebep olan solüsyondu. Bu çalışmadan farklı olarak bizim çalışmamızda çay solüsyonu da değerlendirilmiştir. İki çalışmanın 7. ve 14. Günü karşılaştırıldığında bizim çalışmamızda da benzer şekilde çaydan sonra en fazla renklendirici etkisi olan solüsyon kahveydi. Distile su ve ağız gargarası hiçbir braket grubunda klinik olarak farkedilebilir ($\Delta E > 3,7$) renk değişikliği oluşturmamıştır. Seramik

braketler polikarbonat braketlerden daha iyi renk performansı göstermesine rağmen, bu in vitro çalışma, bu üstünlüğün her zaman doğru olmadığını göstermiştir. Test edilen braketler arasında, seramik braketlerden biri (Invu, TP Orthodontics) tüm zamanlarda en yüksek ΔE değerini gösterirken diğeri (Transcend, 3M Unitek) en düşük değerleri göstermiştir. Labaratuvar sonuçları ve klinik deneyimle beraber braket seçimine karar verilmesi gerektiği sonucuna ulaşmışlardır. Bizim çalışmamızda farklı marka seramik braketler incelenmiştir ve plastik braketler dahil edilmemiştir. Bu nedenle iki çalışmanın sonuçları tam olarak karşılaştırılamamaktadır.

Akyalçın ve arkadaşları (146) 2012’de yaptıkları bir çalışmada beş plastik, üç polikristal ve iki monokristal braketi çay, kahve, kırmızı şarap, köri sosu ve kontrol grubu olarak yapay tükürük solüsyonuna maruz bıraktıktan sonra oluşan renk değişimlerini incelemiştirler. Bu çalışmada farklı olarak, örnekler tüketim sıklıklarına göre farklı sürelerde ilgili solüsyonlarda bekletilmiştir. 26 hafta (altı ay) süren çalışmada, örnekler toplamda çayda 60,7 saat, kahvede 60,7 saat, kırmızı şarapta 30,3 saat, köri sosunda ise 4,3 saat beklettikten sonra, yapay tükürük solüsyonuna yerleştirilip, 37 °C’de etüvde bekletilmiştir. 3. ve 6. ayda olmak üzere iki kez renk ölçümü yapılmıştır. İlk yapılan ölçümler değerlendirildiğinde, seramik braketler genel olarak plastik braketlerden daha az renk değişimi göstermiştir. Plastik braketlerden sadece biri (Spirit MB, Ormco) seramik braketlerle benzer renk değişikliği göstermiştir. Polikarbonattan yapılmış olmasına rağmen Spirit MB braketleri, renklenmeye direnç kazandırabilecek seramikle güçlendirilmiş bir brakettir. Seramik braketler kendi aralarında değerlendirildiğinde, monokristal yapıdaki Inspire Ice braketi en düşük, Radiance Plus braketi ise en yüksek renk değişimi gösteren gruptu. Bu sonuca dayanarak kristal yapının renklenmeye karşı olan direnci etkilemediğini belirttiler. İkinci yapılan ölçümler değerlendirildiğinde, polikristal yapıda olan Clarity Advanced en fazla renklenen braketti ve bunu yine polikristal yapıda olan NeoLeucen (Ortho Organizers) braketi takip etti. Bu sonuca dayanarak belli bir doygunluğa ulaştıktan sonra plastik braketlerin renk değişikliğine karşı daha iyi direnç gösterdiğini belirttiler. Bu çalışmanın genel sonuçları değerlendirildiğinde, estetik braketlerin ΔE değerleri karşılaştırılmasında, braket grupları arasında önemli farkların kanıtlandığı gibi, üretici markasına ve braket tipine büyük ölçüde bağlı olduğu gösterilmiştir. Ayrıca ΔE değerlerindeki değişiklikler de farklı tüketim senaryoları arasında önemli ölçüde farklı olmuştur. Bu çalışmanın ilk ölçümlerini bizim çalışmamızın 1. ve 7. gün sonunda yapılan ölçümlerle karşılaştırdığımızda benzer şekilde Clarity Advanced en düşük renk değişikliği

gösteren braketlerden biriydi. Ancak yine benzer şekilde 14. günden sonra tüm monokristal braketlerden daha fazla renk değişikliği gösteren braket markasıydı.

Maia ve arkadaşları (108) 2013'te yaptıkları bir çalışmada, 10 polikristal, iki monokristal ve dört plastik braketi, UV yaşlandırma uyguladıktan sonra yedi gün boyunca çay ve kahve solüsyonlarında beklettiler ve renk değerlendirmesi yaptılar. Çalışmanın sonunda elde edilen ΔE değerlerine bakıldığında monokristal yapıda olan Radiance Plus braketi en düşük (ΔE 1,3) değeri gösterdi. Bununla beraber diğer monokristal braket (Pure, Ortho Technology) tüm seramik ve plastik braketler arasında en yüksek (ΔE 10,8) renk değişikliği değerlerini gösteren braketlerden biriydi. Mendonça ve arkadaşlarının (28) yaptıkları çalışmaya benzer şekilde polikristal yapıdaki InVu braketleri en yüksek (ΔE 10,6) değerlerden birini gösterdi. Akyalçın ve arkadaşlarının (146) yaptıkları çalışmaya benzer şekilde seramikle güçlendirilmiş polikarbonat yapıdaki Spirit MB braketi, en düşük (ΔE 1,5) renk değişikliği gösteren braketlerden biriydi. Bunun dışındaki tüm plastik braketler 7. gün sonunda klinik olarak fark edilebilir ($\Delta E > 3,7$) renk değişikliği göstermiştir. Bizim çalışmamızda da ortak olarak kullanılan Clarity Advanced braketi bu çalışmada ΔE 3,3 değeriyle gözle görülür renk değişikliği göstermemiştir. Çalışmanın bulguları değerlendirildiğinde araştırmacılar, renk stabilitesinin sadece malzeme tipi ve kristal yapı bilinenek doğrulanamayacağı sonucuna varmıştır. Çalışmamızda ortak kullanılan braketler (Radiance Plus ve Clarity Advanced) değerlendirildiğinde, braketler, renk stabilitesi açısından paralel değerler göstermiştir.

Oliveira ve arkadaşları (11) 2014'te yaptıkları bir çalışmada iki monokristal (Inspire Ice ve Radiance Plus) ve iki polikristal yapıdaki seramik braketi kahve, çay, kırmızı şarap, kola ve yapay tükürük solüsyonunda beklettikten sonra 1. 7. 14. ve 21. günde renk ölçümlerini yapıp, meydana gelen renk değişikliklerini incelemişlerdir. Braket markaları, her solüsyon ve zaman periyodu için değerlendirilmiştir. Renk değişimi yalnızca $\Delta E > 3,7$ değerleri klinik olarak anlamlı kabul edilmiştir. Kola ve yapay tükürük solüsyonu hiçbir zaman diliminde çıplak gözle fark edilen önemli değişiklikler oluşturmamıştır. Buna karşın kahve, çay ve kırmızı şarap genel olarak 14. günden sonra görünür renk değişikliklerine neden olmuştur. Kahve solüsyonu, çoğu braket için 21. günden sonra en belirgin renk değişikliklerini oluşturmuştur. Bizim çalışmamızda ise sadece 1. gün sonunda yapılan ölçümlerde kahve en fazla renk değişikliğine neden olan solüsyondu. Bunun dışındaki tüm zamanlarda çay en fazla renk değiştiren solüsyon olarak belirlendi. Farklı

braket tipleri değerlendirildiğinde tüm markalar için artan bir renk değişikliği paterni vardı. Bununla birlikte aynı kristal yapıya sahip braketler aynı veya benzer renk değişikliği göstermedi. Başka bir ifadeyle, araştırmacılar monokristal veya polikristal yapının, braketlerin renk stabilitesini etkilemediği sonucuna ulaştılar. Bunu da bu braketlerin imalat sürecindeki standardizasyon eksikliğine bağlamışlardır. Diğer taraftan Inspire Ice braketi bizim çalışmamızda olduğu gibi bu çalışmada da en düşük renk değişikliği gösteren grup olmuştur.

Guignone ve arkadaşları (7) 2015'te yaptıkları bir çalışmada dört polikristal ve bir monokristal seramik braketi şarap, kahve, kola ve yapay tükürük solüsyonunda beklendikten sonra 1. 3. 7. ve 14. günde renk ölçümlerini yapmışlardır. Tüm braketler renklendirici ajanlara maruz kaldıktan sonra renk değişiklikleri göstermiştir. Kırmızı şaraba maruz kalma süresi, kaydedilen renklenme miktarını önemli ölçüde etkilemiştir. 1. 3. ve 7.gün sonunda kola ve kırmızı şaraba maruz kaldığında, monokristal (Radiance Plus) braketler en yüksek renk değişikliğini gösterse de 14. günden sonra aralarında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde Radiance Plus braketler, ilk ölçümlerde daha yüksek ΔE değerleri gösterse de, 14. günden sonra tüm polikristal braketlerden daha düşük değerler göstermiştir.

Akay, 2019 yılında yaptığı in vivo tez çalışmasında (147), dört monokristal ve dört polikristal seramik braketin, ışık geçirgenliğini ve renk değişikliğini değerlendirmiştir. Bu çalışma braketlerin renk stabilitesini değerlendiren tek in vivo çalışmadır. İncelenen braketler, ortodontik tedavisi devam etmekte olan hastaların maksiller sağ ve sol tarafındaki kanin ile birinci premolar ve birinci ile ikinci molar dişlerinin arasındaki ark teli üzerine ligatürler yardımıyla tutturulmuştur. Çalışmanın başlangıcında ve üç aylık in vivo maruziyet sonrası braketlerin renk değerlerini ölçmüşlerdir. Tüm braketlerde klinik olarak fark edilebilir, belirgin renk değişimi görülmüştür ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Çalışmanın sonuçlarına göre renk stabilitesi en iyi olan grup 20/40 Ceramic Bracket, en düşük grup ise Clarity Advanced braket grubuydu. Bizim çalışmamızda ise bunun tam tersi olarak, 20/40 Ceramic Bracket en fazla renk değiştiren gruptu. Braketler kristal yapılarına göre değerlendirildiğinde, monokristal ve polikristal gruplar arasında anlamlı bir fark kaydedilmemiştir. Ancak bu çalışmada monokristal ve polikristal braketlerin üç aylık süre ile taşındığı hasta grubu farklıdır. Dolayısıyla braketlerin maruz kaldıkları gıdalar ve içecekler farklılık göstermektedir. Ayrıca bu

çalışmada üç aylık kısa bir süre sonunda meydana gelen renk değişimleri değerlendirilmiştir. Uzun süreli tedavilerde, braketlerde oluşabilecek renk değişikliği değerleri farklılık gösterebilir. Bizim çalışmamızda ise toplamda 21 aylık klinik maruziyet taklit edilmiştir ve sonuçlar tam olarak karşılaştırılmamaktadır.

Yu ve arkadaşları (105) 2011'de yaptıkları çalışmada, yapay diş üzerine yerleştirmeden önce ve sonra plastik, monokristal ve polikristal seramik braketlerin renk değişikliklerini belirleyerek estetik renk performanslarını değerlendirdiler. Tüm braketler yapay diş üzerine yerleştirildiklerinde klinik olarak algılanabilir eşik değerin üzerine renk değişimi gösterdiler. Monokristal braketlerin yüksek translüsentliğinin, tek başına iyi bir renk performansı için yeterli olmadığı sonucuna ulaştılar.

Filho ve arkadaşları (148) 2012'de yaptıkları bir çalışmada 10 polikristal, iki monokristal ve dört plastik yapıda toplamda 80 adet estetik braketin rengi ile diş minesinin rengi arasındaki farkı değerlendirmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre polikristal braketlerin diş rengine göre fark edilebilir düzeyde açık renkte olduğu ve diş rengiyle uyumlu olmadığını belirtmiştir. Monokristal yapıdaki braketlerin ise doğal ışık altında diş rengine göre daha az fark edilebilir olduğunu belirtmiştir.

Bizim çalışmamızın sonuçlarına göre, solüsyonlardan bağımsız olarak, 1. gün sonunda meydana gelen renk değişimi incelendiğinde, sadece 20/40 Ceramic Bracket grubunda gözle görülür renk değişikliği meydana gelmiştir. Buna bağlı olarak renklendirici gıdalara hafif maruz kalmanın bile renklenmeye neden olabileceği gösterilmiştir. En fazla renk değişikliğine neden olan solüsyon kahvedir ve bu grubu çay takip etmiştir. Ancak iki solüsyon arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. 7. gün sonunda meydana gelen renk değişimi incelendiğinde, braketlerin birçoğunda gözlü görülür renk değişimi oluşmakla beraber en fazla renk değişikliği gösteren braketler sırasıyla polikristal yapıda olan 20/40 Ceramic Bracket ve Symetri Clear braketleridir. Solüsyonların ana etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek ortalama değer çay solüsyonunda görülmüştür. Kahvenin daha fazla renk değişikliğine neden olduğunu gösteren diğer çalışmaların aksine çay, bundan sonraki tüm ölçümler de dahil olmak üzere en fazla renk değişikliğine neden olan solüsyon olarak belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda kullanılan çayın farklı markada (Çaykur, Siyah Süzen Poşet Çay) olmasının, bu değişikliğin temel sebebi olduğu düşünülmektedir. 14. gün sonunda meydana gelen renk değişimi incelendiğinde, sırasıyla en fazla renk değiştiren braketler 20/40 Ceramic Bracket,

Symetri Clear, Clarity Advanced ve Radiance Plus braketleridir. Ancak polikristal yapıdaki Clarity Advanced ve monokristal yapıdaki Radiance Plus braketleri arasında anlamlı bir fark yoktur. 21. gün sonunda meydana gelen renk değişimi incelendiğinde yine benzer sonuçlar görülmüştür. En yüksek renk değişikliği gösteren braketler polikristal, en düşük olanlar ise monokristal braketlerdir. Ancak Clarity Advanced ve Radiance Plus braketleri arasında yine anlamlı bir fark bulunamamıştır. Tüm zamanlarda olduğu gibi, Inspire Ice braketleri en düşük renk değişikliği gösteren grup oldu ve bunu 14. günden itibaren Perfect Clear grubu takip etti. 21. gün sonunda yapılan ölçümlerde dikkat çeken bir nokta da, sigaranın kahveyi geride bırakarak çaydan sonra en fazla renk değişikliğine neden olan ajan olmasıydı. Bu da sigara dumanının braketler üzerinde artan bir ivmeyle renklenmeye neden olduğunu göstermektedir. Son olarak kontrol grubu olarak kullanılan yapay tükürük solüsyonu diğer çalışmalara benzer şekilde, hiçbir zaman diliminde ve braketle gözle görülür bir renk değişikliği oluşturmamıştır.

Braket ve solüsyon etkileşimleri değerlendirildiğinde, Inspire Ice braketleri tüm solüsyonlar karşısında renk stabilitesi en yüksek gruptu. Ancak braket markası ve solüsyon arasındaki etkileşime bağlı olarak renklenmede farklılıklar vardı. Bu sonuçlar daha önce yapılan, seramik braketlerin renklenme seviyesini değerlendiren çalışmaları doğrulamaktadır (105, 146).

Polikristal seramik braketlerde ışığın saçılmasına ve yansımaya neden olan tanecik sınırları ve doldurucuları vardır, bu nedenle daha opak görünümlere sahiptir. Monokristal braketler ise daha düzenli bir kristal yapıya sahip olduğu için, estetik braketler arasında en yüksek translüsentliğe sahiptir (105). Bu nedenle genellikle monokristal seramik braketlerin en iyi estetik renk performansı göstereceğine inanılmaktadır.

Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara göre seramik braketlerin kristal yapısı renk stabilitesini etkilemiş görünüyordu. Farklı braket markaları, kristal yapısına göre gruplandırılıp değerlendirildiğinde, monokristal yapıdaki braketlerde anlamlı derecede düşük renk değişikliği izlendi. Bulgumuz renklenme direnci ile braketin kristal yapısı arasında hiçbir ilişki olmadığını belirten Oliveira (11) ve Akyalçın'ın (146) çalışması ile çelişmektedir. Çalışmaların benzer yönleri olsa da, farklı üreticilere ait braketlerin kullanılması, bu çalışmaların tam olarak karşılaştırılmasını güçleştirmektedir. Diğer taraftan bizim çalışmamızda, incelenen monokristal ve polikristal braketlerin, kendi içinde farklı ΔE değerleri göstermesi, braket materyali olarak aynı malzeme kullanılsa bile, braket

malzemesinin yapısal kalitesine bağı olarak renk değişim miktarının değişebileceği anlamına gelmektedir. Çalışmamızın sonuçlarını incelediğimizde, braketin renk performansı, braket markasından etkilenmiştir ve bu da farklı üreticiler tarafından yapılan aynı içeriğe sahip braketlerin, farklı estetik renk performanslarına sahip olduğu anlamına gelmektedir. Bununla birlikte monokristal braketlerin tümü belli bir süreden sonra klinik olarak fark edilebilir renk değişikliği göstermiştir. Bu nedenle yüksek translüsentliğin tek başına iyi bir estetik performans sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Sonuçlar tüm seramik braketlerin renginin zamanla değiştiğini göstermektedir. Ancak zaman içinde tüm braketler arasında benzer bir renk değişikliği yoktur. Bekletme süresi boyunca, farklı solüsyonlarda braketlerin renklenmesinde anlamlı bir fark görülmüştür. Bu da zaman içindeki renk değişiminin marka solüsyon etkileşimine bağı olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma ortodonti alanında nispeten değerlendirilmemiş bir araştırma alanını incelemiş ve klinisyenlere faydalı bilgiler sunmaktadır. Ancak sonuçlarımız dikkatli bir şekilde yorumlanmalıdır. Tüm in vitro deneylerde olduğu gibi diyet, plak ve çiğnemenin etkileri, tükürük miktarı ve içeriği gibi, ağız boşluğundaki koşulları birebir taklit etmek çok zordur. Klinik testlerin yapılması zor olduğundan ve çeşitli faktörlerin kombinasyonu nedeniyle sonuçlar karşılaştırılamayabileceğinden çalışmamız in vitro olarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamız günlük yaşamda sık tüketilen içeceklerin estetik braketlerde renk değişikliğine neden olabileceğini gösterdi. Aynı zamanda renk değişikliğine neden olması için gereken minimum süreye ilişkin soruları gidermeye yardımcı oldu.

Ayrıca renk pigmentlerine hafif maruz kalmanın bile görsel olarak renklenmeye neden olduğu gösterilmiştir. Sonuçlarımız hem monokristal hem de polikristal seramik braketlerin renklendirici ajanlara uzun süre maruz kaldığında klinik olarak kabul edilebilir eşik değerin üzerinde renklenebileceğini göstermiştir.

7.3. Çalışmamızın Kısıtlılıkları

Bu çalışmanın sonuçlarını klinik uygulamayla karşılaştırınca bazı sınırlamalara rastlanmaktadır. Oral kavitenin kompleks florası, tükürüğün mekanik etkilerinin bulunmaması ve diş fırçalama ile sağlanan temizliğin taklit edilmemiş olması çalışmamızın sınırlamalarındandır. Bu nedenle bu çalışma ve diğer in vitro çalışmalar aşırı renk

değişikliği değerleri göstermiştir. Görünür renk değişimleri için gerçek zamanlı parametrelerle yapılan sadece bir adet in vivo çalışma bulunmaktadır ve bu konuda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Çalışmamızda belirlenen saklama sürelerine, aşırı koşullarda braketlerin renklenme derecelerini değerlendirmek için bakılmıştır ve tüm renklenme işlemi 21. günde sonlandırılmıştır. İçeceklere sürekli maruz kalınmadığı, ağız ortamında tükürüğün varlığı, renklendirici ajanların seyreltiği ve braketlerin dişlerle beraber fırçalandığı düşünülürse, ağız ortamında fark edilebilir renk değişimi muhtemelen daha uzun sürede kendini gösterecektir. Ayrıca bu çalışmada çeşitli renklendirici ajanların kombine etkisini test etmek mümkün değildi.



8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında altı farklı seramik braketin, in vitro ortamda renklendirici ajanlar karşısında meydana gelen renk değişimi incelenmiştir ve elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır;

1. Hem polikristal hem de monokristal seramik braketler renklendirici ajanlara maruz kaldığında klinik olarak fark edilebilir renk değişikliği göstermiştir. Bu nedenle estetik braketlerin tatmin edici ve kararlı renk davranışı göstermediği sonucuna ulaşılmıştır.

2. Seramik braketler kristal yapıya göre değerlendirildiğinde monokristal braketler istatistiksel olarak daha düşük renk değişikliği göstermiştir.

3. Aynı kristal yapıdaki seramik braketler kendi içinde değerlendirildiğinde farklı derecelerde renk değişimi gözlenmiştir. Bu da renk stabilitesinin üreticiye göre değiştiği sonucuna ulaşmamızı sağladı.

4. Tüm zamanlar ayrı ayrı değerlendirildiğinde en düşük renk değişikliği Inspire Ice™ braket grubunda görülmüştür.

5. Solüsyonlardan bağımsız olarak değerlendirildiğinde 1. gün sonunda sadece 20/40™ Ceramic Bracket klinik olarak fark edilebilir renk değişikliği göstermiştir.

6. 7. günden sonra tüm markalara ait braketlerin çay ve kahve etkileşimlerinde klinik olarak fark edilebilir renk değişikliği gözlenmiştir.

7. 14. günden sonra tüm marka solüsyon etkileşimlerinde klinik olarak fark edilebilir renk değişikliği gözlenmiştir.

8. 21. gün sonunda en fazla renk değiştiren braket 20/40™ Ceramic Bracket ve Symetri Clear™ braket gruplarıydı.

9. 21. gün sonunda braketlerden bağımsız olarak değerlendirildiğinde en fazla renk değişikliğine neden olan solüsyonlar sırasıyla çay, sigara ve kahveydi. Yapay tükürük solüsyonu gözle görülebilir bir renk değişikliğine neden olmadı.

10. İlk üç ölçümde en düşük değerleri gösteren sigaranın, son yapılan ölçümde kahveden yüksek değerler göstermesi, uzun sürebilecek ortodontik tedavilerde daha fazla renklenmeye sebep olabileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışma günlük yaşamda sık tüketilen içeceklerin zamana bağlı olarak estetik braketlerde renk değişikliğine neden olabileceğini gösterdi, aynı zamanda renk değişikliğine neden olması için gereken minimum süreye ilişkin soruları gidermeye yardımcı oldu. Bu çalışmada seramik braketlerin aşırı koşullardaki renk davranışı incelenmiş olsa da bu içecekleri sık tüketen hastalarda oluşabilecek renklenenin, gösterilen sonuçlarla güçlü bir ilişkiye sahip olacağı kanısındayız.

Klinisyenler renklendirici ajanları sık tüketen hastaları, bu ajanların olumsuz etkileri hakkında, özellikle ağız bakımı iyi olmayan hastaları bilgilendirmelidir. Böyle durumlarda olumsuz sonuçlardan kaçınmanın en iyi yolu, sıkı oral hijyen prosedürlerinin uygulanmasıdır.

Ortodonti hastalarının taleplerini karşılayabilmek adına, ortodontik malzemede renk stabilitesini araştıran daha fazla klinik çalışma yapılmalıdır. Bununla birlikte braketlerin renk stabilitesini arttırmak için üreticiler tarafından braketlerin yapısı geliştirilmelidir.

9. KAYNAKLAR

1. Rossouw PE, editor A historical overview of the development of the acid-etch bonding system in orthodontics. Seminars in orthodontics; 2010: Elsevier.
2. Hemingway R, Williams R, Hunt J, Rudge S. The influence of bracket type on the force delivery of Ni-Ti archwires. The European Journal of Orthodontics. 2001;23(3):233-41.
3. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. Journal of dental research. 1955;34(6):849-53.
4. Newman GV. Adhesion and orthodontic plastic attachments. American journal of orthodontics. 1969;56(6):573-88.
5. Russell J. Current products and practice: aesthetic orthodontic brackets. Journal of Orthodontics. 2005;32(2):146-63.
6. Proffit WR, Fields HW, Larson BE, Sarver DM. Contemporary Orthodontics. Sixth Edition ed: Elsevier; 2018. 310-51 p.
7. Guignone BC, Silva LK, Soares RV, Akaki E, Goiato MC, Pithon MM, et al. Color stability of ceramic brackets immersed in potentially staining solutions. Dental press journal of orthodontics. 2015;20(4):32-8.
8. Brantley WA, Eliades T. Orthodontic Materials Scientific and Clinical Aspects: Thieme; 2001.
9. Jeremiah H, Bister D, Newton J. Social perceptions of adults wearing orthodontic appliances: a cross-sectional study. The European Journal of Orthodontics. 2011;33(5):476-82.
10. Seehra J, Newton J, DiBiase AT. Interceptive orthodontic treatment in bullied adolescents and its impact on self-esteem and oral-health-related quality of life. European Journal of Orthodontics. 2013;35(5):615-21.
11. Oliveira CBd, Maia LGM, Santos-Pinto A, Gandini Júnior LG. In vitro study of color stability of polycrystalline and monocrystalline ceramic brackets. Dental press journal of orthodontics. 2014;19(4):114-21.
12. Lee Y-K. Changes in the reflected and transmitted color of esthetic brackets after thermal cycling. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2008;133(5):641. e1-. e6.
13. Eliades T, Brantley WA. Orthodontic Applications of Biomaterials A Clinical Guide: Woodhead Publishing; 2016.
14. Amasyali M, Uysal T. Lingual ortodonti. Cumhuriyet Dental Journal. 2011;12(1):67-77.
15. Alexander CM, Alexander R, Sinclair PM. Lingual orthodontics: a status report. Part 6. Patient and practice management. Journal of clinical orthodontics: JCO. 1983;17(4):240.
16. Fernandez L, Canut JA. In vitro comparison of the retention capacity of new aesthetic brackets. The European Journal of Orthodontics. 1999;21(1):71-7.
17. Bishara SE. Ceramic Brackets: A Clinical Perspective. World Journal of Orthodontics. 2003;4(1).
18. ÖZKALAYCI N, ÇİÇEK O. Ortodontik Braketler; Bölüm I. Uluslararası Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi. (3):125-33.
19. Singh G. Textbook of orthodontics: Jaypee Brothers Medical Publishers New Delhi, India; 2007.

20. DL M. Bandless orthodontic bracket. *J Am Dent Assoc.* 1967;74:103-10.
21. Khan H, Price S. Orthodontic brackets: selection, placement and debonding: CreateSpace Independent Publishing Platform; 2015.
22. Tosun Y. Sabit Ortodontik Apareylerin Biyomekanik Prensipleri. Ege Üniversitesi Basımevi. 1999.
23. Huang T-H, Yen C-C, Kao C-T. Comparison of ion release from new and recycled orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2001;120(1):68-75.
24. Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KW, Huang GJ. Orthodontics-E-Book: current principles and techniques: Elsevier Health Sciences; 2016.
25. Wiechmann D. A New Bracket System for Lingual Orthodontic Treatment. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie.* 2003;64(5):372-88.
26. Jena AK, Duggal R, Mehrotra A. Physical properties and clinical characteristics of ceramic brackets: a comprehensive review. *Trends Biomater Artif Organs.* 2007;20(2):101-15.
27. Aird J, Durning P. Fracture of polycarbonate edgewise brackets: a clinical and SEM study. *British journal of orthodontics.* 1987;14(3):191-5.
28. Mendonça MRd, Fabre AF, Goiatto MC, Cuoghi OA, Martins LP, Verri ACG. Spectrophotometric evaluation of color changes of esthetic brackets stored in potentially staining solutions. *RPG Revista de Pós-Graduação.* 2011;18(1):20-7.
29. Dobrin R, Kamel I, Musich D. Load-deformation characteristics of polycarbonate orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics.* 1975;67(1):24-33.
30. Harzer W, Bourauel C, Gmyrek H. Torque capacity of metal and polycarbonate brackets with and without a metal slot. *The European Journal of Orthodontics.* 2004;26(4):435-41.
31. Alkire RG, Bagby MD, Gladwin MA, Kim H. Torsional creep of polycarbonate orthodontic brackets. *Dental Materials.* 1997;13(1):2-6.
32. Sadat-Khonsari R, Moshtaghy A, Schlegel V, Kahl-Nieke B, Möller M, Bauss O. Torque deformation characteristics of plastic brackets: a comparative study. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie.* 2004;65(1):26-33.
33. Faltermeier A, Behr M, Müßig D. In vitro colour stability of aesthetic brackets. *The European Journal of Orthodontics.* 2007;29(4):354-8.
34. McLean JW. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *Journal of Prosthetic Dentistry.* 2001;85(1):61-6.
35. Bergmann CP, Stumpf A. Dental ceramics. *Biomaterials.* 2013:9-13.
36. Waring DT, McMullin A, Malik OH. Invisible orthodontics part 3: Aesthetic orthodontic brackets. *Dental update.* 2013;40(7):555-63.
37. Douglass J. Enamel wear caused by ceramic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 1989;95(2):96-8.
38. Bishara SE, Trulove TS. Comparisons of different debonding techniques for ceramic brackets: An in vitro study: Part II. Findings and clinical implications. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 1990;98(3):263-73.
39. Redd T, Shivapuja P. Debonding ceramic brackets: effects on enamel. *Journal of clinical orthodontics: JCO.* 1991;25(8):475.

40. Wang WN, Meng CL, Tarng TH. Bond strength: a comparison between chemical coated and mechanical interlock bases of ceramic and metal brackets. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 1997;111(4):374-81.
41. Scott Jr GE. Fracture Toughness and Surface Cracks— The Key to Understanding Ceramic Brackets. *The Angle Orthodontist*. 1988;58(1):5-8.
42. Vukovich ME, Wood DP, Daley TD. Heat generated by grinding during removal of ceramic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1991;99(6):505-12.
43. Winchester L. Methods of debonding ceramic brackets. *British journal of orthodontics*. 1992;19(3):233-7.
44. Loftus BP, Ârtun J, Nicholls JI, Alonzo TA, Stoner JA. Evaluation of friction during sliding tooth movement in various bracket-arch wire combinations. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 1999;116(3):336-45.
45. Thorstenson G, Kusy R. Influence of stainless steel inserts on the resistance to sliding of esthetic brackets with second-order angulation in the dry and wet states. *The Angle Orthodontist*. 2003;73(2):167-75.
46. Swartz ML. Ceramic brackets. *Journal of clinical orthodontics: JCO*. 1988;22(2):82-8.
47. Bishara SE, Fehr DE, editors. *Ceramic brackets: something old, something new, a review*. *Seminars in orthodontics*; 1997: Elsevier.
48. Altunsoy S, Uzun G, Keyf F. Effect of different post-core materials on the final color of In-Ceram and IPS Empress ceramic restorations. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 2006;30:3-12.
49. Uzun G, Keyf F, Altunsoy S. The effects of different cement colors on the final color of In-Ceram ceramic restoration. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 2006;30:85-90.
50. Paravina RD. *Esthetic color training in dentistry*: Mosby; 2004.
51. Rosenstiel SF, Land MF. *Contemporary Fixed Prosthodontics-E-Book*: Elsevier Health Sciences; 2015.
52. Keyf F, Uzun G, Altunsoy S. Choice of Color in Dentistry. *Hacettepe Dis Hekimligi Fakultesi Dergisi*. 2009;33:52-8.
53. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*. 2003;23(5):467-80.
54. Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. *Dental Clinics of North America*. 2004;48(2):v, 341-58.
55. Russell M, Gulfranz M, Moss B. In vivo measurement of colour changes in natural teeth. *Journal of oral rehabilitation*. 2000;27(9):786-92.
56. O'Brien WJ. *Dental materials and their selection*. fourth edition ed: quintessence book; 2008.
57. Zaimoglu A, Can G. *Diş Hekimliğinde Maddeler Bilgisi*. Ankara.1993.
58. Bayındır F, AG W. Diş rengi seçiminde bilgisayar destekli sistemlerin kullanımı. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 2006;30(3):40-6.
59. Nohl F, Steele J, Wassell R. Crowns and other extra-coronal restorations: aesthetic control. *British dental journal*. 2002;192(8):443-50.

60. Chu SJ, Devigus A, Mielezsko AJ. Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry: Quintessence Publishing Company Illinois; 2004.
61. Johnston WM, Ma T, Kienle BH. Translucency parameter of colorants for maxillofacial prostheses. *International Journal of Prosthodontics*. 1995;8(1).
62. Craig RG, Powers J. Restorative dental materials. St. Louis: CV Mosby. 2002;480:552-3.
63. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Phillips' science of dental materials: Elsevier Health Sciences; 2012.
64. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1998;80(6):642-8.
65. Van der Burgt T, Ten Bosch J, Borsboom P, Kortsmmit W. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1990;63(2):155-62.
66. Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *Journal of dentistry*. 2009;37:e15-e20.
67. Johnston WM. Color measurement in dentistry. *Journal of dentistry*. 2009;37:e2-e6.
68. Lath D, Wildgoose D, Guan Y, Lilley T, Smith R, Brook A. A digital image analysis system for the assessment of tooth whiteness compared to visual shade matching. *The Journal of clinical dentistry*. 2007;18(1):17-20.
69. Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dental Materials*. 2006;22(6):553-9.
70. Da Silva JD, Park SE, Weber H-P, Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2008;99(5):361-8.
71. Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2002;87(6):657-66.
72. Ahmad I. Protocols for predictable aesthetic dental restorations: John Wiley & Sons; 2008.
73. Guan YH, Lath DL, Lilley T, Willmot D, Marlow I, Brook A. The measurement of tooth whiteness by image analysis and spectrophotometry: a comparison. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2005;32(1):7-15.
74. Garber DA, Goldstein RE, Feinman RA. Porcelain laminate veneers: Quintessence Pub Co; 1988.
75. Lee Y, Powers J. Color and optical properties of resin-based composites for bleached teeth after polymerization and accelerated aging. *American journal of dentistry*. 2001;14(6):349-54.
76. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2002;88(6):585-90.
77. Li Y, Lee SS, Cartwright SL, Wilson AC. Comparison of clinical efficacy and safety of three professional at-home tooth whitening systems. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*. 2003;24(5):357-60, 62, 64 passim; quiz 78.
78. Seghi RR, Hewlett E, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *Journal of dental research*. 1989;68(12):1760-4.
79. Mutlu-Sagesen L, Ergün G, Özkan Y, Bek B. Color stability of different denture teeth materials: an in vitro study. *Journal of oral science*. 2001;43(3):193-205.

80. Ghahramanloo A, Madani A, Sohrabi K, Sabzevari S. An evaluation of color stability of reinforced composite resin compared with dental porcelain in commonly consumed beverages. *Journal of the California Dental Association*. 2008;36(9):673-80.
81. Buchalla W, Attin T, Hilgers R-D, Hellwig E. The effect of water storage and light exposure on the color and translucency of a hybrid and a microfilled composite. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2002;87(3):264-70.
82. Ardeshtna AP, Vaidyanathan TK. Colour changes of orthodontic elastomeric module materials exposed to in vitro dietary media. *Journal of orthodontics*. 2009;36(3):177-85.
83. Kim S-H, Lee Y-K. Measurement of discolouration of orthodontic elastomeric modules with a digital camera. *The European Journal of Orthodontics*. 2009;31(5):556-62.
84. Lew K. Staining of clear elastomeric modules from certain foods. 1990.
85. Silva AVMd, Mattos GVd, Kato CM, Normando D. In vivo color changes of esthetic orthodontic ligatures. *Dental Press Journal of Orthodontics*. 2012;17(5):76-80.
86. Elayyan F, Silikas N, Bearn D. Ex vivo surface and mechanical properties of coated orthodontic archwires. *The European Journal of Orthodontics*. 2008;30(6):661-7.
87. da Silva DL, Mattos CT, Simão RA, de Oliveira Ruellas AC. Coating stability and surface characteristics of esthetic orthodontic coated archwires. *The Angle Orthodontist*. 2013;83(6):994-1001.
88. Zegan G, Sodor A, Munteanu C. Surface characteristics of retrieved coated and nickel-titanium orthodontic archwires. *Rom J Morphol Embryol*. 2012;53(4):935-9.
89. Inami T, Tanimoto Y, Minami N, Yamaguchi M, Kasai K. Color stability of laboratory glass-fiber-reinforced plastics for esthetic orthodontic wires. *The Korean Journal of Orthodontics*. 2015;45(3):130-5.
90. da Silva DL, Mattos CT, de Araújo MVA, de Oliveira Ruellas AC. Color stability and fluorescence of different orthodontic esthetic archwires. *The Angle Orthodontist*. 2013;83(1):127-32.
91. Wible E, Agarwal M, Altun S, Ramir T, Viana G, Evans C, et al. Long-term effects of different cleaning methods on copolyester retainer properties. *The Angle Orthodontist*. 2019;89(2):221-7.
92. Agarwal M, Wible E, Ramir T, Altun S, Viana G, Evans C, et al. Long-term effects of seven cleaning methods on light transmittance, surface roughness, and flexural modulus of polyurethane retainer material. *The Angle Orthodontist*. 2018;88(3):355-62.
93. Zafeiriadis AA, Karamouzou A, Athanasiou AE, Eliades T, Palaghias G. In vitro spectrophotometric evaluation of Vivera clear thermoplastic retainer discolouration. *Australian orthodontic journal*. 2014;30(2):192.
94. Zhang N, Bai Y, Ding X, Zhang Y. Preparation and characterization of thermoplastic materials for invisible orthodontics. *Dental materials journal*. 2011;1111220216-.
95. Gardner GD, Dunn WJ, Taloumis L. Wear comparison of thermoplastic materials used for orthodontic retainers. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2003;124(3):294-7.
96. Boncuk Y, Cehreli ZC, Polat-Özsoy Ö. Effects of different orthodontic adhesives and resin removal techniques on enamel color alteration. *Angle Orthodontist*. 2014;84(4):634-41.

97. Çörekçi B, Irgin C, Malkoç S, Öztürk B. Effects of staining solutions on the discoloration of orthodontic adhesives: an in-vitro study. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2010;138(6):741-6.
98. Ye C, Zhao Z, Zhao Q, Du X, Ye J, Wei X. Comparison of enamel discoloration associated with bonding with three different orthodontic adhesives and cleaning-up with four different procedures. *Journal of dentistry*. 2013;41:e35-e40.
99. Faltermeier A, Rosentritt M, Reicheneder C, Behr M. Discolouration of orthodontic adhesives caused by food dyes and ultraviolet light. *The European Journal of Orthodontics*. 2008;30(1):89-93.
100. Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1996;75(1):18-32.
101. Lee Y-K. Colour and translucency of tooth-coloured orthodontic brackets. *The European Journal of Orthodontics*. 2008;30(2):205-10.
102. Ertas E, Gueler AU, Yucel AC, Koepruelue H, Gueler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dental materials journal*. 2006;25(2):371-6.
103. Takeuchi CYG, Corrêa-Afonso AM, Pedrazzi H, Dinelli W, Palma-Dibb RG. Deposition of lead and cadmium released by cigarette smoke in dental structures and resin composite. *Microscopy Research and Technique*. 2011;74(3):287-91.
104. Eisenburger M, Hughes J, West N, Shellis R, Addy M. The use of ultrasonication to study remineralisation of eroded enamel. *Caries research*. 2001;35(1):61-6.
105. Yu B, Lee Y-K. Aesthetic colour performance of plastic and ceramic brackets—an in vitro study. *Journal of Orthodontics*. 2011;38(3):167-74.
106. Bergström K, Halling A, Wilde B. Orthodontic care from the patients' perspective: perceptions of 27-year-olds. *The European Journal of Orthodontics*. 1998;20(3):319-29.
107. Douglas RD. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2000;83(2):166-70.
108. Maia LH, Araujo MV, Elias CN, Ruellas ACO. Colour stability of aesthetic brackets: ceramic and plastic. *Australian Orthodontic Journal*. 2013;29(1):13.
109. Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, Shen C. The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. *The Journal of the American Dental Association*. 2004;135(5):587-94.
110. Lee YK, Lim BS, Kim CW. Difference in the colour and colour change of dental resin composites by the background. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2005;32(3):227-33.
111. Mimura H, Deguchi T, Obata A, Yamagishi T, Ito M. Comparison of different bonding materials for laser debonding. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1995;108(3):267-73.
112. de Pulido LG, Powers JM. Bond strength of orthodontic direct-bonding cement-plastic bracket systems in vitro. *American Journal of Orthodontics*. 1983;83(2):124-30.
113. Ghafari J. Problems associated with ceramic brackets suggest limiting use to selected teeth. *The Angle Orthodontist*. 1992;62(2):145-52.
114. Karamouzou A, Athanasiou AE, Papadopoulos MA. Clinical characteristics and properties of ceramic brackets: a comprehensive review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1997;112(1):34-40.

115. Khokhar Z, Razzoog M, Yaman P. Color stability of restorative resins. *Quintessence International*. 1991;22(9).
116. Buyukyilmaz S, Ruyter I. Color Stability of Denture Base Polymers. *International Journal of Prosthodontics*. 1994;7(4).
117. Yannikakis SA, Zissis AJ, Polyzois GL, Caroni C. Color stability of provisional resin restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1998;80(5):533-9.
118. Keyf F, Etikan İ. Evaluation of gloss changes of two denture acrylic resin materials in four different beverages. *Dental materials*. 2004;20(3):244-51.
119. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2005;94(2):118-24.
120. Tan B, Yap A, Ma H, Chew J, Tan W. Effect of beverages on color and translucency of new tooth-colored restoratives. *Operative Dentistry*. 2015;40(2):E56-E65.
121. LEE YK, KIM SH, Powers JM. Changes in translucency of resin composites after storage in salivary esterase. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2005;17(5):293-302.
122. Al-Samadani KH. Color stability of restorative materials in response to Arabic coffee, Turkish coffee and Nescafe. *The journal of contemporary dental practice*. 2013;14(4):681.
123. Alawjali SS, Lui J. Effect of one-step polishing system on the color stability of nanocomposites. *Journal of dentistry*. 2013;41:e53-e61.
124. Belli S, Tanriverdi F, Belli E. Colour stability of three esthetic laminate materials against to different staining agents. *Journal of Marmara University Dental Faculty*. 1997;2(4):643-8.
125. 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. *The Journal of the American Dental Association*. 2012;143(5):e1-e7.
126. Gönülol N, Yılmaz F. The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. *Journal of dentistry*. 2012;40:e64-e70.
127. Imirzalioglu P, Karacaer O, Yilmaz B, Ozmen MSc I. Color stability of denture acrylic resins and a soft lining material against tea, coffee, and nicotine. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*. 2010;19(2):118-24.
128. Mathias P, Costa L, Saraiva LO, Rossi TA, Cavalcanti AN, DA ROCHA NOGUEIRA-FILHO G. Morphologic texture characterization allied to cigarette smoke increase pigmentation in composite resin restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2010;22(4):252-9.
129. Zanetti F, Zhao X, Pan J, Peitsch MC, Hoeng J, Ren Y. Effects of cigarette smoke and tobacco heating aerosol on color stability of dental enamel, dentin and composite resin restorations. *Quintessence Int*. 2019;50(2):156-66.
130. Organization WH. Leading cause of death, illness and impoverishment 2020 [Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tobacco>].
131. Organization WH. Prevalence of tobacco smoking 2015 [Available from: http://gamapserver.who.int/gho/interactive_charts/tobacco/use/atlas.html].
132. Hoffmann D, Hoffmann I, El-Bayoumy K. The less harmful cigarette: a controversial issue. A tribute to Ernst L. Wynder. *Chemical research in toxicology*. 2001;14(7):767-90.

133. Zhao X, Zanetti F, Majeed S, Pan J, Malmstrom H, Peitsch MC, et al. Effects of cigarette smoking on color stability of dental resin composites. *American journal of dentistry*. 2017;30(6):316.
134. Theobaldo J, Catelan A, Rodrigues-Filho U, Marchi G, Lima D, Aguiar F. Effect of cigarette smoke on resin composite bond strength to enamel and dentin using different adhesive systems. *Operative Dentistry*. 2016;41(3):E57-E63.
135. Wasilewski MdS, Takahashi MK, Kirsten GA, de Souza EM. Effect of cigarette smoke and whiskey on the color stability of dental composites. *Am J Dent*. 2010;23(1):4-8.
136. Patil SS, Dhakshaini M, Gujjari AK. Effect of cigarette smoke on acrylic resin teeth. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2013;7(9):2056.
137. Alper Ö, Zeynep Ö, CANLI E, ÇELEBİ F. Farklı Estetik Braketlerin Renk Stabilitelerinin Karşılaştırılması. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*.13(1):7-12.
138. Paravina RD, Ontiveros JC, Powers JM. Curing-dependent changes in color and translucency parameter of composite bleach shades. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2002;14(3):158-66.
139. Wriedt S, Schepke U, Wehrbein H. The discoloring effects of food on the color stability of esthetic brackets—an in-vitro study. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*. 2007;68(4):308-20.
140. Joo H-J, Lee Y-K, Lee D-Y, Kim Y-J, Lim Y-K. Influence of orthodontic adhesives and clean-up procedures on the stain susceptibility of enamel after debonding. *The Angle Orthodontist*. 2011;81(2):334-40.
141. Eliades T, Kakaboura A, Eliades G, Bradley TG. Comparison of enamel colour changes associated with orthodontic bonding using two different adhesives. *The European Journal of Orthodontics*. 2001;23(1):85-90.
142. Trakyalı G, Özdemir FI, Arun T. Enamel colour changes at debonding and after finishing procedures using five different adhesives. *The European Journal of Orthodontics*. 2009;31(4):397-401.
143. Eliades T, Gioka C, Heim M, Eliades G, Makou M. Color stability of orthodontic adhesive resins. *The Angle Orthodontist*. 2004;74(3):391-3.
144. Jahanbin A, Ameri H, Khaleghimoghaddam R. Effect of adhesive types on enamel discolouration around orthodontic brackets. *Australian orthodontic journal*. 2009;25(1):19.
145. Gale M, Darvell B. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of dentistry*. 1999;27(2):89-99.
146. Akyalcin S, Rykiss J, Rody WJ, Wiltshire WA. Digital analysis of staining properties of clear aesthetic brackets. *Journal of Orthodontics*. 2012;39(3):170-5.
147. Akay EN. Farklı Estetik Braketlerin İn Vivo Ortamda Renklenmesinin ve Işık Geçirgenliğinin Değerlendirilmesi. İstanbul: Bezmialem Vakıf Üniversitesi; 2019.
148. Lopes Filho H, Maia LE, Araújo MVA, Ruellas ACO. Influence of optical properties of esthetic brackets (color, translucence, and fluorescence) on visual perception. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2012;141(4):460-7.

10. ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

T.C. Kimlik No : 55750540764
Soyadı, Adı : ÖZTÜRK, Adnan Çağatay
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 15/06/1987 - Bafra
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (462) 3774765
Faks : 0 (462) 3253017
E-Posta : a.cagatay.ozturk@gmail.com
Yazışma adresi : KTÜ Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti A.D.

EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Lisans/Yüksek Lisans	İstanbul Üniversitesi Diş Hek. Fak.	2012
Lise	Sinop Fen Lisesi	2005

AKADEMİK / MESLEKİ DENEYİMİ

Görevi	Kurum	Süre (Yıl-Yıl)
1. Araştırma Görevlisi	KTÜ Diş Hek. Fak.	2016 -

YABANCI DİL

İngilizce

UZMANLIK ALANI

Ortodonti

YAYINLAR / BİLDİRİLER

A. Uluslararası ve Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler

1. Öztürk Adnan Ç., Gülnar B., Kocaali Ö., Özel Mehmet B., “İskeletsel ve Dişsel Açık Kapanışa Sahip Hastanın İskeletsel Ankraj Yardımıyla Tedavisi: Vaka Sunumu”, 16. Uluslararası Türk Ortodonti Derneği Sempozyumu, 2-5 Kasım 2019, Muğla, Türkiye.

