

DENTAL ZİRKONYA ALTYAPILAR İÇİN RENKLENDİRME SOLÜSYONLARININ  
ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

Mesut KÖK

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca  
Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç. Dr. Güray KAYA

Ocak-2020

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Mesut KÖK tarafından hazırlanan “DENTAL ZİRKONYA ALTYAPILAR İÇİN RENKLENDİRME SOLÜSYONLARININ ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU” adlı tez çalışması, aşağıda belirtilen jüri tarafından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek OY BİRLİĞİ ile Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

30/01/2020

Prof. Dr. Önder UYSAL  
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. İskender IŞIK  
Anabilim Dalı Başkanı, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı


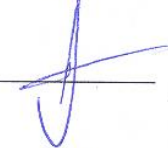

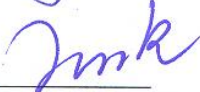

Doç. Dr. Güray KAYA  
Danışman, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı

### Sınav Komitesi Üyeleri

Doç. Dr. Güray KAYA  
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Prof. Dr. İskender IŞIK  
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi İsmail Özgür ÖZER  
Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  


## ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Kütahya Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının % 16 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Doç. Dr. Güray KAYA

Mesut KÖK



# DENTAL ZİRKONYA ALTYAPILAR İÇİN RENKLENDİRME SOLÜSYONLARININ ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

Mesut KÖK

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2020

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Güray KAYA

## ÖZET

Renk, göz ile algılanan bir ışık kaynağının meydana getirdiği fiziksel bir olgu olarak nitelendirilebilir. Başka bir ifade ile renk; ışığın fiziksel olarak bir cisimle karşılaşması ve bu olayın da bir gözlemci tarafından psikofiziksel olarak algılanmasıyla oluşur.

Zirkonya desteklerin renklendirilmesi, desteğin renk solüsyonuna daldırılıp bir süre beklenilmesiyle yapılmaktadır. Diş protez laboratuvarlarının renklendirme işlemlerinde yaşadığı en büyük problem; farklı ticari markalı zirkonya destekleri, tek bir ticari markaya ait renk solüsyonlarıyla renklendirseler dahi aynı rengi elde edememeleridir. Bu renk farklılığının sebebi, farklı ticari markalı zirkonya desteklerin sahip oldukları mineraloji, porozite ve yoğunluk gibi değerler ile açıklanmaktadır.

Bu tez çalışması ile bir ticari markaya ait zirkonya desteklere özel olarak geliştirilecek ve yalnızca söz konusu destekler için kullanılacak renk solüsyonlarının üretimi amaçlanmıştır.

Bu doğrultuda; farklı metal tuzları saf su, organik çözücü-1 ve organik çözücü-2 içerisinde çözdürülüp renk solüsyonları üretilmiştir. Her bir ürün grubu için özel olarak hazırlanan pelet, tek kuron ve köprü formunda üretimi gerçekleştirilen örnekler, renk solüsyonlarında daldırma yöntemi kullanılarak renklendirilmiştir. Renklendirilen zirkonya örneklere ait renk özellikleri spektrofotometre (CIE L\*a\*b\*) yardımı ile belirlenmiştir. Zirkonya desteklerin kristalografik analizleri X-ışını kırınım (XRD) tekniği ile yapılmıştır. Mikro yapıya ait özellikler taramalı elektron mikroskobu (SEM) esaslı analitik (enerji saçınımlı X-ışını (EDX)) teknikler kullanılarak karakterize edilmiştir. Uzman diş teknisyeni tarafından görsel olarak analiz edilen zirkonya örneklerin renk sonuçlarına göre, renk solüsyonları Ivoclar Vivadent IPS e.max Ceram Dentin A-D renk skalasına uygun olarak başarılı bir şekilde üretilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Zirkonya destek, renk solüsyonu, spektrofotometre, görsel analiz, karakterizasyon.

## **PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF COLORING SOLUTIONS FOR DENTAL ZIRCONIA FRAMEWORKS**

Mesut KÖK

Material Science and Engineering M.S. Thesis, 2020

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Güray KAYA

### **SUMMARY**

Color can be described as a physical phenomenon caused by a light source that is perceived by human eye. In other words, color comes into existence when light meets an object physically and this is perceived psychophysically by an observer.

The coloring is performed by immersing the zirconia blocks in the color solution for a certain time. The ultimate challenge experienced in coloring processes for dental prosthesis laboratories is the distinction in color when various trademark zirconia blocks are employed even though the coloring process is carried out by a single trademark color solutions. The reason for this color difference is explained by the values such as mineralogy, porosity and density of different trademarked zirconia blocks.

In this thesis, the main goal is to produce color solutions that will be developed exclusively for a trademark zirconia blocks and will be used only for those blocks.

In summary, different metal salts were dissolved in pure water, organic solvent-1 and organic solvent-2 and color solutions were produced. The pellets, specially prepared for each product group, the samples produced in the form of single crown and bridge were colored via dipping method in color solutions. Color properties of the colored zirconia samples were determined by a spectrophotometer (CIE L\* a\* b\*). Crystallographic analyses of zirconia blocks were carried out by using X-ray diffraction (XRD) technique. Microstructure features were characterized by using Scanning Electron Microscopy (SEM) based analytical (energy scattering X-ray (EDX)) techniques. According to the color results of the zirconia samples, which were visually analyzed by a specialist dental technician, the color solutions were successfully produced in accordance with the Ivoclar Vivadent IPS e.max Ceramic Dentin A-D color scale.

**Keywords:** Zirconia support, color solution, spectrophotometer, visual analysis, characterization.

## TEŞEKKÜR

Bilgi, hoşgörü ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, zor zamanlarımda bana destek olan, üzerimde çok büyük emek sahibi danışman hocam Doç. Dr. Güray KAYA'ya, tez yazım çalışmalarımın yönlendirilmesi ve değerlendirilmesinde değerli görüşlerine başvurduğum Arş. Gör. Büşra GÜNHAN'a, çalışmam boyunca ürünlerimin görsel olarak analizlerini titizlikle gerçekleştiren ve her zaman bana vakit ayıran Güler Dental Çok Amaçlı Diş Protez Laboratuvarı'nın sahibi Sn. Saim GÜLER'e, çalışmamdaki ürünlerimin sinterlenmesine yardımcı olan NEOS Dijital Dental Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi çalışanlarına, beni her zaman motive eden değerli laboratuvar arkadaşlarıma, kendisini tanıdığım günden beri her zaman desteğini yanımda hissettiğim, ilerleyen senelerde hayatımı kendisiyle birleştirmek istediğim, biricik şekerim Tuğçe ÖZDEMİR'e, en içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, her daim bana güvenen ve arkamda duran annem Ömrüye KÖK ve babam Maksut KÖK'e sonsuz teşekkürler.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖZET .....	v
SUMMARY .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xxii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxv
1.GİRİŞ .....	1
2. ZİRKONYA.....	2
2.1. Zirkonya Hakkında Genel Bilgiler ve Tarihçesi .....	2
2.2. Zirkonyum Dioksitin Mikro Yapısı ve Faz Dönüşümü .....	3
2.2.1. Stabil olmayan saf zirkonya.....	3
2.2.2. Kısmi stabil zirkonya .....	4
2.2.3. Tam stabil zirkonya .....	7
2.3. Zirkonyanın Mekanik ve Fiziksel Özellikleri .....	7
2.3.1. Dönüşüm toklaşması (Transformasyon güçlenmesi).....	7
2.3.2. Isı genleşme katsayısı farkı .....	7
2.3.3. Partiküllerin boyutu ve şekli .....	7
2.3.4. Stabilizatör miktarı .....	8
2.3.5. Düşük ısı bozunması (LTD).....	8
2.3.6. Nem.....	9
2.3.7. Yoğunluk .....	9
2.3.8. Zaman .....	9
2.3.9. Aşındırma.....	10
2.3.10. Cilalama .....	10
2.3.11. Kumlama.....	11
2.3.12. Üretim teknikleri.....	11
2.4. Zirkonyanın Biyouyumluluk Özellikleri.....	12
2.4.1. Toksikite derecesi.....	12
2.4.2. Radyoaktivite .....	13
3. DENTAL ZİRKONYA SERAMİKLER .....	14
3.1. Lava Sistemi.....	14
3.2. Everest Sistemi.....	15
3.3. Procera Sistemi .....	15

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<b><u>Sayfa</u></b>
3.4. Cerec Sistemi .....	16
3.5. Cercon Sistemi .....	16
3.6. Zirkozahn Sistemi .....	16
3.7. Hint-Els Sistemi .....	17
3.8. DC-Zirkon Sistemi .....	17
3.9. Celay Sistemi .....	17
3.10. ZENO Tec Sistemi .....	18
3.11. In-Ceram YZ Sistemi .....	18
3.12. BruxZir.....	18
3.13. Incoris TZI .....	19
3.14. Zenostar T .....	19
3.15. Prettau .....	19
3.16. Katana UTML .....	19
4. DIŞ HEKİMLİĞİNDE RENK KAVRAMI .....	20
4.1. Rengin Tanımı.....	20
4.1.1. Rengin doğası .....	20
4.1.2. Işık ile yoğun madde etkileşimi .....	20
4.1.3. Renk oluşum mekanizmaları.....	25
4.2. Rengin Algılanması.....	27
4.3. Optik Özellikler.....	29
4.3.1. Işığın yansıması .....	29
4.3.2. Işığın kırılması .....	30
4.3.3. Opalesans özelliği .....	30
4.3.4. Opasite .....	31
4.3.5. Yarı saydamlık (Transluserlik) .....	31
4.3.6. Saydamlık (Transparanlık) .....	32
4.3.7. Işıldama özellikleri .....	32
4.3.8. Pigmentasyon.....	33
4.3.9. Metamerizm .....	33
4.4. Renk Sistemleri .....	33
4.4.1. Munsell renk sistemi .....	34
4.4.2. CIE XYZ renk sistemi .....	38
4.4.3. CIE L* a* b* renk sistemi .....	39
4.4.4. RGB renk sistemi .....	41



## İÇİNDEKİLER (devam)

### Sayfa

4.5. Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Tespit Yöntemleri.....	41
4.5.1. Görsel renk ölçümü.....	42
4.5.2. Renk skalaları .....	44
4.5.3. Aletsel renk ölçümü .....	47
5. LİTERATÜR ÖZETİ.....	53
6. AMAÇ.....	56
7. MATERYAL VE METHOD .....	59
7.1. Zirkonya Numunelerin Hazırlanması.....	60
7.1.1. Kullanılan hammaddeler.....	60
7.1.2. Şekillendirme .....	61
7.1.3. Ön sinterleme.....	62
7.2. Renklendirici Solüsyonların Hazırlanması.....	62
7.2.1. Zirkonya S ve W kodlu peletlerin renklendirilmesi için hazırlanan renk solüsyonları.....	64
7.2.2. Tek ajanlı renklendiriciler ile hazırlanan renk solüsyonları.....	67
7.2.3. Zirkonya W kodlu peletlerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasına uygun olarak renklendirilmesi için hazırlanan renk solüsyonları.....	69
7.2.4. Zirkonya W kodlu bloktan frezelenen kuron formundaki ürünlerin renklendirilmesi için hazırlanan renk solüsyonları.....	71
7.3. Zirkonya Örneklerin Renk Solüsyonlarında Renklendirme İşlemi.....	78
7.4. Renklendirilmiş Zirkonya Örneklerin Sinterlenmesi .....	79
8. UYGULANAN TESTLER VE ANALİZLER .....	80
8.1. Renklendirici Solüsyonların Çökme Gözlemi.....	80
8.2. Faz Analizi .....	80
8.3. Mikroyapı Analizi .....	80
8.4. Pişme Küçülmesi.....	81
8.5. Yoğunluk Testi.....	81
8.6. Renk analizi.....	82
9. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER .....	83

## İÇİNDEKİLER (devam)

### Sayfa

9.1. Zirkonya S ve W Kodlu Ürünlere Ait Sonuçlar ve Değerlendirmeler .....	83
9.1.1. Pişme küçülmesine ait sonuçlar ve değerlendirmeler .....	83
9.1.2. Renklendirme solüsyonlarına ait sonuçlar ve değerlendirmeler .....	84
9.1.3. Renklendirilmiş peletlere ait görsel sonuçlar ve değerlendirmeler.....	86
9.1.4. XRD analiz sonuçları .....	93
9.2. Zirkonya W Kodlu Peletlere Ait Sonuçlar ve Değerlendirmeler .....	97
9.2.1. Tek ajanlı renklendiriciler ile hazırlanan renk solüsyonlarının peletler üzerine olan etkisi .....	98
9.2.2. IPS e.max Ceram Dentin A-D renk skalasına uygun olarak renklendirilen peletlere ait sonuçlar ve değerlendirmeler.....	100
9.2.3. Farklı gramaj ve basınç değerlerine sahip peletlerin B1,B2,A2 ve A3 renklerine ait solüsyonlarda renklendirilmesine ait sonuçlar ve değerlendirmeler.....	101
9.2.4. CIE L*a*b* ölçüm verilerine ait sonuçlar ve değerlendirmeler .....	106
9.3. Zirkonya W Kodlu Bloktan Frezelenen Diş Formundaki Numunelere Ait Sonuçlar ve Değerlendirmeler.....	112
9.3.1. Görsel analize ait sonuçlar ve değerlendirmeler .....	112
9.3.2. Köprü üyelere ait sonuçlar ve değerlendirmeler .....	151
9.3.3. XRD analiz sonuçları.....	153
9.3.4. SEM ve EDX analiz sonuçları .....	156
10. GENEL DEĞERLENDİRMELER .....	169
11. ÖNERİLER.....	171
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	172
ÖZGEÇMİŞ	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Zirkonyanın kübik sistem yapıları ve eksenleri .....	3
2.2. Sıcaklığa bağlı olarak zirkonyada meydana gelen faz dönüşümleri .....	4
2.3. 1300°C (A) ve 1450°C’de (B) sinterlenmiş olan iki seramik malzemenin partikül boyutları	5
4.1. Kısmen şeffaf olan blok ile ışık arasında meydana gelen etkileşimler .....	21
4.2. Cam prizmadan geçen beyaz ışığın renklere ayrılması .....	22
4.3. Elektromanyetik spektrum .....	23
4.4. Işık kaynağı, cisim ve gözlemci .....	27
4.5. Işığın düzgün ve dağınık yansımaları .....	29
4.6. Soldaki resimde daha yoğun bir ortama giren ışık ışınının hızının azalarak normale yaklaşması, sağdaki resimde ise daha az yoğun ortama girerek normalden uzaklaşması görülmektedir .....	30
4.7. Doğal bir dişin yansıyan ışıkta mavimsi-beyaz (solda), iletilen ışıkta ise turuncu-kahverengi (sağda) görülmesi .....	31
4.8. Bir materyalin translusentliğinin kontrol edilmesi.....	31
4.9. Seramik kuronun morötesi ışık altındaki floresans özelliği .....	32
4.10. Munsell renk sistemi .....	34
4.11. Munsell’in üç boyutlu renk sisteminde ana ve ara renklerin gösterimi .....	35
4.12. Hue (renk tonu), değişik renk ailelerinin ayırımı .....	36
4.13. Value (renk değeri), bir rengin açıklığı ya da koyuluğu .....	36
4.14. Saf siyah ve saf beyaz arasındaki value değerleri .....	37
4.15. Renk doygunluğu .....	38
4.16. CIE XYZ renklerin tristimulus değerleri eğrisi.....	39
4.17. CIE L*a*b* renk sistemi.....	40
4.18. RGB renk sistemi .....	41
4.19. Objelerin farklı ışık kaynaklarında farklı algılanması.....	42
4.20. Renk seçimi yapılırken renk skalası dişin altında tutulmalıdır .....	43
4.21. Vita Classical skalası.....	44
4.22. Vitapan 3D-Master renk skalası.....	45
4.23. Vita 3D-Master renk skalası ile renk belirlenmesi .....	46
4.24. Ivoclar Chromascop renk skalası .....	46
4.25. IPS e.max Ceram Dentin A-D renk skalası .....	47
4.26. Soldaki resim Shade Eye NCC, sağdaki resim ShadeScan görülmektedir .....	49

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.27. Bazı spektrofotometrelerdeki fiber uç ve içeriği.....	51
4.28. Vita Easyshade Compact.....	51
4.29. SpectroShade.....	52
6.1. T1 (solda) ve T2 (sağda) markalı ticari solüsyonlar.....	56
6.2. T1 marka solüsyon ile renklendirilmiş S kodlu (soldaki) ve W kodlu (sağdaki) zirkonya desteklerin belirgin renk farklılıklarını gösteren birer prototipi.....	57
6.3. T2 marka solüsyon ile renklendirilmiş S kodlu (soldaki) ve W kodlu (sağdaki) zirkonya desteklerin belirgin renk farklılıklarını gösteren birer prototipi.....	57
7.1. Deneysel çalışmaya ait iş akış şeması.....	60
7.2. Peletlerin hazırlanmasında kullanılan 13 mm çapındaki kalıp (a) ve 30 mm çapındaki kalıp (b).....	61
7.3. Sol kısımda vakum poşetine alınan 2,25 gramlık peletler ve sağ kısımda ise vakum cihazı görülmektedir. ....	62
9.1. Sadece saf su içerikli (soldaki), organik çözücü-1 içereкли (ortadaki) ve organik çözücü-2 içerikli (sağdaki) solüsyonların çözme gözlemi.....	86
9.2. a) R1-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R1-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). ....	87
9.3. a) R2-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R2-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). ....	87
9.4. a) R2-B solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R2-B solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). ....	87
9.5. a) R3-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R3-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). ....	88
9.6. a) R3-C solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R3-C solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). ....	88

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
9.7. a) R4-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R4-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). .....	88
9.8. a) R5-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R5-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). .....	89
9.9. a) R5-B solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R5-B solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). .....	89
9.10. a) R6-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R6-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). .....	89
9.11. a) R6-C solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R6-C solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). .....	90
9.12. a) R7-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R7-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). .....	90
9.13. a) R8-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R8-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). .....	90
9.14. a) R8-B solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R8-B solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). .....	91
9.15. a) R9-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R9-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). .....	91
9.16. a) R9-C solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R9-C solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). .....	91

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
9.17. a) R10-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R10-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). .....	92
9.18. a) R11-B solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R11-B solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). .....	92
9.19. a) R12-C solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R12-C solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki). .....	92
9.20. S kodlu toza ait XRD deseni (m: monoklinik ZrO <sub>2</sub> , t: tetragonal ZrO <sub>2</sub> ). .....	93
9.21. W kodlu toza ait XRD deseni (m: monoklinik ZrO <sub>2</sub> , t: tetragonal ZrO <sub>2</sub> ). .....	94
9.22. S kodlu renklendirilmemiş pelete ait XRD deseni (m: monoklinik ZrO <sub>2</sub> , t: tetragonal ZrO <sub>2</sub> ). .....	94
9.23. W kodlu renklendirilmemiş pelete ait XRD deseni (m: monoklinik ZrO <sub>2</sub> , t: tetragonal ZrO <sub>2</sub> ). .....	95
9.24. T1 kodlu ticari renklendirme solüsyonu ile renklendirilen S kodlu pelete ait XRD deseni (m: monoklinik ZrO <sub>2</sub> , t: tetragonal ZrO <sub>2</sub> ). .....	95
9.25. T1 kodlu ticari renklendirme solüsyonu ile renklendirilen W kodlu pelete ait XRD deseni (m: monoklinik ZrO <sub>2</sub> , t: tetragonal ZrO <sub>2</sub> ). .....	96
9.26. T2 kodlu ticari renklendirme solüsyonu ile renklendirilen S kodlu pelete ait XRD deseni (m: monoklinik ZrO <sub>2</sub> , t: tetragonal ZrO <sub>2</sub> ). .....	96
9.27. T2 kodlu ticari renklendirme solüsyonu ile renklendirilen W kodlu pelete ait XRD deseni (m: monoklinik ZrO <sub>2</sub> , t: tetragonal ZrO <sub>2</sub> ). .....	97
9.28. Renklendirici tuz-1 solüsyonlarına ait renklendirilmiş peletler. ....	98
9.29. Renklendirici tuz-2 solüsyonlarına ait renklendirilmiş peletler. ....	98
9.30. Renklendirici tuz-3 solüsyonlarına ait renklendirilmiş peletler. ....	98
9.31. Renklendirici tuz-4 solüsyonlarına ait renklendirilmiş peletler. ....	99
9.32. Renklendirici tuz-5 solüsyonlarına ait renklendirilmiş peletler. ....	99
9.33. Renklendirici tuz-6 solüsyonlarına ait renklendirilmiş peletler. ....	99
9.34. Renklendirici tuz-7 solüsyonlarına ait renklendirilmiş peletler. ....	99
9.35. B serisi için uygunluğu kabul edilen renklendirilmiş peletler. ....	100
9.36. A serisi için uygunluğu kabul edilen renklendirilmiş peletler. ....	100

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<b><u>Şekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
9.37. C serisi için uygunluğu kabul edilen renklendirilmiş pelet.....	100
9.38. D serisi için uygunluğu kabul edilen renklendirilmiş pelet.....	101
9.39. 0,15 gram – 500 PSI basınç değerinde üretilip B1,B2,A2 ve A3 solüsyonlarında renklendirilen peletlerin görünümü. ....	104
9.40. 0,4 gram – 250 PSI basınç değerinde üretilip B1,B2,A2 ve A3 solüsyonlarında renklendirilen peletlerin görünümü. ....	104
9.41. 0,4 gram – 500 PSI basınç değerinde üretilip B1,B2,A2 ve A3 solüsyonlarında renklendirilen peletlerin görünümü. ....	105
9.42. 1,5 gram – 250 PSI basınç değerinde üretilip B1,B2,A2 ve A3 solüsyonlarında renklendirilen peletlerin görünümü. ....	105
9.43. 1,5 gram – 500 PSI basınç değerinde üretilip B1,B2,A2 ve A3 solüsyonlarında renklendirilen peletlerin görünümü. ....	105
9.44. 5 gram – 1500 PSI basınç değerinde üretilip B1,B2,A2 ve A3 solüsyonlarında renklendirilen peletlerin görünümü. ....	105
9.45. 5 gram – 3000 PSI basınç değerinde üretilip B1,B2,A2 ve A3 solüsyonlarında renklendirilen peletlerin görünümü. ....	106
9.46. Vita A1-D4 Klasik skalası .....	109
9.47. B1 kodlu (a), B2 kodlu (b), B5 kodlu (c) ve B4 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının B1 Dentin rengine göre kıyaslanması.....	113
9.48. B3 kodlu (a), B8 kodlu (b) ve B7 kodlu (c) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının B2 Dentin rengine göre kıyaslanması.....	114
9.49. B5 kodlu (a), B9 kodlu (b), B10 kodlu (c), B11 kodlu (d), B13 kodlu (e) ve B12 kodlu (f) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının B3 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	114
9.50. B6 kodlu (a) ve B14 kodlu (b) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının B4 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	115
9.51. A1 kodlu (a), A5 kodlu (b), A8 kodlu (c), A33 kodlu (d) ve A32 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A1 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	116
9.52. A2 kodlu (a), A9 kodlu (b), A12 kodlu (c), A13 kodlu (d) ve A14 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A2 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	117

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
9.53. A15 kodlu (a), A21 kodlu (b), A22 kodlu (c), A28 kodlu (d) ve A27 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A2 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	118
9.54. A3 kodlu (a), A6 kodlu (b), A10 kodlu (c), A34 kodlu (d) ve A35 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A3 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	119
9.55. A7 kodlu (a), A16 kodlu (b), A36 kodlu (c) ve A37 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A3.5 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	120
9.56. A4 kodlu (a), A11 kodlu (b), A17 kodlu (c), A18 kodlu (d) ve A19 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A4 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	121
9.57. A20 kodlu (a), A23 kodlu (b), A24 kodlu (c) ve A25 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A4 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	122
9.58. A26 kodlu (a), A30 kodlu (b), A31 kodlu (c) ve A29 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A4 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	122
9.59. C1 kodlu (a), C2 kodlu (b), C3 kodlu (c), C4 kodlu (d) ve C9 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C1 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	123
9.60. C10 kodlu (a), C21 kodlu (b), C28 kodlu (c), C29 kodlu (d) ve C30 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C1 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	124
9.61. C31 kodlu (a), C35 kodlu (b), C36 kodlu (c), C45 kodlu (d) ve C46 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C1 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	125
9.62. C47 kodlu (a), C70 kodlu (b), C71 kodlu (c), C78 kodlu (d) ve C79 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C1 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	126
9.63. C86 kodlu (a), C93 kodlu (b), C94 kodlu (c), C98 kodlu (d) ve C99 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C1 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	127
9.64. C103 kodlu (a), C104 kodlu (b), C105 kodlu (c) ve C87 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C1 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	128
9.65. C5 kodlu (a), C6 kodlu (b), C11 kodlu (c), C12 kodlu (d) ve C13 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	128
9.66. C14 kodlu (a), C22 kodlu (b), C23 kodlu (c), C32 kodlu (d) ve C33 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	129
9.67. C37 kodlu (a), C38 kodlu (b), C39 kodlu (c), C40 kodlu (d) ve C41 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	130



## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
9.68. C42 kodlu (a), C48 kodlu (b), C49 kodlu (c), C50 kodlu (d) ve C66 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması.....	131
9.69. C67 kodlu (a), C68 kodlu (b), C69 kodlu (c), C72 kodlu (d) ve C73 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması.....	132
9.70. C80 kodlu (a), C81 kodlu (b), C88 kodlu (c), C89 kodlu (d) ve C110 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması .....	133
9.71. C111 kodlu (a), C112 kodlu (b), C113 kodlu (c), C114 kodlu (d) ve C116 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	134
9.72. C117 kodlu (a), C118 kodlu (b) ve C114 kodlu (c) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	135
9.73. C7 kodlu (a), C15 kodlu (b), C16 kodlu (c), C17 kodlu (d) ve C24 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C3 Dentin rengine göre kıyaslanması.....	135
9.74. C25 kodlu (a), C34 kodlu (b), C43 kodlu (c), C51 kodlu (d) ve C52 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C3 Dentin rengine göre kıyaslanması.....	136
9.75. C53 kodlu (a), C54 kodlu (b), C60 kodlu (c), C61 kodlu (d) ve C74 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C3 Dentin rengine göre kıyaslanması.....	137
9.76. C75 kodlu (a), C82 kodlu (b), C83 kodlu (c), C90 kodlu (d) ve C91 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C3 Dentin rengine göre kıyaslanması.....	138
9.77. C8 kodlu (a), C18 kodlu (b), C19 kodlu (c), C20 kodlu (d), C26 kodlu (e) ve C27 kodlu (f) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C4 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	139
9.78. C44 kodlu (a), C55 kodlu (b), C56 kodlu (c), C57 kodlu (d) ve C58 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C4 Dentin rengine göre kıyaslanması.....	140
9.79. C59 kodlu (a), C62 kodlu (b), C63 kodlu (c), C64 kodlu (d) ve C65 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C4 Dentin rengine göre kıyaslanması.....	141
9.80. C76 kodlu (a), C77 kodlu (b), C84 kodlu (c), C85 kodlu (d) ve C92 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C4 Dentin rengine göre kıyaslanması.....	142
9.81. C95 kodlu (a), C96 kodlu (b), C97 kodlu (c), C100 kodlu (d) ve C101 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C4 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	143

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
9.82. C102 kodlu (a), C106 kodlu (b), C107 kodlu (c), C109 kodlu (d) ve C108 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C4 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	144
9.83. D1 kodlu (a), D2 kodlu (b), D5 kodlu (c), D6 kodlu (d) ve D9 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D2 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	145
9.84. D10 kodlu (a), D14 kodlu (b), D15 kodlu (c), D16 kodlu (d) ve D19 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D2 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	146
9.85. D20 kodlu (a), D21 kodlu (b), D25 kodlu (c) ve D26 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D2 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	147
9.86. D3 kodlu (a), D4 kodlu (b), D7 kodlu (c), D8 kodlu (d) ve D11 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D3 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	148
9.87. D12 kodlu (a), D13 kodlu (b), D18 kodlu (c), D23 kodlu (d) ve D24 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D3 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	149
9.88. D28 kodlu (a), D30 kodlu (b), D31 kodlu (c) ve D29 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D3 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	150
9.89. D17 kodlu (a), D22 kodlu (b), D27 kodlu (c) ve D32 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D4 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	150
9.90. D33 kodlu (a), D34 kodlu (b) ve D35 kodlu (c) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D4 Dentin rengine göre kıyaslanması. ....	151
9.91. Köprü üyeler için renklendirilen A1 solüsyonları; a) sadece saf su içerikli, b) %5 organik çözücü-2 içerikli ve c) %25 organik çözücü-2 içerikli. ....	152
9.92. Köprü üyeler için renklendirilen A3 solüsyonları; a) sadece saf su içerikli, b) %5 organik çözücü-2 içerikli ve c) %25 organik çözücü-2 içerikli. ....	152
9.93. Renklendirilmemiş olan zirkonya pelete ait XRD deseni (t: tetragonal ZrO <sub>2</sub> ). ....	153
9.94. A1-A2-A3-A3.5-A4 renk solüsyonları ile renklendirilmiş zirkonya peletlere ait XRD desenleri. ....	154
9.95. B1-B2-B3-B4 renk solüsyonları ile renklendirilmiş zirkonya peletlere ait XRD desenleri. ....	154
9.96. C1-C2-C3-C4 renk solüsyonları ile renklendirilmiş zirkonya peletlere ait XRD desenleri. ....	155

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
9.97. D2-D3-D4 renk solüsyonları ile renklendirilmiş zirkonya peletlere ait XRD desenleri. .	155
9.98. Nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait SEM görüntüsü. ....	156
9.99. Nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait SEM görüntüsü. ....	157
9.100. Nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait SEM görüntüsü. ....	157
9.101. 1. Bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu. ....	158
9.102. 2. Bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu. ....	158
9.103. 3. Bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu. ....	158
9.104. Görseldeki bütün bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu.	159
9.105. Nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait SEM görüntüsü. ....	159
9.106. Nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait SEM görüntüsü. ....	160
9.107. 1. bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu. ....	160
9.108. 2. bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu. ....	160
9.109. 3. bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu. ....	161
9.110. Görseldeki bütün bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu.	161
9.111. Nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait SEM görüntüsü. ....	162
9.112. Nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait SEM görüntüsü. ....	162
9.113. Nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait SEM görüntüsü. ....	163
9.114. 1. bölgeye ait nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait EDX analiz sonucu. ....	163
9.115. 2. bölgeye ait nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait EDX analiz sonucu. ....	164
9.116. 3. bölgeye ait nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait EDX analiz sonucu. ....	164
9.117. Görseldeki bütün bölgeye ait nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait EDX analiz sonucu. ....	165
9.118. Nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait SEM görüntüsü. ....	165
9.119. Nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait SEM görüntüsü. ....	166

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Şekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
9.120. 1. bölgeye ait nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait EDX analiz sonucu. ....	166
9.121. 2. bölgeye ait nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait EDX analiz sonucu. ....	167
9.122. Görseldeki bütün bölgeye ait nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait EDX analiz sonucu. ....	167
9.123. Aynı büyütmelelere ait nihai sinterlenmiş renksiz pelet (solda) ve Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete (sağda) ait SEM görüntüleri. ....	168
9.124. Aynı büyütmelelere ait nihai sinterlenmiş renksiz pelet (solda) ve Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete (sağda) ait SEM görüntüleri. ....	168

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Kübik, tetragonal ve monoklinik zirkonyanın kafes parametreleri ve yoğunluk değerleri.....	3
2.2. Y-TZP'nin karakteristik özellikleri .....	6
4.1. Kristallerin kırınım indisleri (n).....	22
4.2. Görünür bölgedeki renklerinin dalga boyları ve enerjileri .....	24
4.3. Renk sistemlerin türleri, adları ve geliştirildikleri tarihler. ....	34
4.4. Klinik renk eşleşmesi.....	41
4.5. Diş hekimliği uygulamalarında kullanılan bazı renk seçim cihazları.....	48
6.1. Dünya pazarında lider konumdaki bazı zirkonya destek ve renklendirici solüsyon üretici firmalar.....	58
7.1. Zirkonya tozların şekillendirilmesi için uygulanan gramaj/basınç değerleri ve uygulandıkları renklendirici solüsyonlar.....	61
7.2. Ön siterleme (ÖS) işleminde kullanılan fırın programı.....	62
7.3. Renklendirici solüsyonların hazırlanması için kullanılan hammaddeler ve özellikleri.....	63
7.4. S ve W kodlu peletlerin renklendirilmesinde kullanılan solüsyonlar ve bileşimleri.....	65
7.5. Renklendirici tuzların sıvı hammadde ve/veya hammaddeler içerisindeki çözündürülme yöntemi.....	66
7.6. Renklendirici solüsyonların reçeteleri.....	67
7.7. Zirkonya W kodlu peletler için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri. .	68
7.8. B serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.....	69
7.9. A serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.....	70
7.10. C serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.....	71
7.11. B serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.....	71
7.12. A serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.....	72
7.13. C serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.....	73
7.14. D serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.....	78
7.15. Protherm PLF tipi fırında ürünlerin sinterlenme programı.....	79

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
7.16. TEGRA MP1500 markalı fırının sinterleme programı.....	79
8.1. Renklendirilip sinterlenmiş olan zirkonya peletlerin parlatılmasında kullanılan program. ....	81
9.1. S kodlu zirkonya peletin ön şekillendirme sonrası, CIP sonrası, ön sinterleme sonrası ve nihai sinterleme sonrası çap/kalınlık ölçüm değerleri.....	83
9.2. W kodlu zirkonya peletin ön şekillendirme sonrası, CIP sonrası, ön sinterleme sonrası ve nihai sinterleme sonrası çap/kalınlık ölçüm değerleri.....	83
9.3. S ve W kodlu zirkonya peletlere ait % küçülme değerleri. ....	84
9.4. Reçetelerin pH değerleri ve çökme gözlemleri.....	85
9.5. 0,15 gramlık ve 500 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri. ....	101
9.6. 0,4 gramlık ve 250 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri. ....	102
9.7. 0,4 gramlık ve 500 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri. ....	102
9.8. 1,5 gramlık ve 250 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri. ....	102
9.9. 1,5 gramlık ve 500 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri. ....	102
9.10. 5 gramlık ve 1500 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri. ....	103
9.11. 5 gramlık ve 3000 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri. ....	103
9.12. 5 gramlık ve 3000 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri. ....	103
9.13. Farklı gramajlarda ve basınç değerlerinde üretilen peletlere ait ham yoğunluk değerleri.....	104
9.14. Renklendirici tuz-1'in CIE L*a*b* üzerine etkisi. ....	106

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
9.15. Renklendirici tuz-2'nin CIE L*a*b* üzerine etkisi.....	106
9.16. Renklendirici tuz-3'ün CIE L*a*b* üzerine etkisi.....	107
9.17. Renklendirici tuz-4'ün CIE L*a*b* üzerine etkisi.....	107
9.18. Renklendirici tuz-5'in CIE L*a*b* üzerine etkisi.....	107
9.19. Renklendirici tuz-6'nın CIE L*a*b* üzerine etkisi.....	107
9.20. Renklendirici tuz-7'nin CIE L*a*b* üzerine etkisi.....	107
9.21. Vita Easyshade Advance markalı spektrofotometre cihazından alınan sonuçlar.	108
9.22. SpectroShade markalı spektrofotometre cihazından alınan sonuçlar. ....	108
9.23. Vita A1-D4 Klasik skalasının CIE L* a* b* ölçüm değerleri. ....	109
9.24. Konica Minolta CM-2300d markalı cihazın 5 gram – 3000 PSI basınç değerinde ürettilip renklendirilen peletlerin L* a* b* ölçüm sonuçları. ....	110
9.25. SpectroShade markalı cihazın 5 gram – 3000 PSI basınç değerinde ürettilip renklendirilen peletlerin CIE L* a* b* ölçüm sonuçları. ....	110
9.26. A4 reçetesi için hazırlanmış olan Saf su, organik çözücü-1, organik çözücü-2 içerikli solüsyonların 5 gramlık / 3000 PSI basınç değerlerindeki peletler üzerine olan CIE L* a* b* verileri. ....	111
9.27. B4 reçetesi için hazırlanmış olan Saf su, organik çözücü-1, organik çözücü-2 içerikli solüsyonların 5 gramlık / 3000 PSI basınç değerlerindeki peletler üzerine olan CIE L* a* b* verileri. ....	111
9.28. A4 reçetesi için hazırlanmış olan farklı oranlardaki organik çözücü-2 içerikli solüsyonların 5 gramlık / 3000 PSI basınç değerlerindeki peletler üzerine olan CIE L* a* b* verileri.....	112

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

°C	Santigrat derece
K	Kelvin
gr	Gram
mm	Milimetre
nm	Nanometre
ml	Mililitre
cm <sup>3</sup>	Santimetre küp
µm	Mikrometre
Å	Angstrom
MPa	Megapaskal
GPa	Gigapaskal
eV	Elektronvolt

### Kısaltmalar

SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
XRD	X-Işını Kırınımı Faz Analizi
EDX	Enerji Sınımlı X-ışınları Spektrofotometre
CIE	Interantional Comission on Illumination
pH	Power of Hydrogen
ISO	International Organization for Standardization
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
PSI	Pounds Per Square Inch



## 1.GİRİŞ

Diş hekimliği alanında üstün mukavemet ve tokluk göstermesinin yanı sıra mükemmel biyoyoumluluk sağladığı için % 3 mol katkılı yitrium (3Y-TZP) ile stabilize edilmiş zirkonya ( $ZrO_2$ ), kuron, dolgu, köprü, diş implant dayanakları ve sabit kısmi takma dişlerin implantında kullanılmaktadır (Denry, vd., 2008; Nakamura, vd., 2016). Başlangıç tozu çeşitliliğine ve sinterleme koşullarına bağlı olarak, farklı tane büyüklüğü, faz bileşimi ve mekanik özellikler sergileyen çeşitli Y-TZP seramikleri üretilebilmektedir (Kosmac ve Kocjan, 2012). Gelişmiş mekanik özelliklerine ve kabul edilebilir bir biyoyoumluluğuna rağmen zirkonyanın, fiziksel olarak beyazımsı opaklığı estetik açısından bir dezavantaj teşkil etmektedir (Prasad, vd., 2017). Bu nedenle, dişlerin doğal görünümünü yakalamak için Y-TZP seramiklerinin rengini değiştirmek için birtakım girişimlerde bulunulmuştur (Sedda, vd., 2015).

Zirkonya seramiklerde diş renginin belirlenmesinde iki yöntem uygulanmaktadır. Birinci yöntem,  $ZrO_2$  tozuna pigmentler (metal oksitler, metal tuzlar vb.) ilave edilir ve bir karışım elde edilir (Cales, 1998; Shah, vd., 2008; Nam ve Park, 2017). Yapı içerisinde pigmentlerin homojen dağılımını sağlamak içinse izostatik pres uygulanır. Bu yöntemin başlıca getirdiği en büyük olumsuzluk, toz formunu kontrol etmedeki zorluktan, pigmentlerin boyutundan ve katkı maddelerinin miktarından dolayı  $ZrO_2$  seramiklerinin özelliklerinin değişmesidir. İkinci yöntem ise, ön pişirimi uygulanmış zirkonya seramiğinin renklendirme solüsyonu (Literatürde, “renklendirme solüsyonu” kavramına ek olarak; “renk solüsyonu”, “renk sıvısı”, “renk ajanı”, “renklendirme sıvısı”, “renklendirme ajanı” gibi kavramlarda kullanılmaktadır.) ile boyanması işlemidir. Renkli olmayan ve sinterlenmiş bir bloktan frezelenen  $ZrO_2$  protezi, renklendirme solüsyonuna batırılır veya bir fırça kullanılarak malzemeye renklendirici sıvı uygulanır. Bu renklendirme işlemi beraberinde zaman ve estetik açıdan bir avantaj teşkil eder (Hjerppe, vd., 2008; Shah, vd., 2008; Oh, vd., 2012).

## 2. ZİRKONYA

### 2.1. Zirkonya Hakkında Genel Bilgiler ve Tarihçesi

Zirkonyum, atom numarası 40, kimyasal sembolü Zr, atomik ağırlığı 91,22 olan ve periyodik cetvelin 4B grubunda yer alan geçiş metallere aittir. Ergime derecesi 1800°C, kaynama derecesi ise 4300°C'dir (Piconi ve Maccauro, 1999). Zirkonyum iki formda bulunur: kristal formu, yumuşak, grimsi beyaz, parlak metal iken; şekilsiz formu ise mavimsi siyah bir tozdur. Antik çağlardan beri, zirkonyum muhtemelen Farsça olan zargun (renkli altın) kelimesinden kaynaklanan zirkon olarak bilinmektedir (Kreidl, 1942; Christie ve Brathwaite, 1999). Zirkon veya zirkonyum silikat,  $ZrSiO_4$  ( $ZrO_2$ 'nin %67.2'si ve  $SiO_2$ 'nin %32.8'i), en önemli zirkonyum mineralidir (Kreidl, 1942). Mineral, 1789'da Seylan'dan (Sri Langa) bir zirkonu analiz eden bir Alman kimyager Martin Henrich Klaproth tarafından keşfedilmiştir (Kreidl, 1942; Christie ve Brathwaite, 1999; Venetskii, 1965). Saf metal (metalik zirkonyum), ilk olarak 1824 yılında İsveçli bir kimyager olan Jöns Jakob Berzelius tarafından küçük bir demir tüpte bir potasyum ve potasyum zirkonyum florür karışımı ısıtılarak izole edildi. Ancak, o zamanlar 19. yüzyılın başlarına kadar saf zirkonyum elde etmek imkansızdı. Saf zirkonyum oksit ilk kez 1914 yılında Herzfeld (Herzfeld, 1916) tarafından hazırlanmıştır. Yoğun miktarda silika ve oksiklorür oktahidratın çıkarılması için konsantre edilmiş bir hidroklorik asit çözeltisinden zirkonyum oksiklorür oktahidratın kristalleştirilmesi işlemini gerçekleştirdi (Herzfeld, 1916). Çok saf zirkonyum, ilk olarak 1925'te, bir iyodür ayrıştırma işlemi ile van Arkel ve de Boer tarafından üretildi (Heiserman, 1992). Ancak, Hafniyum her zaman zirkonyum cevherlerinde bulunur, çünkü ayrılması çok zordur (Venetskii, 1965). Ticari sınıf bir zirkonyumda %1 ila %3 Hafniyum vardır (Heiserman, 1992).

19. yüzyılın başında, yitriya-stabilize edilmiş tetragonal zirkonya polikristal seramik (Y-TZP) katı bir çözeltisi, Nernst aydınlatma elemanı çubukları olarak refrakterlerde ve daha sonra katı bir elektrolit olarak kullanıldı (Fu-Kang, vd., 1963). Biyomedikal implantlar için 1969'un başından itibaren (Helmer ve Driskell, 1969) kullanılmaya başlanılmış ve 1985'ten itibaren, kalça artroplastisi için zirkonya topları yapılmıştır. Zirkonya, seramik diş hekimliğine 1990'ların başında endodontik direkler (Meyenberg vd., 1995) ve daha yakın zamanda implant abutmentleri (Kohal ve Klaus, 2004; Kohal, vd., 2006) ve kuronlar, sabit kısmi protezler için de sert çerçeve çekirdekleri (Luthardt, vd., 2004; Lüthy, vd., 2005; Tinschert, vd., 2001) olarak kullanılmıştır. Zirkonya, diğer seramiklere kıyasla daha yüksek mukavemet ve tokluk sağlayabilen, dönüşüm sertleşmesi adı verilen benzersiz bir özelliğe de sahiptir.

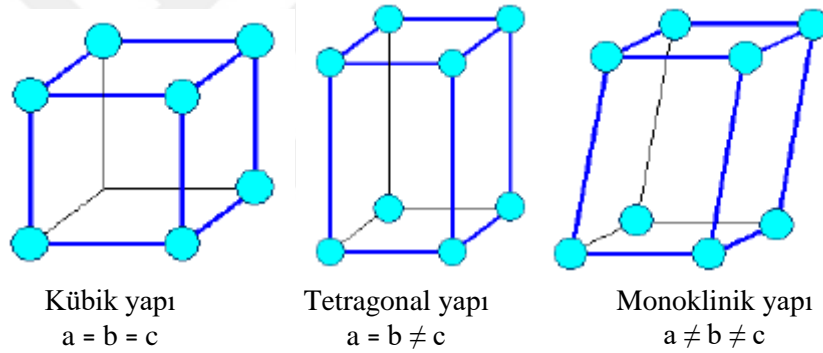
## 2.2. Zirkonyum Dioksitin Mikro Yapısı ve Faz Dönüşümü

Zirkonyanın saf, kısmi stabile ve tam stabil olmak üzere üç formu bulunmaktadır.

### 2.2.1. Stabil olmayan saf zirkonya

Zirkonya, kübik (k), tetragonal (t) ve monoklinik (m) olmak üzere üç formda bulunabilen polimorf bir yapıya sahiptir (Özgür vd., 2010).

Zirkonyanın, kübik sisteminde a, b ve c eksenleri birbirine dik ve boyları birbirine eşittir (Şekil 2.1). Tetragonal sistemde a ve b eksenlerinin boyları birbirine eşit olmasına karşın c ekseni bunlardan uzundur ve şekli kare tabanlı dik prizmadır (Şekil 2.1). Monoklinik sistemde ise eksenlerin boyları birbirlerinden farklıdır ve şekli dikdörtgen tabanlı eğik prizmadır (Şekil 2.1) (Özgür, vd., 2010).

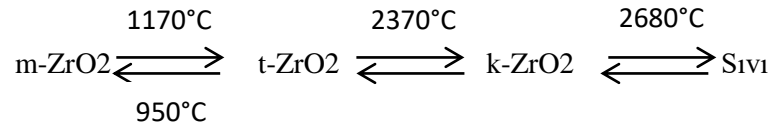


Şekil 2.1. Zirkonyanın kübik sistem yapıları ve eksenleri (Özgür vd., 2010).

**Çizelge 2.1.** Kübik, tetragonal ve monoklinik zirkonyanın kafes parametreleri ve yoğunluk değerleri (Ahmet, 2006).

Kübik	Tetragonal	Monoklinik
$a = 5,124 \text{ \AA}$	$a = 5,094 \text{ \AA}$	$a = 5,156 \text{ \AA}$
-	$b = 5,177 \text{ \AA}$	$b = 5,119 \text{ \AA}$
-	-	$c = 5,304 \text{ \AA}$
$d = 6,090 \text{ gr/cm}^3$	$d = 6,100 \text{ gr/cm}^3$	$d = 5,830 \text{ gr/cm}^3$

Saf zirkonyum; oda sıcaklığında monoklinik fazdadır ve bu faz  $1170^\circ\text{C}$  'ye kadar stabildir. Bu sıcaklık değerinin üzerine çıkıldığında  $1170\text{-}2370^\circ\text{C}$  arasında stabil olan tetragonal forma,  $2370^\circ\text{C}$ 'nin üzerine çıkıldığında ise yapı kübik forma dönüşmektedir (Şekil 2.2) (Christel, vd., 1989).



**Şekil 2.2.** Sıcaklığa bağlı olarak zirkonyada meydana gelen faz dönüşümleri (Basu, 2005).

Zirkonyum oksit, oda sıcaklığında monoklinik, fırınlama sıcaklığında ise tetragonal fazdadır (Kelly, 2004). Fırınlama işleminin ardından soğuma esnasında tetragonal-monoklinik faz değişimi (t→m faz dönüşümü) meydana gelir. Bu dönüşüm esnasında yapıda %3-5'lik hacim artışı gerçekleşir (Garvie, vd., 1975). Yapıdaki bu hacim artışı sonucunda yapının içerisinde oluşan çatlakların uçlarında baskı gerilmeleri meydana gelir. Oluşan bu baskı gerilmeleri materyalin içerisinde daha büyük çatlakların ilerlemesine engel olur ve bunun sonucunda materyalin direnci artar (Piconi ve Maccauro, 1999; Gupta, vd., 1978; McLaren ve White, 1999; Tinschert, vd., 2001). Bu nedenle zirkonyum oksidin oda sıcaklığında tetragonal fazda tutulması gerekmektedir. Ancak tetragonal faz yüksek sıcaklıklarda stabil durumdadır. Bu durumu göz önüne alarak, tetragonal fazı oda sıcaklığında stabilize etmek için yapıya çeşitli metal oksitler ilave edilir ve bunun sonucunda parsiyel stabilize edilmiş zirkonyum oksit oluşur (Meyenberg, vd., 1995; Luthardt, vd., 1999; Piconi ve Maccauro, 1999).

### 2.2.2. Kısmi stabilize zirkonya

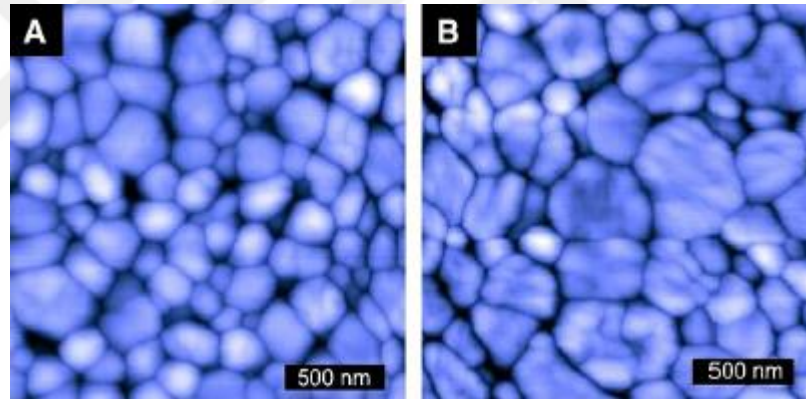
İlk olarak 1929 yılında Ruff ve arkadaşları, ısıtma işlemler sonucu oluşan kübik yapının oda sıcaklığında da stabil olarak kalması için saf zirkonyuma düşük oranlarda CaO ilavesi yapmışlardır. İlerleyen senelerde zirkonya yapının içine CaO yerine ısıtma işlemler esnasında faz değişimine uğramayan MgO, CeO<sub>2</sub> ve Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi stabilize edici oksitler ilave edilmesi ile zirkonyanın mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Saf zirkonyanın CaO, MgO, CeO<sub>2</sub> ve Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi oksitlerin ilavesi ile yapının ısıtma işlemler karşısında verdiği reaksiyon değişmektedir. Saf zirkonya, bu oksitlerin ilavesi ile 1000°C'nin üzerine ısıtıldığında tetragonal faza geçer ancak tekrar yapı oda ısısına düşürüldüğünde ise saf zirkonyadan farklı olarak yapı kübik ile tetragonal fazın karışımı şeklini alır. Bu oksitlerin ilaveleri sonucunda ısıtma işlem görmüş olan yapı yarı stabil zirkonyaya (PSZ) dönüşmektedir (Rieth, vd., 1976; Gupta, vd., 1978; Christel, vd., 1989; Piconi, vd., 1999).

### 3Y-TZP

Günümüzde diğer metal oksitlere göre daha üstün mekanik özellikleri sebebiyle, yaygın bir şekilde stabilizatör oksit amaçlı Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kullanılmaktadır. Saf zirkonyaya %2-3 oranında Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

ilavesi ile oda sıcaklığında tetragonal fazdan oluşan ve nanometre boyutlarında diş hekimliğinde de kullanılan tetragonal zirkonya polikristali (Y-TZP) elde edilmektedir (Christel, vd., 1989; Chevalier, 2006). Yapı içerisinde stabilize edici  $Y^{+3}$  ve  $Zr^{+4}$  katyonları rastgele dağılmış ve oksijen anyonları ile elektriksel nötralizasyon sağlanarak zirkonyayı stabilize etmektedir (Fabris, 2002).

Materyalin mekanik özellikleri içerdiği kristalin partikül boyutuna ve eklenen  $Y_2O_3$  miktarına bağlıdır (Green, vd., 1988; Ruiz, vd., 1996). Günümüzde zirkonya içerikli seramiklerin sinterlenme sıcaklıkları 1350-1500°C arasında farklılık göstermektedir. Sinterleme koşullarının, partikül boyutları üzerine etkisi olduğu için yapının hem mekanik özelliklerine hem de stabilitesine önemli bir etkisi vardır (Subbarao, 1981; Chevalier, vd., 2004). Sinterleme koşulları (sinterlenme derecesi, sinterlenme süresi vb.) partikül boyutlarının büyümesine sebep olur (Şekil 2.3).



**Şekil 2.3.** 1300°C (A) ve 1450°C’de (B) sinterlenmiş olan iki seramik malzemenin partikül boyutları (Özgür, vd., 2010).

Yapı içerisinde  $Y_2O_3$ ’ün konsantrasyonunun değişmesi de materyalin mekanik özelliklerini etkiler.  $Y_2O_3$ ’ün %2-3’lük bir konsantrasyon artışı, sistem içerisinde bulunan tetragonal fazın oranının azalmasına, partiküllerin de boyutlarının artmasına sebebiyet verir. Bu durumla birlikte gene %2-3’lük bir konsantrasyon artışı seramik malzemenin sinterlenme ısısını düşüşe uğrattırırken, kırılma dayanımında da azalma meydana getirir (Özgür, vd., 2010).

Y-TZP seramiklerinin birçok avantajı söz konusudur. Bunlar;

- Titanyuma göre bakteri birikiminin daha az olması,
- Biyouyumlulukları,
- Kırılma sertliği, yüksek dayanıklılık gibi mekanik özellikleri,

- Isı iletkenliğinin düşük olması nedeniyle pulpal irritasyonları önlemeleri,
- Adeziv simantasyonun yanı sıra konvansiyonel simantasyona da olanak sağlamaları,
- Radyopak özellik taşıdığı için restorasyonun radyolojik değerlendirilmesine imkan tanımları sayılabilmektedir (Raigrodski, 2004).

Y-TZP seramiklerin dezavantajları olarak ise;

- Dış görünümünün ISO standartlarına göre opak olması,
- Yüzeysel işlemleri görmüş olan materyalin mekanik özellikleri üzerindeki olumsuz etkileri sayılabılır (Raigrodski, 2004).

Y-TZP'nin karakteristik özelliklerinden dolayı (Çizelge 2.2) bu tür seramikler tam seramik restorasyonlarda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Dérand, vd., 2000).

**Çizelge 2.2.** Y-TZP'nin karakteristik özellikleri (Piconi vd., 1999; Grigoriadou, 2006).

Özellikler	Y-TZP
Kimyasal bileşim (%)	ZrO <sub>2</sub> + 3 mol Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	> 6
Sertlik (HV)	1200
Eğme dayanımı (MPa)	900 - 1200
Basma dayanımı (MPa)	2000
Young modülü (GPa)	210
Porozite (%)	< 0,1
Kırılma tokluğu (MPa m <sup>1/2</sup> )	7 - 10
Isıl iletkenlik (WmK <sup>-1</sup> )	2
Isıl genleşme katsayısı (K <sup>-1</sup> )	11x10 <sup>-6</sup>

### Zirkonya ile güçlendirilmiş cam infiltre alümina seramik (ZTA)

Zirkonya ile güçlendirilmiş cam infitre alümina, zirkonya taneleri ve alümina matristen oluşan seramik kompozit bir malzemedir. ZTA'nın ticari uygulamalarından biri In-Ceram® Zirconia® sisteminde alüminyum oksit içeriğine ilave olarak seryum ile stabilize edilmiş %33 oranında zirkonya (12Ce-TZP) yapıya dahil edilmiştir. CAD/CAM ve slip-cast teknikleri kullanılarak In-Ceram® Zirconia® işlenebilmektedir. Yapının ön sinterlenmesi, 1100°C'de 2 saat süreyle gerçekleştirilmekte ve sinterleme sonrasında yapıya cam infiltrasyon işlemi

uygulanmaktadır. Bu işlem sonrasında camsı faz, son ürünün yaklaşık %23'ünü oluşturmaktadır (Denry, vd., 2008).

### **2.2.3. Tam stabilize zirkonya**

Saf zirkonyanın içerisinde %5,86 MgO, %7,9 CaO ve %13,75 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ilave edildiğinde yapı olarak tam stabil zirkonya elde edilir. Sadece yapıda kübik faz mevcuttur ve oda sıcaklığından 2500°C'ye kadar faz değişimi gözlenmez. Bu yapının termal şok direnci ve sertliği yüksektir. Bu özelliklerin yüksekliğinden ötürü endüstride aşındırıcı malzeme olarak kullanılır (Garvie, vd., 1975; Piconi, vd., 1999; Denry, vd., 2008).

## **2.3. Zirkonyanın Mekanik ve Fiziksel Özellikleri**

### **2.3.1. Dönüşüm toklaşması (Transformasyon güçlenmesi)**

Materyalde kritik bir çatlak oluştuğunda, oluşan çatlağın uç bölgesinde gerçekleşen faz değişimine bağlı olarak kırılma dayanımının artmasıdır (Mamivand, vd., 2014). Materyal mekanik bir kuvvet ile karşılaştığında t→m faz dönüşümü gerçekleşir. Bu faz dönüşümüne bağlı olarak taneciklerde yaklaşık %3-5 oranında hacimsel artış meydana gelir. Bu hacim artışı çatlakların etrafında baskı gerilimlerinin oluşmasını sağlar ve çatlakların ilerlemesini durdurucu bir etki gösterir (Piconi, vd., 1999; Kelly, 2004; Kanchana, vd., 2013). Bu şekilde gerçekleşen dönüşüm toklaşması zirkonyaya dayanıklılık ve sertlik katmış olur (Al-Amleh, vd., 2010).

### **2.3.2. Isı genleşme katsayısı farkı**

Zirkonyanın içerisinde bulunan tetragonal ve kübik faz arasında ısı genleşme katsayısı farkı bulunur. Tetragonal fazın ısı genleşme katsayısı  $6,5 \times 10^{-6}$ , kübik fazın ısı genleşme katsayısı ise  $10,5 \times 10^{-6}$ 'dır. İki faz arasındaki bu fark ısı işlemler esnasında yapı içinde mikro çatlaklar oluşturarak iç gerilim meydana getirir. Bu durum ise oluşabilecek olan büyük çatlakların enerjisini dağıtır (Piconi, vd., 1999).

### **2.3.3. Partiküllerin boyutu ve şekli**

Tanecik boyutundaki artış zirkonyanın faz stabilitesinin azalmasına ve düşük ısı bozunumuna neden olur (Muñoz-Saldaña, vd., 2003). Düşük ısı bozunmasını engellemek için zirkonyanın tanecik boyutlarının küçültülmesi gerekir.

Yitrium oksit miktarına bağlı olarak değişkenlik gösteren bir kritik gren boyutu vardır. Kritik gren boyutunun (1 $\mu$ ) üzerine çıktığında 3Y-TZP'nin stabilitesi azalırken, tetragonal-monoklinik faz dönüşümü artar. 0,2  $\mu$ 'un altındaki küçük gren boyutlarında faz dönüşümü

gerçekleşmediği için kırılma dayanımı düşer. Yüksek sinterleme sıcaklığı ve bununla birlikte uzun zamanlı sinterleme süresi gren boyutlarını arttırarak materyalin mekanik özelliklerini olumsuz yönden etkiler (Piconi, vd., 1999; Denry, vd., 2008; Zarone, vd., 2011; Kırmalı, vd., 2012; Rinke, vd., 2013).

Tanecik boyutu aynı zamanda ham materyalden ve bu materyalin işleme süresinden etkilenir. Düşük sinterleme sıcaklıkları ve ince toz partikülleri daha küçük tanelerin elde edilmesini sağlar (Lawson, 1995). Zirkonya yoğunluğunun düşük olması ve porozite içermesinin temel sebebi de sinterleme sıcaklığının çok düşük tutulmasından kaynaklıdır. Yapıdaki porozite miktarı arttıkça materyalin mekanik özellikleri olumsuz etkilenir (Kern, vd., 1991; Kern, vd., 1995). Bu yüzden tanecik hacim artışına sebebiyet vermemek için sinterleme işlemi uygun bir sıcaklıkla ve sürede gerçekleştirilmelidir (Kern, vd., 1998; Muñoz-Saldaña, vd., 2003; Matinlinna, vd., 2004).

#### **2.3.4. Stabilizatör miktarı**

Zirkonyanın düşük ısı bozunmasına uğramasını engelleyen bir etkende stabilizatör miktarıdır. Zirkonyumu kübik ya da tetragonal fazda stabil tutmak için MgO, CaO gibi oksit maddelerin kullanılmasının yanı sıra, en çokta tercih edilen oksit madde  $Y_2O_3$ 'tür. Zirkonyayı stabil halde tutmak için ağırlıkça %5 oranında  $Y_2O_3$  ilavesi yeterlidir. Yapı içerisindeki yitrium miktarının değişmesi kübik veya tetragonal fazın yapı içindeki konsantrasyonunu ve zirkonyum oksitin partikül boyutlarını etkileyerek materyalin mekanik özelliklerini değiştirmektedir (Robin, vd., 2002; Kelly ve Denry, 2008; Chevalier, vd., 2009).

Yapılan çalışmalar neticesinde; materyalin en yüksek mekanik değerler gösterdiği durum,  $Y_2O_3$ 'ün yapıya %2 oranında ilave edilmesiyle gerçekleşmiştir.  $Y_2O_3$  miktarının arttırılmasıyla materyalin sinterlenme sıcaklığını düşürür ve yapı içerisindeki porozite miktarının artmasına neden olur. Sinterlenme sıcaklığının düşüklüğü ile ortaya çıkan porozite miktarındaki artış, materyalin kırılma dayanımının azalmasıyla sonuçlanır (Robin, vd., 2002; Saygili, vd., 2003; Kondoh, vd., 2004; Aboushelib, vd., 2005).

#### **2.3.5. Düşük ısı bozunması (LTD)**

Düşük ısı bozunması tanımı literatüre ilk kez 1981 yılında Kobayashi ve arkadaşları tarafından girmiştir. Yapılan pek çok çalışmada bu durumun, zirkonyanın karakteristik bir özelliği olduğunun bir kanıtı niteliğindedir.



Zirkonyanın mekanik özelliklerini olumsuz etkileyen bir diğer parametrede, ısı artışıdır. Yapının 200-300 °C'lik bir sıcaklık aralığında tetragonal fazdan monoklinik faza geçiş yapması, malzemenin yarı-stabil özelliğini kaybetmesine neden olur. Yapının 100-400 °C sıcaklık aralığında uzunca bir süre bekletilmesi sonucu t→m faz dönüşümü gerçekleşir. Bu olaya yaşlanma olarak da bildiğimiz, düşük ısı bozunması (LTD: Low Temperature Degradation) denir (Piconi, vd., 1999; Kosmac, 1999; Saldana, vd., 2003; Zhu ve Zhang, 1999; Sato, vd., 2007; Lughı, vd., 2010).

Söz konusu bozunma malzemenin fiziksel özelliklerini zayıflatır. Ortamdaki nem miktarına bağlı olarak da t→m faz dönüşümü hızlanmaktadır. Zirkonyum dioksit stabilite kazandırıp yaşlanmasının önüne geçmek için içerisine %0,25 oranında alümina katılmaktadır. Yaşlanmaya karşı oldukça dirençli olan bir diğer materyalde seryum ile stabilize edilmiş zirkonyum dioksittir. (Swab, 1991; Haraguchi, vd., 2001; Muñoz, vd., 2003; Kohorst, vd., 2012).

### **2.3.6. Nem**

Yapılan çalışmalar neticesinde, zirkonyum dioksitin mekanik ve fiziksel özelliklerinde nem faktörünün etkisi tam olarak açıklanamamıştır. Yüksek sıcaklıkla beraber neminde ortamda bulunmasıyla t-m faz dönüşümüne yol açtığı birtakım çalışmalar tarafından gözlemlenmiştir. Suyun, zirkonya yüzeyindeki ZrO<sub>2</sub> tarafından Zr(OH)<sub>4</sub> olarak oluşması üzerine yüzeyde enerji birikimine neden olup t-m faz dönüşümüne sebep olabileceği açıklanmıştır (Shimizu, vd., 1993; Drouin, vd., 1997; Piconi, vd., 1998; Muñoz, vd., 2003).

### **2.3.7. Yoğunluk**

Yeterli olmayan yoğunluk, daha fazla porozite miktarı demektir. Böylesi bir durum su moleküllerinin penetrasyonunu aktifleştireceğinden düşük ısı bozunmasıyla sonuçlanır. Sinterleme ve presleme işlemleri materyalin nihai yoğunluğunu belirlemede önemli rol üstlenir. Zirkonya yoğunluğunun 6 gr/cm<sup>3</sup> değerinden az olmaması beklenmelidir. Zirkonyanın tetragonal fazdaki yoğunluğu 6,1 gr/cm<sup>3</sup> iken monoklinik fazdaki yoğunluğu 5,68 gr/cm<sup>3</sup> olduğu tespit edilmiştir (Chevalier, vd., 2007).

### **2.3.8. Zaman**

Seramiklerin uzun dönem stabiliteleri, materyal içerisindeki çatlak ilerlemesine ve nem ile oluşan korozyona bağlıdır. Y-TZP gibi cam matris içermeyen polikristalin yapılar, nemli ortamlarda zaman içerisinde yaşlanma eğilimi göstermektedir. Bu durum yapı içerisinde

kontROLSÜZ bir şekilde t-m faz dönüşümüne, yapının yarı-stabil özelliğinin kaybedilmesine ve mekanik özelliklerin bozulmasına neden olmaktadır (Sato, vd., 1985; Studart, vd., 2007).

Mekanik özelliklerin zayıflaması tüm Y-TZP seramikleri için aynı değildir ve belirli bir farklılık göstermektedir. Yaşlanma davranışı sergileyen bu değişkenlik yapı içerisindeki  $Y_2O_3$  miktarı ve dağılımına, çatlak varlığına ve dağılımına, ayrıca da partikül büyüklüğü gibi diğer etkenlere bağlıdır (Piconi, vd., 1999).

### 2.3.9. Aşındırma

Seramiklerde aşındırmanın amacı; pürüzlü bir yüzey elde edip, bunun mikromekanik tutuculuğa katkıda bulunmasını sağlamaktır. Bu işlem kontrollü olmak şartıyla zirkonya esaslı seramiklere uygulanabilir (Rifka, 2007).

Zirkonyum oksite aşındırma işlemi uygulandığında t-m faz dönüşümü gerçekleşir. Aşındırma işlemleriyle yüzeyde oluşan tabaka artık baskı gerilmeleri etkisindedir ve bu gerilmeler materyalin bükme dayanımını artırır (Guazzato, vd., 2005; Pittayachawan, vd., 2009; Mochales, vd., 2011). Ancak bu tabakanın kalınlığının yüksek oranda artması yüzeyin altında çatlak veya çatlakların oluşumlarına neden olabilir (Denry, vd., 2006). Kosmac'a göre bu çatlak veya çatlakların uzunlukları, yüzeyde aşınma sonucu oluşan baskı tabakasını aşarsa materyalin dayanıklılığı azalır (Kosmac, 1999). Bu işlemlerin materyalin mekanik özelliklerinde meydana getirdiği değişiklikler, kullanılan elmas frezlerin aşındırıcı özelliğine ve tane boyutu şekline, ayrıca da t-m faz dönüşümüne uğrayan zirkonyum oksitin hacmine bağlıdır (Luthard, vd., 2004; Curtis, vd., 2006). Öte yandan aşındırma işlemi esnasında ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve gerilmeler materyalin bükme dayanımı üzerinde etkilidir. Sıcaklık miktarı arttıkça tersine m-t faz dönüşümü gerçekleşir (Ardlin, 2002).

### 2.3.10. Cilalama

Papanagiotou vd. (Papanagiotou, vd., 2006) zirkonya örneklere cilalama yapıldığında uygulanan kuvvetin faz dönüşümünü indükleyebilecek kapasitede olmadığını ve cilalama sırasında oluşan sıcaklık artışının da tersine dönüşüme sebep olabilecek kadar yüksek olmadığını belirtmişlerdir. Cilalamanın Y-TZP materyalinin dayanımında herhangi bir bozulmaya sebep olmadığını ve üretim esnasında yüzeyde oluşan çatlak veya çatlakların büyüklüklerini azaltarak bükme dayanımını arttırabileceğini bildirmişlerdir.

Deville vd. (Deville, vd., 2006) cilalama esnasında oluşan bazı mikro çatlakların, yüzeyin 20 µm altındaki bir derinliğe kadar iç streslere sebep olabileceği ve yaşlanmayı etkileyebileceğini bildirmişlerdir.

### 2.3.11. Kumlama

Kumlama, aşındırma ile kıyas edildiğinde daha hassas bir yüzey işlemidir. Kumlama ile ısı artışı ve yüzeyde oluşan gerilim yüksek boyutlara ulaşmamakla birlikte, yüzeyden az miktarda da materyal kaldırılmaktadır. Kumlama işlemi esnasında oluşan çatlaklar yüzeyde meydana gelen tabakayı aşmadığı için materyalin bükme dayanımını arttırmaktadır (Blatz, vd., 2004).

Kumlama esnasında yüksek hızlı olan sert partiküller materyalden parçalar koparıp pürüzlü bir yüzey oluşturur. Partiküllerin yüksek hızı dolayısı ile oluşan geri dönüşümsüz lokal deformasyon yüzeyde stres oluşumuna sebebiyet verir. Cilalanmış Y-TZP yüzeylerin kumlanması yüzey pürüzlülüğünü arttırmakta, yüzeyde oluşan tetragonal monoklinik faz dönüşümünü tetiklemekte, baskı stresleri ve çatlaklar oluşturmakta ve yüzeye yakın bölgelerde hasara neden olmaktadır (Chintapalli, vd., 2014).

Aşındırma işlemi sonrasında yapılan kumlama, aşındırma sırasında oluşan büyük çatlakları ve yüzeye zayıf bir şekilde bağlanmış tanelerin bir kısmını uzaklaştırır. Bunun sonucunda ise monoklinik faz dönüşümünü tetikleyerek yüzeyde baskı stresleri oluşturur ve yüzeydeki bu kompresif tabaka materyali güçlendirir (Vagkopoulou, vd., 2009). Ancak dayanımdaki bu güçlenmeye rağmen kumlama işleminin yüzeyde oluşturduğu hasarın uzun dönemde olumsuzluklara neden olabileceği düşünülmektedir (Vagkopoulou, vd., 2009; Zarone, vd., 2011).

İstenilen etkiyi elde edebilmek için minimum hasarla doğru kumlama parametreleri seçilmelidir. Bu yüzden partikül boyutu, kompozisyonu ve hızı oldukça önem arz etmektedir (Fonseca, vd., 2013; Chintapalli, vd., 2014).

Wang ve arkadaşlarının (Wang, vd., 2008) yaptığı çalışmada 50 µ boyutlarındaki Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile kumlamanın Y-TZP'nin dayanımını arttırırken, 120 µ boyutundaki kumlamanın dayanımı düşürdüğünü ve yüzey pürüzlülüğünü arttırdığını göstermiştir.

### 2.3.12. Üretim teknikleri

Seramik malzemelerinin mekanik davranışı yoğunlaştırma yoluna ve başlangıç tozlarına bağlıdır. Örneğin; kırılma dayanımı doğrudan başlangıçtaki tozların kimyasına ve sinterleme

parametrelerine bağılı olarak değişim gösterir. Sinterleme süresini ve sıcaklığını kontrol etmek tanecik büyümesini etkileyebilir ve kritik bir tanecik boyutu (0,2-0,4 mikrometre) elde edilebilir. Başlangıç tozunun çok ince parçacık boyutuna sahip olması, stabilize edici oksitlerin miktarını ve dağılımını, ince parçacıkların boyut dağılımını, zirkonya başlangıç tozlarının kalitesini önemli ölçüde etkiler (Vleugels, vd., 2002).

Zirkonya toz halinde iken soğuk izostatik presleme tekniği ile sıkıştırılır. Bu sayede porlar azaltılarak materyalin son yoğunluğunun elde edilmesinde ilk adım atılmış olur. Elde edilen blokların işlenmesi bittikten sonra sinterleme işlemine geçilir. Sinterlenmiş olan zirkonya bloklar önce 1500 C° altında sinterlenerek %95 yoğunluğa ulaşırlar daha sonra sıcak izostatik presleme denilen ikinci bir işleme tabi tutulur ve materyalin tam yoğunluğuna ulaşması sağlanır (Richerson, vd., 2005).

#### **2.4. Zirkonyanın Biyouyumluluk Özellikleri**

IUPAC tarafından biyouyumluluk, canlı sistem ile temas halinde olumsuz bir etki oluşturmama şeklinde tanımlanmıştır (Vert, vd., 2002). Mayer ve Wintermantel, biyomalzemelerin yüzey ve yapısal uyumluluğunu ayrı ayrı olarak tanımlayarak önceki çalışmalardaki tanımlamaların genişletilmesinde katkı göstermişlerdir. Mayer ve Wintermantel'in geliştirmiş olduğu ilk tanım olan yüzey uyumluluğu, bir biyomalzemenin vücut dokulara karşı fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak uygunluk göstermesi; ikinci tanım olan yapısal uyumluluk ise malzemenin vücut dokularına optimum düzeyde mekaniksel davranış sağlamaları şeklinde ifade etmişlerdir (Gümüşderelioğlu, 2002; Heimann, 2002).

Zirkonyanın biyouyumluluğu pek çok kez araştırma konusu olmuştur (Stanford, vd., 2006; Manicone, vd., 2007). In vivo (Canlı bir organizma veya organizmanın bütünü üzerine gerçekleştirilen çalışmalar) ve in vitro (Laboratuvar ortamında ya da yapay koşullarda) (Hisbergues, vd., 2009) çalışmalar sonucunda radyoaktiflik içeriğinden tamamen arındırılmış zirkonya ile elde edilen Y-TZP'nin osteokondüktif ve yüksek derecede biyouyumlu olduğunu göstermiştir. Ne bölgesel olarak ne de sistematik olarak materyale karşı olumsuz bir cevap geliştii gösterilmemiştir (Takamura, vd., 1994; Sarıdağ, vd., 2013).

##### **2.4.1. Toksikite derecesi**

In vitro testler zirkonyanın alümina ile benzer, titanyum oksite göre daha az toksisiteye sahip olduğunu göstermiştir. Zirkonyanın kromozomal, karsinogenetik ve sitotoksikite gibi değişikliklere sebep olmadığı, kan hücrelerini ve fibroblastları etkilemediği bilinmektedir (Vagkopoulou, 2009).

### 2.4.2. Radyoaktivite

Zirkonya uranyum ve toryum gibi uzun yarılanma ömürlerine sahip radyoaktif elementler ihtiva eder. Zirkonya ile ilgili iki tip ışınım mevcuttur. Bunlar; alfa ve gamadır.

Alfa ışınımı görülen materyalde yüksek iyonizasyon değeri gösterir ve alfa partiküllerinin sert ve yumuşak doku hücrelerini yok ettikleri bilinmektedir. Gama ışınımı seviyesine bakıldığında ise zirkonyanın endişe verici bir yanı yoktur. Zirkonyayı saf halde tıp alanında kullanmak mümkün olamamaktadır, mutlaka çeşitli işlemlerden geçirilerek radyoaktif özelliklerinin arındırılması gerekmektedir (Vagkopoulou, 2009).



### 3. DENTAL ZİRKONYA SERAMİKLER

Zirkonya seramikler, diş hekimliğinde kullanılan diğer seramiklere göre daha üstün mekanik özelliklere sahip olmaları, düşük bakteri adezyonları, estetik oluşları ve biyolojik uyumlu olmaları nedeniyle metal seramik sistemlere alternatif olarak kullanılmaktadır (Denry, vd., 2008; Vagkopoulou, 2009).

ZrO<sub>2</sub> içeren birçok seramik altyapı sistemi olmasına rağmen, diş hekimliği uygulamalarında sadece 3 bileşen kullanılmaktadır. Bunlar; ZTA dediğimiz zirkonya ile güçlendirilmiş alümina, Mg-PSZ denilen magnezyum katyonu ilave edilmiş kısmen stabilize zirkonya ve yitrium katyonu ilave edilmiş tetragonal zirkonya polikristali olan Y-TZP'dir (Denry, vd., 2008).

Zirkonya esaslı bu dental seramiklerin alt yapılarının üretimleri, Bilgisayar destekli tasarım/Bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) sistemi kullanılarak tam veya kısmi sinterize blokların frezelenmesiyle gerçekleştirilebilir. Bu sistemin geliştirilmesindeki amaç, alt yapı restorasyonlarının daha yüksek kalitede ürünler çıkarmak ve bu dental ürünleri daha uygun bir maliyette elde edebilmektir (Strub, vd., 2006).

Bugüne kadar geliştirilmiş olan ve dental zirkonya restorasyon ürünlerinin üretilmesinde rol sahibi olmuş başlıca CAD/CAM sistemlerinin ürün üzerindeki etkileri ve bu sistemlerden elde edilen çeşitli dental zirkonya bloklar şu şekilde sıralanmaktadır;

#### 3.1. Lava Sistemi

3M ESPE (Almanya) tarafından 2002 yılında piyasaya sürülmüş olan bu sistem, yarı sinterlenmiş zirkonyum oksit blokların üretiminde kullanılır. Sistemde özel bir tarayıcının yanı sıra yazılım, bilgisayar destekli freze ünitesi ve sinterleme fırını mevcuttur (Piwowarczyk, vd., 2005).

Laboratuvarda model oluşturulduktan sonra optik tarayıcı, modeli 3 boyutlu olarak tarar. Tarama sonucundaki veriler bilgisayar ortamına aktarılır, alt yapı sistem parametrelerine göre tasarlanır ve freze ünitesinde yarı sinterlenmiş zirkonyum oksit bloklardan geniş bir boyutta olarak şekilde aşındırılır. Sinterleme fırınında, 1500°C'de 11 saat sinterlenir. Restorasyona son şeklini vermek için, alt yapıya Lava Ceram üstyapı porselen uygulaması yapılır (Piwowarczyk, vd., 2005).

Bu sistem ile inley, onley, ön ve arka bölge kuron, kanatlı köprü ve 3-4 üyeli köprü protezlerinin yapımı mümkündür (Piwowarczyk, vd., 2005).

### 3.2. Everest Sistemi

Everest sistemi (Almanya) tarama/tarama ve aşındırma ünitesiyle beraber sinterleme fırını da olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır (Kavo Everest Elements Brochure).

Everest sisteminin kendine ait hem yarı sinterlenmiş hemde tam sinterlenmiş zirkonyum oksit blokları mevcuttur (Kavo Everest Elements Brochure).

Bu sistemde model, tarama ünitesinde optik olarak 3 boyutlu taranır. Tarayıcı ünitenin birçok açıdan görüntü olabilmesi için hareketli olacak şekilde tasarlanmıştır. Bilgisayar, hareketli tarayıcıdan gelen bilgilere göre altyapı tasarımını yapar. Bu aşama sırasında altyapı kalınlığı, kontakt noktaları, kenar bitirme şekli ve siman aralığı gibi özellikler belirlenir (Kavo Everest Elements Brochure).

Bu sistem 5 eksen teknolojisi ile aşındırma yapmaktadır. Aşındırma işlemi ilk olarak restorasyonun iç yüzeyinden başlar. Sonrasında bu alana reçine doldurularak restorasyon sabitlenir ve restorasyonun dış yüzey aşındırma işlemi tamamlanır. Sinterleme işlemi 1500°C'de 12 saat olarak gerçekleşir. Altyapı işlemi tamamlanmış olan restorasyona ardından üstyapı işlemleri uygulanır (Kavo Everest Elements Brochure).

Bu sistem ile inley, onley, laminate veneerle, 14 üyeye kadar köprü ve ön/arka bölge kuron protezlerinin yapımı mümkündür (Leinfelder, vd., 1989; Polansky, 1999).

### 3.3. Procera Sistemi

Procera sistemi (İsveç) ile CAD/CAM teknolojisi kullanılarak Procera AllZirkon, Procera AllCeram ve Procera AllTitan blokları işlenmektedir. Kendi üretimleri olan Procera AllZirkon blokları 2001 yılında üretilmeye başlanmıştır (Procera AllCeram Brochure).

Procera sistemin 2 farklı tarayıcıdan birinde model tarandıktan sonra alt yapı tasarlanır. İnternet aracılığı ile veri transferi gerçekleşir. Restorasyonlarda genellikle zirkonyum oksit esaslı Procera AllZirkon blokları kullanılır. Alt yapı üzerine zirkonya için özel olarak üretilmiş üst yapı seramiği olan Nobel Rondo (İsveç) kullanılarak restorasyon işlemi tamamlanır (Anderrson, vd., 1993; Russell, vd., 1995; Ottl, vd., 2000).

Kuron veya 4-5 üyeli köprü restorasyonları Procera AllZirkon kullanılarak yapılmaktadır (Procera AllCeram Brochure).

### 3.4. Cerec Sistemi

Sistem (Almanya), Brains A.G. tarafından tasarlanmış ve Siemens tarafından geliştirilmiştir (Heymann, vd., 1996; Mörmann, vd., 1996).

Cerec sisteminin en büyük avantajlarından birisi tek seansta restorasyonun tamamlanıp ağza simante edilebilmesidir. Sistemin, yüksek maliyeti, dişetin altında kalan bölgelerde dijital fotoğraf alınmaması ve restorasyonların hazırlandığı blokların çoğunlukla tek renkli olmaları gibi dezavantajları mevcuttur. Sistem, alınan optik ölçünün bilgisayar ortamına aktarılması, ekrandaki görüntü üzerinde restorasyonun sınırlarının belirlenmesi, kullanılacak seramik yapının hacim oranına göre belirlenmesi ve üç boyutlu kuron modelinin oluşturulması şeklinde özetlenebilir (Christensen, 2001; Akgungor, vd., 2011).

Cerec sistemi, inley, onley, lamina veneer restorasyonlar, kuron restorasyonlar ve 3 üyeli sabit protetik restorasyonların yapımında kullanılmaktadır (Akgungor, vd., 2011).

### 3.5. Cercon Sistemi

Cercon sistemi (Almanya) diğer CAD/CAM sistemlerinden farklı olarak sadece CAM ünitesine sahiptir. Yani sistemde bilgisayar destekli tasarım yapılamamaktadır. Diş teknisyeninin hazırladığı mum modelaj tasarımı baz alınarak CAM sistemiyle altyapı üretimi gerçekleştirilir.

Sistemin Y-TZP kristallerinden oluşan 12, 30, 38 ve 40 milimetrelik prefabrike blokları, beyaz ve renkli olmak üzere iki çeşittir. Sistemin aşındırma ünitesinde yarı sinterlenmiş zirkonya blok üzerinde ilk önce kaba, daha sonra hassas aşındırma işlemi yapılır. Aşındırılan zirkonyum oksit blok, olması gereken hacimden %30 oranında büyüktür. Hacim küçülmesini sağlamak, yapıya gerçek boyutunu ve aynı zamanda yapıya sertlik kazandırmak için sinterleme işlemi yapılır (Lothar, 2001). Sinterleme işlemi 1350°C'de 6 ila 8 saat arası süreyle gerçekleşmektedir (Cercon Eye Brochure).

Cercon sistemi ile; tek kuron, implant üstü kuron ve köprü protezleri ve 4/5/6 üyeli köprü protezi hazırlanabilmektedir (Besimo, vd., 2001).

### 3.6. Zirkozahn Sistemi

Zirkozahn sistemi (İtalya), bir CAD/CAM sistemi olmayıp tamamen kopya freze yöntemine dayanmaktadır.



Bu sistemin altyapı tasarımı diş teknisyeni tarafından manuel olarak ışıkla polimerize olan kompozit materyali yardımıyla yapılır. Restorasyonun şekillendirme işlemi için kompozit reçineden oluşturulan tasarım aşındırma cihazının okuyucu ucunun bulunduğu tarafa, yarı sinterlenmiş zirkonyum oksit blok ise aşındırmanın yapılacak olduğu tarafa adapte edilir. Sinterleme 1500°C’de 16 saat olacak şekilde gerçekleşir. Sinterleme sonrasında oluşacak büzülme olayını karşılaması için %25-30 oranında daha büyük bir aşındırma işlemi yapılır (Zirkonzahn Working Instructions; Zirkonzahn Product Brochure).

### **3.7. Hint-Els Sistemi**

Hint-Els sistemi (Almanya), 3 boyutlu tasarım yapabilen bilgisayar yazılımı, frezeleme ünitesi ve sinterleme fırını olmak üzere 3 bölümden oluşur. Sistemde hem sinterlenmemiş zirkonya bloklar hem de tam sinterlenmiş zirkonya bloklar kullanılır. Sinterlenmemiş bloklardan sadece 4-5 üyeli köprüler yapılabilmektedir. Tam sinterlenmiş bloklardan tek kuronun frezelenme süresi 2 saat, sinterlenmemiş bloklardan ise frezelenme süresi 30 dakikadır (Hint-Els technical product profile).

### **3.8. DC-Zirkon Sistemi**

DCS sistemi (İsviçre) yazılım, frezeleme makinesi ve tam otomatik olarak lazer projeksiyonu ile çalışan optik tarayıcı olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Lazer tarayıcısı, alçı modelin tamamını tarar ve yaklaşık 30.000 noktadan ölçüm yapar. Ölçümden alınan veriler, tasarım yapılmak üzere bilgisayar ortamına aktarılır. Yazılım programı altyapı için gerekli olan gövde boyutlarını belirler. Bu işlem tamamlandıktan sonra veriler frezeleme makinesi sistemine aktarılır. Altyapı tam sinterlenmiş zirkonya bloklardan, doğrudan istenilen nihai boyutlarda frezelenir (Sjölin, vd., 1999). Frezeleme işlemi sonrasında herhangi bir fırınlama prosedürü ve sinterleme büzülmesi yoktur (Giordano, 2002).

Bazı üretici firmalar, DCS sisteminde tam sinterlenmiş zirkonya blokların frezelenme işlemi sırasında mikro çatlakların olduğunu iddia ederken, bazıları da bu sistemin restorasyonda büzülme olmamasından dolayı çok iyi bir marjinal uyum elde edildiğini bildirmektedir (Besimo, vd., 2001).

### **3.9. Celay Sistemi**

Celay sistemi (Almanya) bilgisayar destekli yöntemlere karşı bir alternatif teşkil etmesi amacıyla kopyalama tekniği esaslı ile çalışmak üzere geliştirilmiştir. Bu sistemde hazır seramik bloklar kullanılır ve restorasyon işlemi frezeleme tekniği ile gerçekleştirilir. Celay sisteminde

Vita firması tarafından üretilen feldispatik bloklar, alümina bloklar, spinel bloklar ve zirkonya bloklar kullanılır. Celay cihazı iki farklı bölmeden oluşur. İlk bölmede mavi renkli fotopolimerize kompozit materyalinden hazırlanmış olan modelaj, ikinci bölmede ise frezelenen olan Vitanın kendi üremi, zirkonya blok bulunmaktadır. Kopyalama bölgesindeki aşındırıcı özelliği bulunmayan taşıyıcı uçlar kompozit modelaj yüzeyinde dolaşırken, frezeleme bölgesindeki aşındırma özelliği olan frezler de zirkonya bloğu şekillendirmektedir. Zirkonya altyapı 1120°C’de sinterlenir ve cam infiltre edilerek 1140°C’de tekrar fırınlanır. Veneer materyali olan Vitadur Alpha (Almanya) seramiği kullanılarak restorasyon işlemi bitirilir (Vita Celay Zirkonya Blanks working instructions. Brockure B.).

### 3.10. ZENO Tec Sistemi

ZENO Tec sistemi (Almanya) tarayıcı, bilgisayar yazılımı, frezeleme ünitesi ve sinterleme fırını olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır. Bu sistemde ölçüm yapıldıktan sonra elde edilen modeller lazer kesit alma tekniği kullanılarak taranır. Taranan model üç boyutlu hareket ettirilerek bilgisayar ortamında tasarlanır. Tasarımı tamamlanan model frezeleme ünitesinde sinterlenmemiş zirkonya bloklardan hazırlanan altyapılar ortalama %20 oranında daha hacimlidir. 12 saat süren sinterleme işleminden sonra altyapı gerçek boyutuna ve sertliğine ulaşır. Firmanın zirkonya bloklar haricinde alümina ve plastik blokları da vardır (ZENO-Tec technical product profile).

### 3.11. In-Ceram YZ Sistemi

Vita In-Ceram YZ sistemi CAD/CAM sistemi yardımı ile zirkonya blokların frezelenmesi için üretilmiştir. Zirkonya blokların dayanımının yüksek olması cam infiltrasyon ile değil, sinterleme esnasında kontrollü olarak büzülmesinden kaynaklanmaktadır. Hacimsel olarak %25 daha büyük olarak frezelenen bloklar 1100°C’de 2 saat ve bu fırınlamaya ek olarak 1180°C’de 2 saat olmak üzere sinterize edilir. Elastik modülü 210 GPa, gerilme dayanımı 900 MPa’ dan yüksek ve kırılma sertliği 5,9 MPa.m<sup>1/2</sup>’ dir (Guess, vd., 2011).

### 3.12. BruxZir

Glidewell ABD (GmbH) firması tarafında 2009 yılında piyasaya sürdüğü bu ürün; 0,5 mm kalınlıklarda bile dayanıklı ve aynı zamanda estetik olduğunu iddia etmiştir. Monolitik yapısı ve faz geçişi sırasında meydana gelen dönüşüm sertleşmesi sayesinde yapısında bulunan çatlakları durdurmaktadır. Kimyasal kompozisyonunda ana yapıyı ZrO<sub>2</sub> olmakla birlikte takviye edici diğer yapılar Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HfO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Na<sub>2</sub>O’dur (Tekin, 2017).

### **3.13. Incoris TZI**

Incoris TZI (Almanya) başlangıçta kısmen sinterize zirkonya blok halinde bulunurken, bu blokların işlenmesi ile tekrar sinterlenirler. Kimyasal kompozisyonunu  $ZrO_2$ ,  $HfO_2$ ,  $Y_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  ve diğer oksitler oluşturur (Tekin, 2017).

### **3.14. Zenostar T**

Üretici firma (Lihtenştayn) Zenostar T'nin esneme dayanımının 900 MPa'dan fazla olduğunu belirtmişlerdir (Tekin, 2017).

### **3.15. Prettau**

Prettau zirkonya (İtalya) inley, onley, veneer, tek kuron ve 14 üyeye kadar olan köprülerde kullanılabilir. Firma esneme dayanımının 1200 MPa'a kadar olduğunu bildirmiştir. Bu ürün yitriumla kısmen stabile edilmiş ve alüminyum ile zenginleştirilmiştir (Tekin, 2017).

### **3.16. Katana UTML**

Üretici firmanın Japonya olduğu Katana UTML; anterior kronlarda, inley/onleylerde ve posterior tek üyeli kronlarda kullanılabilir. Üretici firma bloğunun esneme dayanımını 557 MPa olarak bildirmiştir (Tekin, 2017).

## 4. DİŞ HEKİMLİĞİNDE RENK KAVRAMI

### 4.1. Rengin Tanımı

Renk, göz ile algılanan bir ışık kaynağının meydana getirdiği fiziksel bir olgu olarak nitelendirilebilir (Ballı, 2015; Tanışan, 2018). Renk anlamsal olarak ışık, göz ve beyin ile idrak edilen, retinayı tetikleyerek görüntü oluşmasını sağlayan elektromanyetik enerjinin bir yapısı olarak tanımlanmaktadır (Beyoğlu, 2007; Ballı, 2015). Konu ile ilgili bazı kaynaklara göre rengin, ışığın bir özelliği olduğu ve renk kıyaslamasına göre görsel algının bir parçası olduğu ortaya konulmuştur. Bir başka ifadeyle renk, ışığın taşıdığı bilgilerden biridir.

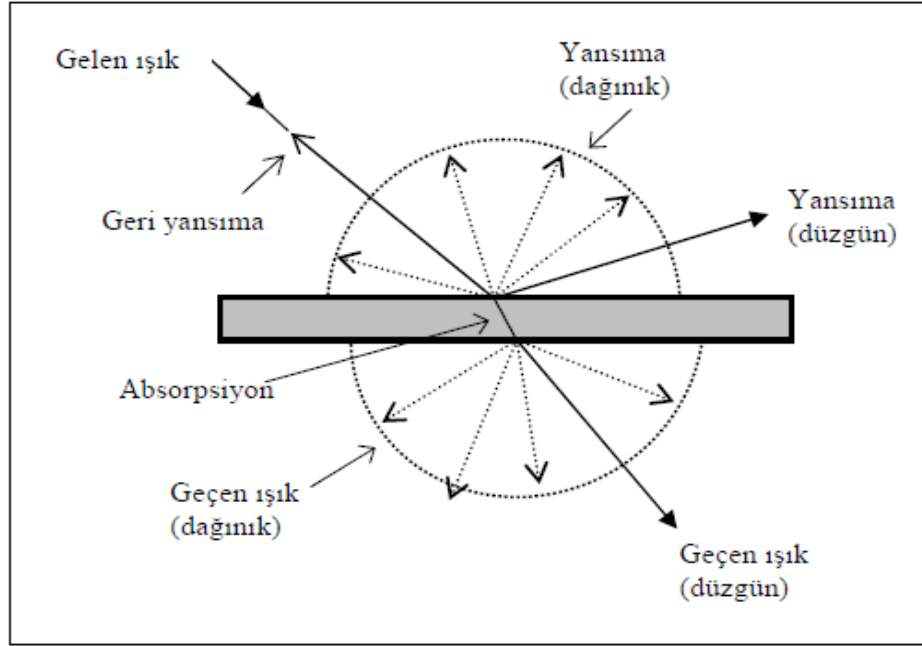
Rengi anlayabilmenin en iyi yolu ışığın doğasını kavrayabilmekten geçmektedir. Işık dalgasını; enerji, dalga boyu ve frekans karakterize eder (Ballı, 2015). Işık, elektromanyetik enerji üreten fotondan oluşur. Foton ise küçük parçacıklardır, belli bir enerjiye sahiptirler ve dalgalar halinde yayılırlar (Ballı, 2015; Tanışan, 2018). Enerji, frekans ile doğru orantılı iken, dalga boyu ile ters orantılıdır. Yüksek frekans ve yüksek enerjiler kısa dalga boylarının görünür spektrumundaki viyolete ucuna karşılık gelirken; düşük frekans ve düşük enerjili ışınlar ise uzun dalga boylarına karşılık gelmektedir. Bu durum ise görünür spektrumun kırmızı renk bölgesine karşılık gelir (Beyoğlu, 2007; Ballı, 2015). Foton, herhangi bir engelle karşılaşmazsa düz doğrultuda ilerler ve sapmadan yayılır. Ancak bir cisme temas ettiğinde veya çarptığında cismin şeffaf olup olmamasına bağlı olarak yansıma veya kırılmaya uğrar. Bu sonuç malzemenin renkli ya da renksiz olarak görünmesine neden olur (Tanışan, 2018).

#### 4.1.1. Rengin doğası

Objeler karanlıkta siyaha dönüşürler ve asıl renklerini kaybederler. Esas olan malzemenin rengi, o malzemeyi görmemizi sağlayan ışığın rengiyle birlikte değişir. Malzemeyi görmemizi sağlayan ışığın uğradığı değişimler hem malzemeyi hem de renkleri etkiler. Işık farklı renkleri mevcuttur; gün ışığı; beyaz renk, akkor ışık; sarımsı bir renge sahip iken, floresan ışıkta ise kırmızı renk eksikliği vardır.

#### 4.1.2. Işık ile yoğun madde etkileşimi

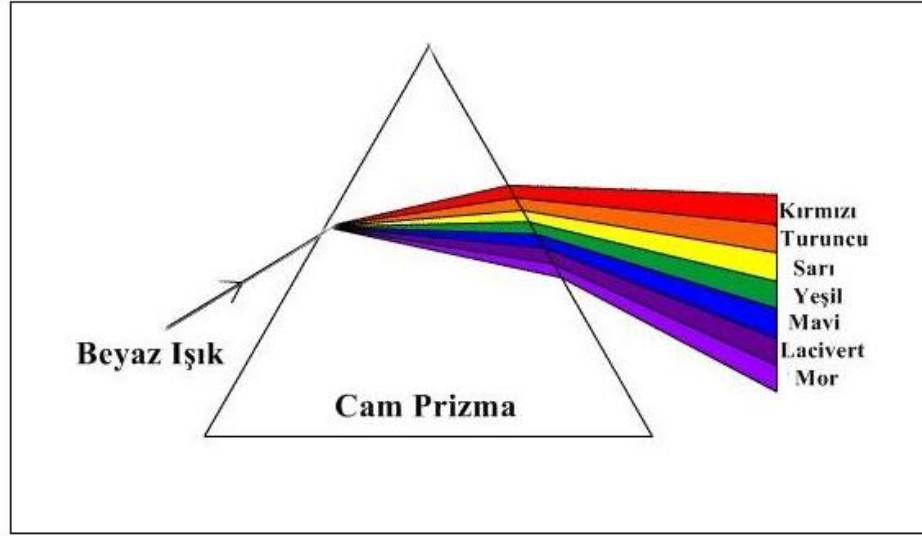
Işık demeti, yarı saydam bir malzeme üzerine gönderildiğinde, Şekil 4.1'de görüldüğü üzere ışık ile malzeme arasında birtakım etkileşimler meydana gelir (Özel, 2004; Tanışan, 2018).



**Şekil 4.1.** Kısmen şeffaf olan blok ile ışık arasında meydana gelen etkileşimler (Nassau, 2001).

Gelen ışığın bir kısmı maddeye çarparak geri yansırken, bir kısmı kırınım uğrayarak geçer veya malzeme içerisinde absorbe edilir. Bu etkileşimler sonucu malzeme; renkli, opak veya mat olarak görülür (Özel, 2004; Beyoğlu, 2007; Ballı, 2015; Tanışan, 2018).

Işık, malzeme içerisinde özelliklerini değiştirmeden geçebilir. Bu durum saydam olarak adlandırılan malzeme boyunca geçirim olarak ifade edilir. Malzeme renksiz ise malzemenin iki yüzünden yansıyan ışınlar hariç diğer bütün ışınların tamamı geçer. Farklı bir açıdan bakılacak olursa renksiz olan malzemelerden ışığın tamamı geçmektedir. Işık saçılmasındaki en önemli etken malzemedir. Bu yüzden maddenin kırınım indisine bağlı olarak yansıma özelliği değişmektedir. Işık, saydam bir malzemedan geçerken hızı düşer ve ara yüzeyde bir kırınım meydana getirir. Bu olay beyaz ışık demetinin cam prizma içerisinde geçerken renklenmesi ile sonuçlanır (Özel, 2004; Ballı, 2015; Tanışan, 2018). Cam prizmadan geçen beyaz ışığın renklere ayrılması Şekil 4.2’de verilmiştir.



**Şekil 4.2.** Cam prizmadan geçen beyaz ışığın renklere ayrılması (Ballı, 2015).

Işığın hava içerisindeki hızını oranlayacak olursak, malzeme içerisindeki hızı daha yavaştır. Bu durum maddenin kırınım indisini tanımlar. Yani camdan geçen herhangi bir renk farklı oranlarda kırılır ve bu olay ise renk çeşitlenmesini oluşturur. Camlar ve kübik kristal yapıya sahip olan seramiklerin kırınım indisleri kristallografik olarak birbirinden farklıdır. Kübik olmayan kristaller ise anizotropik kırınım indisine sahiptir. Kristal malzemelerin kırınım indisleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Kristallerin kırınım indisleri (n) (Nassau, 2001).

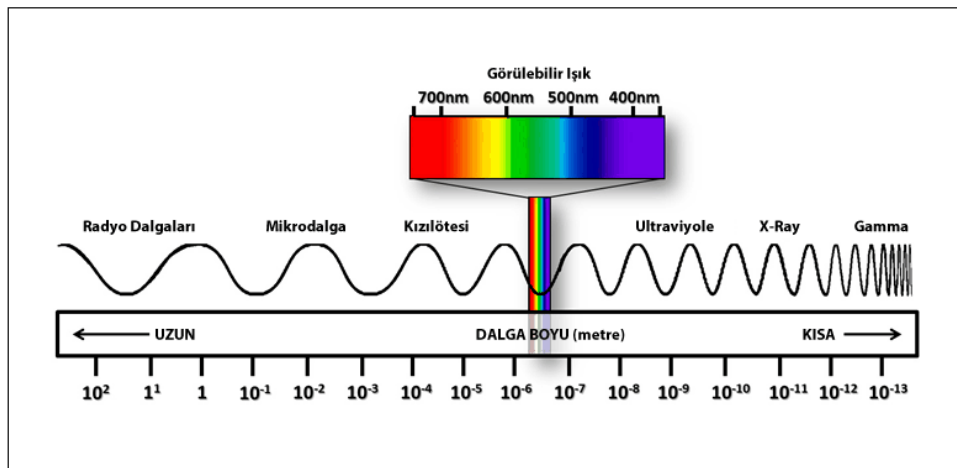
Kristal	Kimyasal Formülü	(n)
Soda-Kireç Camı	-	1.51
Spinel	-	1.72
Florit	CaF <sub>2</sub>	1.94
Zirkon	ZrSiO <sub>4</sub>	1.9 - 2.1
Kasiterit	SnO <sub>2</sub>	2.04
Seryum Oksit	CeO <sub>2</sub>	2.33
Baddeleyit	ZrO <sub>2</sub>	2.40
Anatas	TiO <sub>2</sub>	2.52

Gelen ışık, yarı saydam bir malzemeye gönderildiğinde iki şekilde yansır. Yüzey düzgün ise gelen ışığın açısı ile yansıyan ışığın açısı birbirine eşit olur. Buna ayna yansıması adı verilir. Yüzey pürüzlü ise gelen ışığın açısı ile yansıyan ışığın açıları farklıdır. Işığın bir kısmı yüzeyden saçılarak dağınık bir şekilde, yani difüz yansıma yapar. Difüz olarak yansıyan ışık ile

malzeme arasında etkileşim çok daha güçlüdür. Bu yüzden aynamsı yansıyan ışığa göre renk, daha güçlü bir şekilde ortaya çıkar. Çok parlak bir materyalin ışıkla etkileşimi sonucunda renginde kayıp ve azalma gözlemlenirken, mat bir materyalin renginde ise kayıp çok daha düşük derecededir. Difüz yansıyan ışık, yüzeyde penetrasyon oluşturduğu için objenin rengini az miktarda muhafaza eder. Yüzey, ince tozlarda görüldüğü gibi çok pürüzlü ise ışık, tane-hava ara yüzeyinde saçılır ve daha fazla penetrasyon gerçekleşir. Bu durumda ise malzeme renksiz gözükür. Işık, saydam bir malzemeye girdiğinde ve çıktığında iki ortam arasındaki kırınım indisi farkına ve geliş açısına bağlı olarak bir sapma gösterir. Eğer bir fark yok ise ışık demetinin yönünde sapma olmaz ve tamamen görünmez olur (Özel, 2004; Beyoğlu, 2007; Tanışan, 2018).

Bir malzeme yüzeyinde, gelen ışığın bir kısmı yansıma oluşturur. Bu esnada bir kısmı da malzeme içerisinden geçerken absorbe edilir ya da görünür ışığını kaybedebilir. Elektromanyetik enerji; malzemenin atomlarına, iyonlarına ya da moleküllerine transfer edilir. Maddelerin algılanan rengi, ışığın bir kısmını absorbe etmesi sonucu görünür. Yani ışığın rengi malzeme tarafından absorbe edilen ışığın tamamlayıcısıdır ve eğer ışığın tamamı absorbe edilirse madde siyah olarak görünür (Beyoğlu, 2007; Akdemir, 2010).

Elektromanyetik spektrum dalga boyları,  $10^{-9}$ 'dan yani, kozmik ışıklardan yüzlerce metreye varan ( $10^{-12}$  radyo dalgaları), sayısız ışın içerir. Elektromanyetik spektrum Şekil 4.3'te görülmektedir.



Şekil 4.3. Elektromanyetik spektrum (Berns, 2000).

Işığın dalga boyu, görünür bölgede 380 nm ile 700 nm aralığında değişiklik gösterir. Renk, 380 nm ile 700 nm dalga boyuna sahip görünür bölgede radyasyonun absorbe edilmesi sonucu meydana gelir ve oluşan bu absorpsiyonda elektron geçişi olur. Görünür bölge; genel olarak yeşil, mavi, kırmızı gibi üç geniş renk bandına bölünse de renklerin bütün dalga boylarını içerir. Görünür bölgedeki renklerin dalga boyları ve enerjileri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Bir dalga boyu, malzeme tarafından absorbe edildiğinde geriye kalan dalga boyları malzemedan geçer. İnsan gözü, absorbe edilmeden geçen dalga boylarının rengini görür. Başka bir ifade ile her dalga boyu göz tarafından algılanan karakteristik bir renge sahiptir. Görünür renk, absorbe edilen rengin tamamlayıcı rengi olarak adlandırılır. 380 nm dalga boyuna sahip olan mor rengin tamamlayıcısı sarı renk iken; 700 nm dalga boyuna sahip olan kırmızı rengin tamamlayıcı rengi ise mavi ve yeşildir. Mavi ışık (kısa dalga boyları), kırmızı ışığa (uzun dalga boyları) göre daha fazla kırılır. Elektromanyetik ışının bulunduğu ortama bağlı olarak her dalga boyu için farklı bir regradif indekse sahiptir.

**Çizelge 4.2.** Görünür bölgedeki renklerinin dalga boyları ve enerjileri (Nassau, 2001).

Renk	Enerji, eV	Dalga boyu, nm
Kırmızı	1.771	700
Kırmızı - Turuncu	1.909	650
Turuncu	2.067	600
Sarı	2.138	580
Sarı - Yeşil	2.254	550
Yeşil	2.480	500
Mavi	2.765	450
Mor	3.100	380

Metalik olmayan malzemeler, görünür ışıktan geçirgen olurken aynı zamanda bu malzemeler saydam ise çoğunlukla renkli görünürler. Üç temel mekanizma ile ışık radyasyonu absorbe edilir, yani ışığı soğururlar ve bu soğurma sonucunda malzemelerin geçirgenlik karakteristiklerinden etkilenirler. Birinci mekanizma; elektronik polarizasyondur ve atomların ışık frekansları için önem taşır. İkinci mekanizma; malzemelerin enerji bant yapılarına bağlıdır, uyarılan atomun tabaka ki boşluğuna geçmesi ile ortaya çıkan absorpsiyondan oluşur ve sadece elektron taşınmasını içerir. Üçüncü mekanizma ise bant boşluğunun içine yerleşmiş olan safsızlıkların enerji seviyelerinin elektron geçişiyle bağlantılıdır.

Malzeme ile etkileşime giren ışığın bir kısmı belirli bir yönde giderken diğer kısmı farklı bir yöne giderek saçılabilir. Işık, malzeme ile etkileşime girdiğinde saçılma gerçekleşirse ‘difüz saçılma’ ismini alır. Eğer malzeme yüzeyi pürüzlü ise ışık tamamen saçılır ve az



geçirgenlik meydana geldiği için hiçbir renk gözükmez, yani malzeme opak olarak adlandırılır. Malzemelerin rengi, meydana gelen saçılmaya ve absorbe edilebilmesine bağlıdır. Absorpsiyon yok ise ve her bir dalga boyunda aynı saçılma oluşuyorsa malzeme beyaz, tam tersi bir durum olduğunda ise malzeme renkli demektir (Özel, 2004; Beyoğlu, 2007; Ballı, 2015; Tanışan, 2018).

#### 4.1.3. Renk oluşum mekanizmaları

Malzemelerdeki renk oluşumunu etkileyen pek çok sayıda neden mevcuttur. Bu nedenler Nassau tarafından 15 mekanizmaya ayrılmıştır. Renk oluşumunun temel mekanizmaları ve bu mekanizmalara ait bazı örnekler aşağıda verilmektedir (Nassau, 2001).

Enerji bantlarını içeren geçişler;

- Metaller: altın, bakır, demir, gümüş.
- Saf yarı iletkenler: elmas, galen, silisyum.
- Renk merkezleri: amatist, kuvars.

Moleküler orbitaller arasındaki geçişler;

- Organik bileşikler: biyolojik renklendiriciler, boyalar.
- Yük transferi: pek çok pigment, manyetik, mavi safir.

Ligant alan etkilerini içeren geçişler;

- Geçiş metal bileşikleri: bazı floresanlar, lazerler, pek çok pigment.
- Geçiş metal safsızlıkları: kırmızı demir cevheri, yakut, zümrüt.

Titreşimler ve basit uyarılmalar;

- Parlaklık, akkorluk: alev, karbon ark, lambalar.
- Gaz uyarılmaları: bazı lazerler, buhar lambaları.
- Titreşim ve rotasyonlar: buz, mavi gaz alevi, su.

Geometrik ve fiziksel optik özellikler;

- Kırılma, polarizasyon: gökkuşağı.
- Saçılma: kırmızı gün batımı, mavi ay, mavi gökyüzü, mavi gözler.
- Girişim: kamera lensleri, sabun köpüğü.
- Difraksiyon: bazı biyolojik renkler, opal, pek çok sıvı kristaller.

Minerallerin ve sentetik olarak elde edilen malzemelerin renklenmesinde en yaygın olarak görülen mekanizmalar iki başlık altında incelenmektedir ve bu mekanizmalar aşağıda verilmektedir (Ballı, 2015; Tanışan, 2018).

### Kristal alan etkisiyle renk oluşumu

Boyalarda renk oluşumu, geçiş metalleri ve bu metallerin impüritelerinden kaynaklanmaktadır. Renk, tamamı dolu olmayan d orbitalini içeren (Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, V) geçiş elementleri ile aktinit ve lantinit grupları gibi f orbitali dolu olan nadir toprak elementlerini (Ce, Nd, Pr, Sm vb.) bulunduran malzemelerden oluşur.

Kristal alan etkisiyle renk oluşum mekanizmaları iki şekilde incelenir:

### Geçiş metalleri ile renk oluşumu

Geçiş metalleri, gelen ışığın enerjisi ile birlikte oldukça yüksek enerji seviyelerine uyarılabilirler. Elektronlar beyaz ışığın belirli bir enerjisini absorbe ederek uyarılma için gerekli enerjiyi kazanırlar. Bu şekilde minerallerin bütün renklerde görünmesine neden olurlar. Yakut ve zümrüt bu mekanizmanın görüldüğü iki önemli örnektir.

### Renk merkezleriyle renk oluşumu

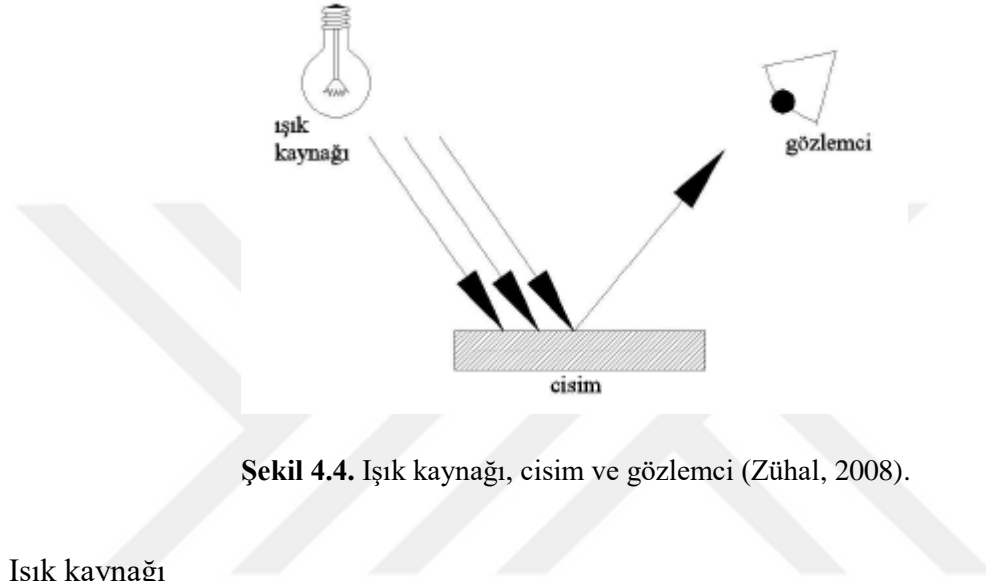
Renk merkezleri, atomların birbirinden uzaklaşmasıyla ya da oksidasyona uğramalarıyla oluşur. Genellikle radyasyonla meydana gelirler. Kristaller, elektriksel olarak yüksüz kalması gerektiğinden dolayı bir elektron, atomun bölgesinden ayrılmasıyla açıkta kalan boşlukta konumlanır ve F merkezini oluşturmaktadır. Bu elektron bir komşu atomdan gelir. Serbest bırakılan, çift oluşturmamış elektron enerjisi, kristal alan faktörleriyle kontrol edilen uyarılmış seviyeleri oluşturabildiği için ışık enerjisini absorbe etme eğilimindedir ve bu şekilde renk oluşur. Bu mekanizmanın en önemli örnekleri yeşil elmas, kahve topaz ve kuvarstır.

### Yük transferi ile renk oluşumu

Bu mekanizmanın temelini, transfer için gerekli olan enerjinin absorbe edilmesi oluşturmaktadır. Yük transfer geçişleri, elektrik yükünün bir iyondan başka bir iyona geçişiyle olur ve yük transferi şiddetli absorpsiyonlar ile meydana gelir. Genel olarak koyu mavi, kahverengi ve siyah gibi renkler oluşur (Özel, 2004; Beyoğlu, 2007; Ballı, 2015; Tanışan, 2018).

## 4.2. Rengin Algılanması

Renk algısını etkileyecek olan üç faktör vardır. Bunlar; ışık kaynağı, gözlenen cisim veya obje ve gözlemcidir (Şekil 4.4) (Wozniak, vd., 1981; Knispel, 1991; Berns, 2000; Russell, vd., 2000; Joiner, 2004).



Şekil 4.4. Işık kaynağı, cisim ve gözlemci (Zühal, 2008).

### Işık kaynağı

Daha önceki tanımlamalara göre görünür ışığın dalga boyunu, 380 nm ile 700 nm aralığında olduğundan bahsetmiştik. Renkler bu dalga boyları aralığındaki ışığın değişik dalga boylarıyla eşleşirler. Örneğin; kırmızı: uzun dalga boyu, yeşil: orta dalga boyu ve mavi: kısa dalga boyu ile tanımlanmıştır. Beyaz ise tüm dalga boylarının karışımından oluşur. Her bir renk, dalga boyu ve frekansı ile uyumlu olarak tanımlandığından, insan gözü sadece bu dalga boylarındaki ışınları algılar (Brewer, vd., 2004; Chu, vd., 2004; Joiner, 2004; Sarıkaya, vd., 2009).

Renk seçiminde çevresel faktörler ve aydınlatma durumu önemli rol oynamaktadır (Culpepper, 1970; Paul, vd., 2004). Belirlenen bir ışık altında aynı renkte gibi gözükten objeler farklı bir ışık altında bakıldığında farklı görülebilir. Bu farklılıktan doğan olay "metamerizm" olarak adlandırılır (Zaimoğlu, vd., 2004). Bu nedenle net bir sonuca ulaşabilmek adına renk seçimi biri güneş ışığı altında olmak üzere en az üç-dört değişik ışık kaynağı altında yapılmalıdır. Ayrıca, laboratuvar ve klinik arasında bir aydınlatma standardizasyonu sağlanmalıdır. Aydınlatmanın standardizasyonunun sağlanması, renk farklılığını, yani metamerizm etkilerini azaltır. İdeal koşullar, cisimlerin aynı renk yansıma eğrisine sahip olmalarıdır. Renk tespitinin yapılması için en uygun zaman 12:00-15:00 saatleri arasındadır.

Gün içerisindeki zaman, değişik mevsimler ve hava koşulları gün ışığının renginin doğrudan etkiler, yani standart bir gün ışığı mevcut değildir (Tunçdemir, 2008).

### Cisim (Obje)

Objenin ışığı soğurma veya yansıtma miktarları objenin renk özelliklerini belirlemede önemli bir etkidir. Objenin spektral olarak soğurma veya yansıtma eğrisi grafiksel bir eğri tanımlar ve sayısal olarak o rengi belirlemenin bir yoludur (Hill, 1987; Joiner, 2004). Objelerin renk farklılıkları grafikteki absorplanan veya yansıyan enerji ile tanımlanır. Örneğin; kırmızı bir obje kırmızı dalga boyuna sahip olduğundan mavi ya da yeşilden daha çok ışın yansıttığı için öncelikle kırmızı görünür. Ancak gözlemleyecek kişinin görme ve beyin sistemi tüm renklerin algılanmasını etkilemektedir (Knispel, 1991; Joiner, 2004).

Transparan objelerin yüzeyi geçen ışığın dalga boyuna bağlı olarak renk algısını değiştirebilir. Materyal tamamen transparan ise ışığın büyük bir çoğunluğu geçecek ve renk beyaz olarak algılanacaktır. Ancak materyalin opak olması durumunda tüm ışık absorbe edilecek ve renk siyah algılanacaktır. Bu durumun sonucuna göre obje, yansıyan dalga boyunun rengi olarak algılanıyor demektir (Chu, vd., 2004; Çal, vd., 2005).

### Gözlemci

Gözlemcinin gözü, obje tarafından iletilen ya da yansıtılan ışığı alır ve buna bağlı sonuçları yorumlar. Gözün yorumlama sonucu, kişilere göre farklılık göstermektedir.

İnsan gözü en çok 550-570 nm dalga boyları arasındaki yeşil renk bölümünde hassastır. İnsan gözü 10 milyonun üzerindeki farklı renkleri ayırt edebilir. Dolayısıyla insan gözü renk farklılıklarının karşılaştırması ve yorumlanması yoluyla tespitin en iyi yapıldığı bir dedektördür. Ancak bu renkler insan hafızasında tekrar oluşturulamaz (O'Brien, vd., 1997; Reis, 2000; Çal, vd., 2005).

İnsan gözü ile rengin tespiti, uyarılan retinadaki konik şeklindeki hücreler vasıtasıyla algılanması ile gerçekleşir. Bir renge ait olan uyarının göze sürekli olarak iletilmesi, gözün o renkten alacağı yanıtı azaltır. Bu duruma renk yorulması da denilebilir. Şayet uyarı ortadan kaldırılacak olursa, bir göz aynı rengi görüyormuş gibi algılamaya devam eder (Scharer, vd., 1982; Hegebarth, 1989; O'Brien, vd., 1997).

İnsan gözü haricinde pek çok dedektörler de ışığın algılanması ve yorumlanmasında kullanılır. Bunlar genel olarak spektrofotometre veya kalorimetre gibi fotodedektörleridir. Bu tür dedektörlerin sonucu yorumlanması tiplerine göre çeşitlilik gösterebilir.

Işık kaynağı, cisim (obje) ve gözlemci dışında rengin algılanmasını etkileyecek diğer faktörleri şöyle sıralayabiliriz (Anusavice, 2003):

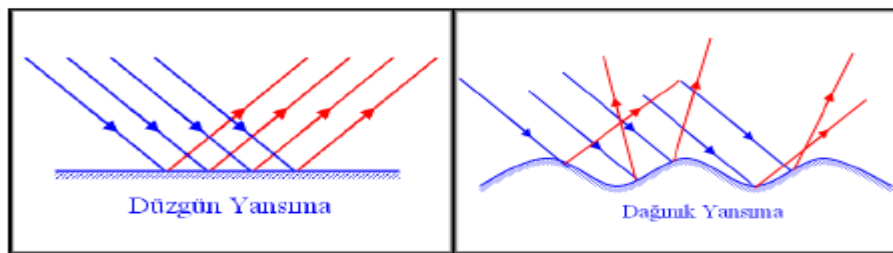
- Işık şiddeti
- Cinsiyet
- Yaş
- Renk reseptörlerinin yorgunluğu
- Hafıza ve kültürel geçmiş

### 4.3. Optik Özellikler

Bir objenin optik görünümü, obje üzerine gelen ışığın yansınması ve absorbe ettiği ışık miktarı ile belirlenir. Optik özelliklerin en belirleyici olanı cismin rengidir (Scharer, vd., 1982; Reis, 2000). Bir cismin rengi, yalnızca cismin ona özgü yapısını oluşturan renklendirme maddesi veya tonu ile değil, aynı zamanda cismin üzerine gelmiş olan ışığı ne derece yansıttığına veya kırdığına da bağlıdır (Aladağ, 2003). Cismin ışık geçirgenliğine göre şeffaf, yarı şeffaf ve opak özellikte olabilir (Craig, 2002; Arikawa, vd., 2007; Ota, vd., 2011). Bunun yanında ışığın kırılma ve yansınması, ışıldama özellikleri, opalesansı, parlaklığı ve metamerizm özellikleri de bir cismin optik görünümü etkileyen bir diğer faktörlerdir (Smith, vd., 1964; Seghi, vd., 1986; Fischer, 1999).

#### 4.3.1. Işığın yansınması

Işıktan yayılan ışınların, bir yüzeye çarpıp geri dönmesi olayına yansınma denir. Yüzeyi düzgün bir cisim üzerine gelen ışınların, cisim üzerine geldiği açının aynısı olarak geri yansınmasına, “düzgün yansınma”; yüzeyi düzgün olmayan bir cisme gelen ışınların değişik açılarda birçok yöne yansınmasına ise “dağınık yansınma” denir (Şekil 4.5) (Craig, 2002; Fondriest, 2003; Chu, vd., 2004).

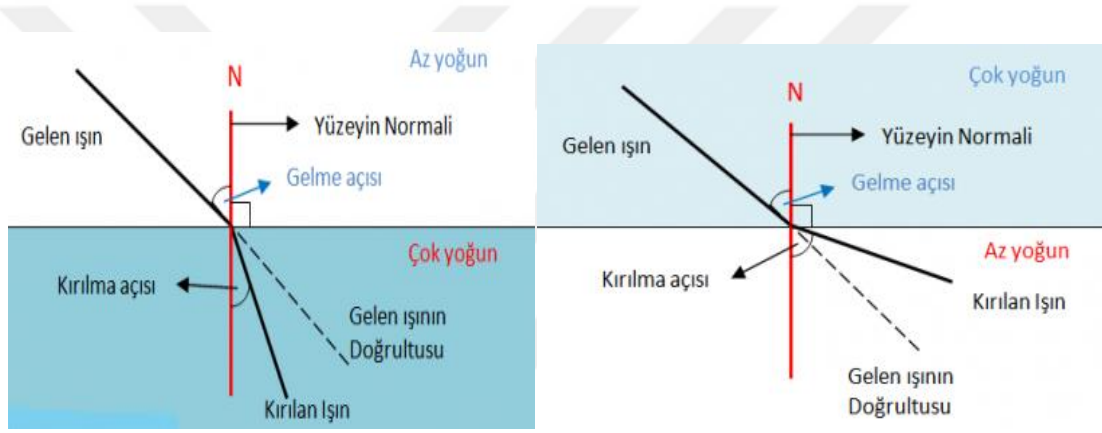


Şekil 4.5. Işığın düzgün ve dağınık yansınması (Dede, 2011).

### 4.3.2. Işığın kırılması

Işık ışınları hava ortamından, su veya cam gibi saydam bir yüzeye ulaştığında kırılma meydana gelir. Kırılma; ışık ışın demetinin saydam tabaka içerisinde farklı hızlarda oblik olarak geçerek ayrışmasıyla olan olaya denir (Kahramanoğlu, vd., 2013).

Işık farklı yoğunluğa sahip ortamlardaki hız oranları ortamın kırılma indisini verir. Kırılma indisi; objenin karakteristik özelliğini ve tipini belirlemede kullanılır. Işık, saydam ortamdan daha az yoğun bir ortama geçtiği zaman hızını artırarak normalden uzaklaşır, daha yoğun saydam bir ortama geçtiğinde ise hızını azaltarak normale yaklaşır (Şekil 4.6) (Billmeyer, vd., 1981; Craig, 2002; Lee, 2008).



**Şekil 4.6.** Soldaki resimde daha yoğun bir ortama giren ışık ışınının hızının azalarak normale yaklaşması, sağdaki resimde ise daha az yoğun ortama girerek normalden uzaklaşması görülmektedir (Fenodevi, 2020).

### 4.3.3. Opalesans özelliği

Bir materyalde ışık dalgaları o materyalin kendi dalga boylarından daha küçük bir cisimle karşılaştığında, yansıtılırlar, eğilirler ve bütün doğrultularda saçılmaya uğrarlar. Kısa olan dalga boyları, uzun olan dalga boylarına göre daha kuvvetli bir biçimde yön değiştirirler. Kısacası opalesans özellik dediğimiz durum, bir materyalin kısa dalga boyuna sahip ışık yayması veya saçması olarak tanımlanabilir (Fondriest, 2003; Paravina, 2004a). Bu özelliğe sahip bir materyal, kendisine iletilen ışığın altında turuncu-kahverengi; yansıyan ışığın altında ise mavimsi-beyaz olarak bir görünüm kazanmaktadır (Mayekar, 2001).



**Şekil 4.7.** Doğal bir dişin yansıyan ışıkta mavimsi-beyaz (solda), iletilen ışıkta ise turuncu-kahverengi (sağda) görülmesi (Ahmad, 2006).

#### 4.3.4. Opasite

Opasite bir materyalin ışık geçişini engelleme yani; maskeleyebilme gücünün ölçüsüdür. Bir cisim, güneş ışığı gibi beyaz ışık kaynağı altında, gelen ışınları olduğu gibi yansıtıyorsa, cisim beyaz görünür. Eğer spektrumdaki bütün renkler eşit oranda absorbe ediliyorsa, cisim siyah görünür. Opak bir materyal, gelen ışığın az bir miktarını emerek diğer kısmını büyük ölçüde yansıtır (Craig, 2002; Chu, vd., 2004; Paravina ve Powers, 2004a; Powers ve Sakaguchi, 2006; Arikawa, vd., 2007; Ota, vd., 2011).

#### 4.3.5. Yarı saydamlık (Transludentlik)

Yarı saydamlık, materyalin ışık geçişine izin vermemesiyle birlikte geçen ışığın dağılması sonucu arkasında bulunan cismin görülememesidir. Dental porselen, kompozit rezinler ve akrilik materyali gibi diş hekimliğinde kullanılan bu malzemeler, dişin doğal görünümünü yakalayabilmek için transludent özellik taşır. Çoğunlukla, bir materyalin transludentliğinin artması parlaklığının azalması anlamına gelir (Anusavice, 2003; Fondriest, 2003; Ota, vd., 2011).



**Şekil 4.8.** Bir materyalin transludentliğinin kontrol edilmesi (Aladağ, 2003).

#### 4.3.6. Saydamlık (Transparanlık)

Transparanlık, ufak değişikliklerle beraber gelen ışığın tamamının geçişine izin veren tam geçirgen cisimlerdir (Muia, 1985; Şahin ve Sarıoğlu, 1983). Bu cisimlerin ardındaki objeler rahatlıkla görünür (Craig ve Powers, 1989; Chu, vd., 2004).

Transparan bölgeler genellikle genç bireylerin dişlerinde bulunur. Transparan bölgelerin görünümü griden koyu maviye değişiklik gösterebilir. Saydamlık derecesi, materyalin içerisinde saçılmanın artması ile azalma gösterir (Touati, vd., 1999).

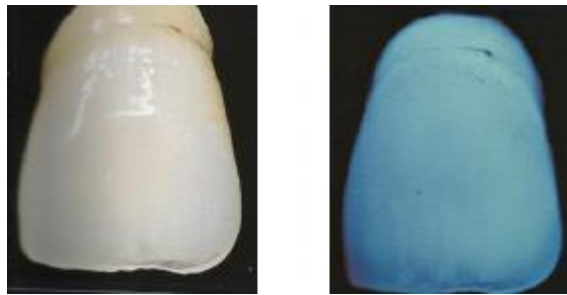
#### 4.3.7. Işıldama özellikleri

Işıldama kavramı çerçevesinde iki optik etki birleşmiştir. Bunlar; floresans ve fosforesans kavramlarıdır.

##### Floresans özelliği

Morötesi ışınlarla maruz kalan bir materyalin kısa dalga boyuna sahip ışınları absorbe etmesi ve buna karşın uzun bir dalga boyuna sahip olan ışınları yansıtmasıdır (Fondriest, 2003; Paravina, vd., 2004a).

Dental seramikler de ultraviyole ışığa maruz kaldıklarında floresans özellik gösterirler (O'Brien, vd., 1997). Bu özellik dişin canlı görünümüne ve parlaklığına katkı sağlamaktadır. Floresans özelliği artması ile yoğunluk azalır (Winter, 1993).



**Şekil 4.9.** Seramik krunun morötesi ışık altındaki floresans özelliği (Adolfi, 1881).

##### Fosforesans özelliği

Esas olarak fosfor içeren bileşenlerde görülen radyasyonun emilimi ile ortaya çıkan ve radyasyon durduktan sonra uyarılan elektronların fazla enerjilerini bir süre gecikme ile saçması



sonucu ortaya çıkan ışıldama özelliğidir. Fosforesans özelliği dental seramiklerin özellikleri arasında yer almamaktadır (Chu, vd., 2004).

#### **4.3.8. Pigmentasyon**

Metal dışındaki bir materyalin içerisinde bulunan ve rengi ortaya çıkaran partiküller ‘‘pigment’’; rengi ortaya çıkarmak için oluşturulan renklendirme işlemine ise ‘‘depigmentasyon’’ adı verilir (Fondriest, 2003).

#### **4.3.9. Metamerizm**

Bir ışık kaynağı altında belirlenmiş bir objenin renginin diğer bir ışık kaynağı altında farklı görünmesidir (Knispel, 1991; Rosenstiel, vd., 2001; Watts, 2001; Jahangiri, vd., 2002).

Renk anahtarındaki bir rengin floresan ışık altında normal dişe uyması, ancak buna karşın akkor flamanlı lamba ışığı altında farklı renkte görülmesi bu duruma örnek teşkil etmektedir (Groh, vd., 1992; O’Brien, 2002). Floresan ışık kaynağında mavi-yeşil renk tayf ön planda iken bu renkler baskın olarak algılanır, akkor ışıkta ise kırmızı-sarı tayf ön plandadır ve bu renkler baskın olarak algılanırlar (Rosenstiel, vd., 2001; Watts, 2001; Sarıkaya, vd., 2009).

Metamerizm, dental klinik ve laboratuvar arasındaki aydınlatma türünün farklılığından da kaynaklanabilir. Eğer bu ortamlardaki ışık kaynakları farklı ise dental materyalde farklı renkler görülebilir. Bu sebeple, renk seçiminde metamerizm etkisini azaltmak veya yok etmek için aydınlatmaların standardizasyonu sağlanmalıdır (Scharer, vd., 1982; O’Brien, vd., 1997; Mayekar, 2001).

#### **4.4. Renk Sistemleri**

Renk sistemleri objelerin renk değişkenliğini tanımlamak için kullanılmaktadır (O’Brien, 2002). Bu sistemler rengi tanımak amacıyla ve endüstride renk belirlenmesinde kullanılmaktadır (Billmeyer, vd., 1981). Kullanımı geniş bir yelpazeye sahip bu sistemlerin hemen hepsi geçtiğimiz yüzyılın ortalarında geliştirilmiştir (Çizelge 4.3) (Johnston, 2001; Kuehi, 2002; Mollon, 2003; Chu, vd., 2004; Paravina, vd., 2004b).

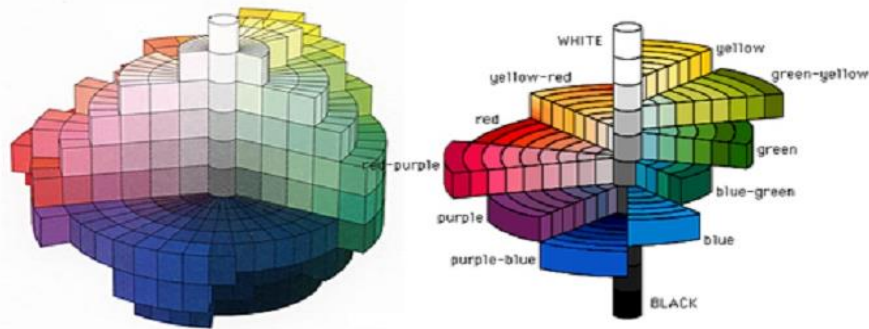
**Çizelge 4.3.** Renk sistemlerin türleri, adları ve geliştirildikleri tarihler.

Tarih	Sistem Türü	Geliştirenin Adı
1905	Munsell renk sistemi	Munsell
1916	Otswald renk sistemi	Otswald
1931	CIE sistemi	Comm. Int. l'Eclairage
1955	DIN sistemi	Richter
1962	NCS	Hard ve Sivik
1968	Coloroid renk sistemi	Nemcsisc
1976	CIE L*a*b* sistemi	Comm. Int. l'Eclairage

Günümüzde diş hekimliğinde, doğal diş ve restorasyonlarının renk değerlendirmelerinde genellikle iki renk sistemi tercih edilir (Rosenstiel, vd., 2001). Bu tercih edilen iki sistem; Munsell renk sistemi ve CIE L\*a\*b\* renk sistemidir (Pizzamiglio, 1991).

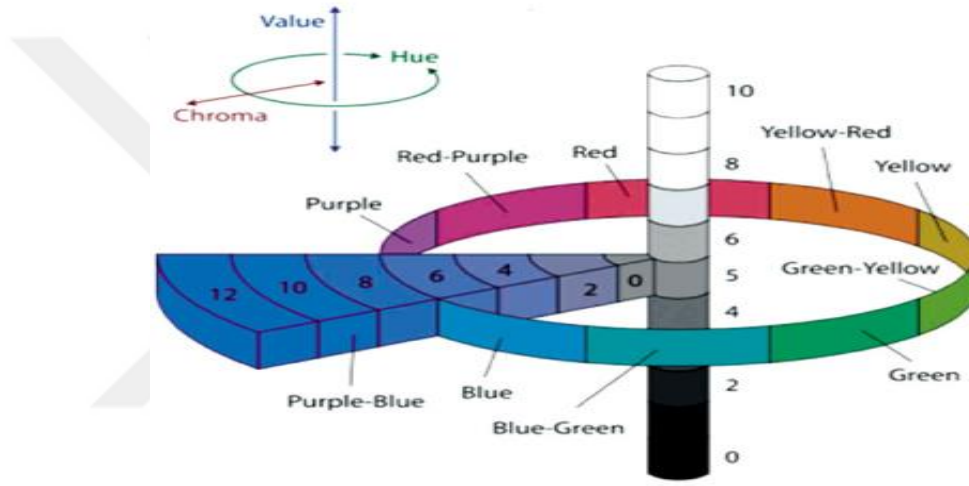
#### 4.4.1. Munsell renk sistemi

Munsell renk sistemi uygunluk, esneklik, kullanım kolaylığı gibi sebeplerle diş hekimliğinde ve ilgili laboratuvarlarda renk seçiminde tercih edilen, dünya çapında kendini kanıtlamış bir sistemdir (Seghi vd., 1986; Tung, 2002; Paravina, vd., 2004b). Amerikalı bilim insanı Albert H. Munsell tarafından 1945 yılında literatüre girmiştir. Geliştirilen ilk renk sistemi olup, daha sonra geliştirilen sistemler içinde temel teşkil etmiştir (Şekil 4.10). Albert H. Munsell sisteminde rengi üç farklı boyuta ayırmıştır. Bunlar; Hue (H); ana renk, Value (V); rengin parlaklığı ve Chroma (C) dediği; rengin doygunluk derecesidir (Seghi, vd., 1986; Rosenstiel, vd., 2001; Sproull, 2001; O'Brien, 2002; Fondriest, 2003; Paravina, vd., 2004b; Joiner, 2004).



**Şekil 4.10.** Munsell renk sistemi (Msxlabs, 2017).

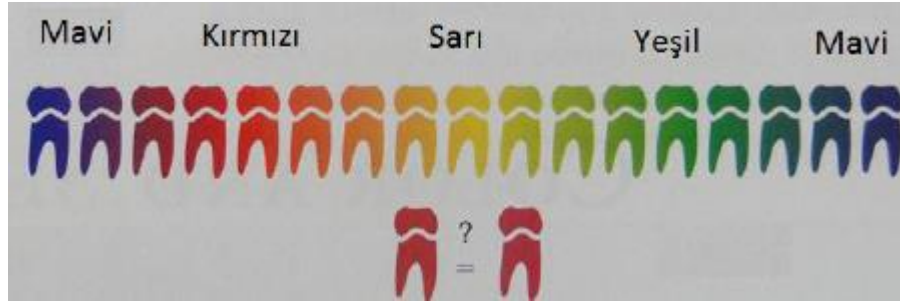
Munsell sisteminin parlaklık derecesini temsil eden siyahtan beyaza doğru değişim gösteren bir eksen üzerinde, ana renklerin saat yönünde dizildiği bir daireye benzer. Bu sistem 5'i ana renk ve 10'u ara renk olduğu kabul edilir. Sistem içerisinde bu renkler; kırmızı (R), sarı (Y), mavi (B), yeşil (G) ve mor (P) harfleriyle temsil edilir. Sistem içerisinde ana renklerin dışında, ana renklerin birleşimi ile oluşan diğer renklerde mevcuttur. Ana renklerin birleşimi ile oluşan bu renkler; YR, GY, BG, PB ve RP şeklinde ifade edilir. Bütün bu renkler ve bu renklerin parlaklıkları ile doygunluklarının bileşiminden düzgün olmayan bir renk küresi oluşur (Şekil 4.11) (Billmeyer, vd., 1981; Kuehni, 2002; Paravina, vd., 2004b; Joiner, 2004).



**Şekil 4.11.** Munsell'in üç boyutlu renk sisteminde ana ve ara renklerin gösterimi (Park, 2011).

### Hue (Renk tonu)

Renk tonunu ifade etmek ve değişik renk ailelerinin ayrımını sağlamak için kullanılır (Şekil 4.12). Bir objenin adı renk bazında kırmızı, yeşil veya sarı olabilir ve cisimden geçen ya da yansıyan ışığın dalga boyu ile belirlenir (Fondriest, 2003; Joiner, 2004). Bu rengin adını, spektrumun görünür bölgedeki dalga boyunun yeri belirler (Mayekar, 2001; Rosenstiel, vd., 2001; Nohl, vd., 2002; Chu, vd., 2004). Munsell renk sisteminde, rengin tonu 10 dereceye ayrılmıştır. Bunlar; sarı, sarı-kırmızı, kırmızı, kırmızı-mor, mor, mor-mavi, mavi, mavi-yeşil, yeşil ve yeşil-sarıdır (Rosenstiel, vd., 2001; Nohl, vd., 2002; Chu, vd., 2004).



**Şekil 4.12.** Hue (renk tonu), değişik renk ailelerinin ayrımı (Freedman, 2012).

### Value (Renk değeri)

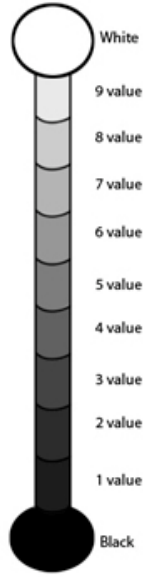
Saf siyah renk ve saf beyaz renk arasındaki parlaklık derecesidir veya bir rengin açıklığı ya da koyuluğudur (Şekil 4.13) (O'Brien, 2002; Joiner, 2004).



**Şekil 4.13.** Value (renk değeri), bir rengin açıklığı ya da koyuluğu (Freedman, 2012).

Bir objenin parlaklığı, obje üzerinden geçen veya yansıyan ışık enerjisi miktarına bağlıdır ve yansıyan ışık miktarı ile de doğru orantılıdır. Beyaz bir yüzeyin üzerine gelen ışığı tüm dalga boylarında yansıtır ve en yüksek parlaklık değerine sahip olup bu değer 100 olarak kabul edilir. Siyah yüzeye gelen tüm dalga boylarındaki ışığı ise soğurarak en düşük parlaklık değeri olan 0 kabul edilir (Rosenstiel, vd., 2001; Nohl, vd., 2002; Fondriest, 2003). Siyah-beyaz fotoğraflarda renk yoktur. Ancak cisimlerin görüntüleri aydınlık değerine göre grinin açık ve koyu tonları olarak görünür. Birbirinden tamamen farklı iki renk tam anlamıyla aynı value değerine sahip olabilir. Bu durumu anlamak için, renklerin siyah-beyaz televizyondaki görünüşünü hayal etmek bir fikir oluşturabilir (Chu, vd., 2004).

Munsell renk sisteminde value değerleri 0'dan 10'a kadar sıralanmıştır ve sistemin en altında siyah, en üstünde beyaz renk bulunmaktadır. Bu değerler arasında siyah renkten beyaz renge doğru olan gri renk tonları value değerlerini oluşturur. Saf beyaz 10, saf siyah ise 0 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.14).

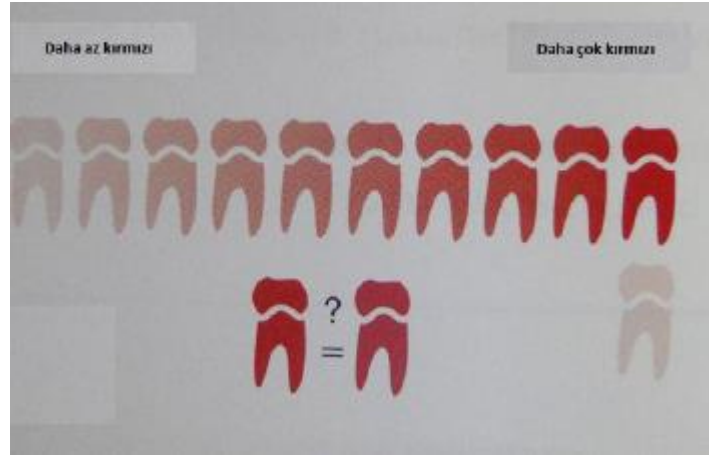


**Şekil 4.14.** Saf siyah ve saf beyaz arasındaki value değerleri (Ennisart.blogspot, 2020).

Doğal dişlerin value değerleri 4-8 arasında değişiklik göstermektedir (Billmeyer, vd., 1981; Rosenstiel, vd., 2001; Fondriest, 2003; Chu, vd., 2004; Paravina, vd., 2004b). Value değerinin belirlenmesi diş rengi seçmenin en önemli aşaması olarak görünür. Value değerinin yanlış tespit edildiği bir restorasyon, değer düşük ise daha gri ve cansız, değer yüksek ise daha parlak ve opak görülür. Value değeri yüksek olan bir restorasyon doğal dişlerden daha kolay ayırt edilebilir ve estetik açıdan daha fazla hataya neden olur. Bir restorasyonun renginin value değerini yükseltmek için beyaz, düşürmek için ise gri veya siyah eklenir (Rosenstiel, vd., 1989; O'Brien, 2002; Chu, vd., 2004). Value değerinin doğru bir şekilde yapıldığı restorasyonlarda, hue ve chroma değerlerinin yanlış tespiti sonucu ortaya çıkacak estetik hatalar nispeten daha az fark edilebilir. Öte yandan hue ve chromadaki yapılan değişiklikler value değerini de düşürerek, restorasyonun daha koyu ve gri görünmesine neden olur (Billmeyer, vd., 1981; Rosenstiel, vd., 2001; Fondriest, 2003; Chu, vd., 2004; Paravina, vd., 2004b).

#### Chroma (Renk yoğunluğu)

Renk doygunluğunun bir derecesidir ve bir rengin gücünün, yoğunluğunun ve berraklığının bir ölçüsüdür (Şekil 4.15) (Joiner, 2004). Hue'nin kuvveti olarak da bilinir (Fondriest, 2003). Munsell bu durumu; kuvvetli bir rengi zayıf bir renkten ayıran özellik olarak tanımlamıştır (Sproull, 2001; Joiner, 2004). Örneğin; pembe bir renk, düşük doygunluktaki kırmızıdır (Mayekar, 2001; Rosenstiel, vd., 2001; Nohl, vd., 2002; Chu, vd., 2004).



Şekil 4.15. Renk doygunluğu (Freedman, 2012).

#### 4.4.2. CIE XYZ renk sistemi

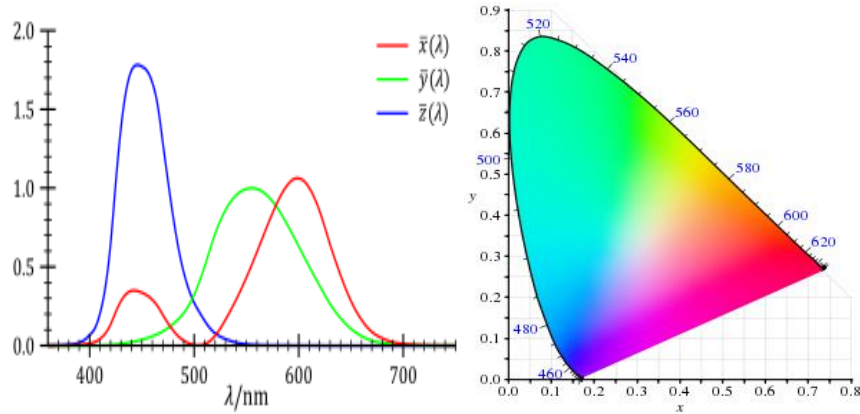
Munsell'in renk tanımlamasından sonra ışık, aydınlatma ve renk üzerine araştırmalar yapan uluslararası bir kuruluş olan CIE (Commission Internationale D' Eclairage) 1931 yılında XYZ tristimulus (aydınlatma gibi alanlarda standart bir ışık kaynağı ve standart bir gözlemci ile verilen bir renge, insan görme sisteminin verdiği bir cevap) değerlerini tanımlamıştır. CIE sisteminde kullanılan X, Y ve Z parametreleri; CIE gözlemcisi tarafından tanımlanan spektral cevap fonksiyonları temeline dayanmaktadır. Bu X, Y ve Z değerleri üç ana rengin (kırmızı, yeşil ve mavi) algılanmasını sağlayan sinirlerin beyne yolladıkları uyarıların toplamıdır. Her üç uyarının toplamının uyarı miktarına oranı rengi tanımlar. X, Y ve Z değerlerinin toplamı rengin görsel duyulanma toplamına eşit değerdedir (Seghi, vd., 1986; Paravina, vd., 2004b).

$$x = \text{Kırmızı} / (\text{Kırmızı} + \text{Yeşil} + \text{Mavi}) \text{ veya } x = X / (X + Y + Z)$$

$$y = \text{Yeşil} / (\text{Kırmızı} + \text{Yeşil} + \text{Mavi}) \text{ veya } y = Y / (X + Y + Z) \text{ iken}$$

$$(x + y + z) = 1 \text{ ve üçüncü eksen, } z = 1 - (x + y) \text{ 'dir (Sarıkaya vd., 2009).}$$

Renk biliminde gamut (Şekil 4.16'daki at nalına benzeyen resim), renkli görüntü işleme cihazlarının sahip olduğu renk yelpazesi olarak tanımlanır (Şekil 4.16) (Seghi, vd., 1986; Paravina, vd., 2004b).

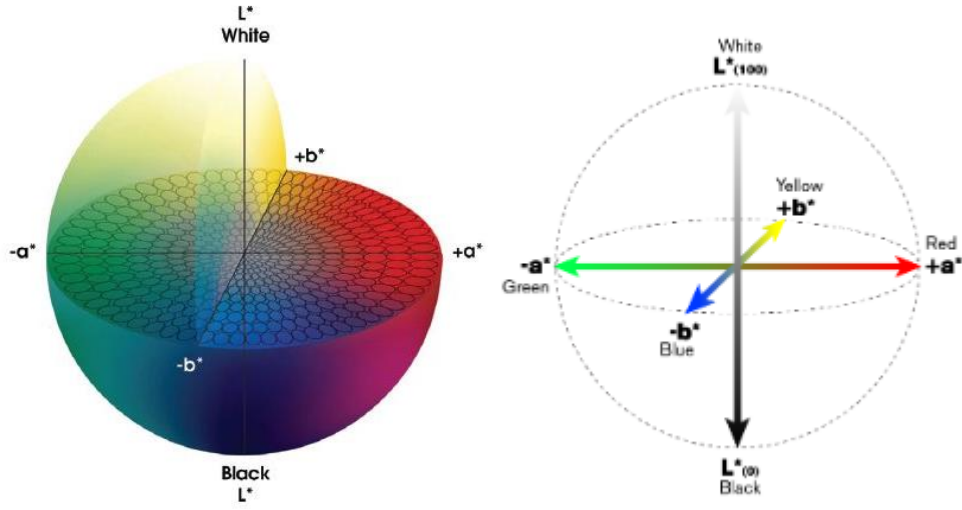


Şekil 4.16. CIE XYZ renklerin tristimulus değerleri eğrisi (Wikipedia, 2019).

#### 4.4.3. CIE L\* a\* b\* renk sistemi

CIE L\*a\*b\* renk sistemi 1931 yılında, CIE (Comission Internationale De L'eclairage) tarafından geliştirilmiş ve renk ölçümlerinde uluslararası standart olarak kabul edilmiştir. CIE L\*a\*b\* renk sistemin temeli, rengin oluşturduğu spektral cevabın standart bir ışık kaynağı altında ve standart bir gözlemci tarafından tanımlanmasına dayalıdır (Seghi, vd., 1986; Shotwell, vd., 1986; Kochard, vd., 1991; Rosenstiel, vd., 2001; Wee, vd., 2002).

CIE L\*a\*b\* renk sistemine göre rengin 3 farklı boyutu mevcuttur ve bütün renkler, 3 farklı eksenle kesişerek merkezini oluşturduğu bir küre içerisinde yer almaktadır. L\* eksen, rengin açık ve koyu olduğunu veya rengin parlaklığını belirten bir parametredir. Bir cismin beyaz (+) ve siyah (-) arasındaki açıklık ve koyuluk koordinatlarını verir. Renk skalasında siyaha en yakın 0 L, beyaza en yakın ise 100 L değerini almaktadır. Yatay eksen a\*, herhangi bir cismin kırmızı (+) ve yeşil (-) arasındaki koordinatlarını gösterir. Eğer değer pozitif ise kırmızılığı, negatif ise yeşilliği temsil eder. Diğer bir yatay eksen olan b\*, bir cismin sarı (+) ve mavi (-) arasındaki koordinat değerlerini gösterir. Değer pozitif yönde artış gösterirse sarı renge, negatif yönde bir düşüş gözlenirse mavi renge yaklaşıyor demektir. Yatay eksenlerde bulunan a\* ve b\* koordinatlarının 0 değerleri nötr renkleri (beyaz, gri) verirken, bu değerlerin artması rengin daha doygun ve yoğun olduğunun göstergesidir (Şekil 4.17) (Mulla, vd., 1991; Okubo, vd., 1998; Fondriest, 2003; CIE, 2004; Guler, vd., 2005a; Guler, vd., 2005b; Bayındır, vd., 2006; Kucukesmen, vd., 2008).



Şekil 4.17. CIE L\*a\*b\* renk sistemi (Kucukesmen, vd., 2008).

CIE L\*a\*b\* renk sistemindeki bu 3 koordinatın verdiği değerler bir rengin 3 boyutlu renk uzayındaki sayısal değerini verir ve bu sistem tek bir değerle renk değişimini tanımlayabilir. Bu değer  $\Delta E$  değeridir ve aşağıdaki formül ile hesaplaması yapılır (Dancy, vd., 2003; Ertan, vd., 2005; Karamouzos, vd., 2007; De Azevedo Cubas, vd., 2011; Chaiyabutr, vd., 2011).

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

$\Delta E$  formülünde yer alan  $L_2$ ,  $a_2$  ve  $b_2$  ilk ölçüm değerleri iken,  $L_1$ ,  $a_1$  ve  $b_1$  ikinci ölçüm değerlerini temsil eder.  $\Delta E$  değeri, aynı veya farklı örneklerin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  koordinatlarındaki değişikliklerin miktarını ifade eder.  $\Delta E$  değerinin sıfırdan farklı olması renk farklılığını, bu değer sıfır olması ise bu iki rengin aynı olduğu anlamına gelir.  $\Delta E$  değerinde artma olursa, renk farklılığında da gözle görülebilir bir artış meydana gelir. Yapılan bilimsel çalışmalara göre, klinik olarak insan gözünün renk farklılığını tespit edebileceği  $\Delta E$  değeri sınırı konusu tam olarak netleşmemekle birlikte; bu değer 1'in altında olduğu renk farklılıklarının görsel olarak fark edilemeyeceği, 1-2 arasında kısmen ve 2'den büyük olanların ise fark edilebileceği kanaatine varılmıştır (Seghi, 1990; Douglas, 2000; Wee, vd., 2002; Karamouzos, vd., 2007). Renk eşleşmesinin klinik olarak yapıldığı çizelge Çizelge 4.4'te görülmektedir.

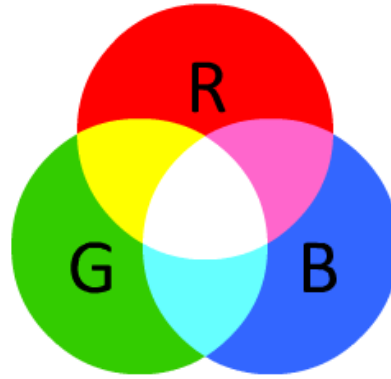


**Çizelge 4.4.** Klinik renk eşleşmesi.

Renk farklılığı ( $\Delta E$ )	Klinik renk eşleşmesi
0	Mükemmel
0,5 – 1	Çok iyi
1 – 2	İyi
2 – 3,5	Klinik olarak kabul edilebilir
>3,5	Uyumsuz

#### 4.4.4. RGB renk sistemi

Televizyon ekranı ve bilgisayar monitörü gibi çeşitli elektronik cihazlar insan gözünde konuları uyaran kırmızı, yeşil ve mavi (red, green, blue – RGB) renkleri karıştıran dalga boyları yayması ile renkleri oluştururlar. Herhangi bir renk veya renkleri bilgisayarda görüntülemek için bu üç renk belirli yoğunluklarda karıştırılır (Şekil 4.18). Teorik olarak düşünüldüğünde, RGB dalga boyları birleştirilirse beyaz ışık elde edilebilir. Bu nedenle kırmızı, yeşil ve mavi renge eklenen birincil renkler olarak adlandırılır. Işığın, RGB dalga boylarının belirli miktarlarda siyah ilavesi ile renk elde edilir (Ubassy, 1995; Chu, vd., 2004).

**Şekil 4.18.** RGB renk sistemi (Kirupa, 2008).

#### 4.5. Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Tespit Yöntemleri

Doğal dişlere en uygun renklerde restorasyon yapımı için renk seçimi diş hekimliğinin en zor işlemlerinden birisidir (Yap, vd., 1999). Belirli bir diş renginin analizi için kullanılacak iki yöntem mevcuttur: görsel ve bir cihaz yardımı ile renk ölçümü yapılması. Diş hekimliğinde bu amaca yönelik en sık kullanılan yöntem, diş ve renk skalalarına ait örneklerin karşılaştırılmasıdır. Görsel anlamda renk tespit yöntemleri bir yandan pratik olmasına rağmen oldukça subjektiftir. Bununla beraber cihaz yardımı ile yapılan ölçümlerden hızlı ve

objektif sonuç alınmasıyla beraber, bu sonuçların matematiksel verilere dönüştürülmesi gibi avantajları da mevcuttur (Van Der Burgth, vd., 1985; Johnston, vd., 1989; Seghi, 1990; Omar, vd., 2010).

#### 4.5.1. Görsel renk ölçümü

Görsel renk ölçümü analizinde en sık kullanılan yöntem, renk skalalarının kullanımınıdır (Lee, vd., 2001; Dancy, vd., 2003; Chu, vd., 2010). Ancak görsel renk ölçümü analizinde yapılan renk seçimlerinin tutarlılığını etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır:

- Ölçüm yapılacak olan ortamı aydınlatan ışığın spektral özellikleri ve şiddetine bağlı faktörler,
- Renk seçimini yapan bireyin beceri, deneyim, yaş, cinsiyet ve renk reseptörlerinin yorgunluğu gibi bireysel varyasyonları,
- Renk seçiminde kullanılacak olan renk tablalarının doğal dişe ait tüm renkleri barındıracak yeterlilikte olması,
- Renk tablasındaki örneklerin, renk düzlemlerine göre sistematik olarak yerleştirilmemesi (Sproull, 2001).

#### Işık kaynağına göre faktörler

Dental kliniklerde genellikle doğal gün ışığı, florasan ve tungsten flamanlı ışık kaynaklarından yararlanır. Tungsten flamanlı ışık kaynaklarında ağırlıklı olarak kırmızı ve sarı spektrumlu ışık hakim olduğundan, bu ışık kaynağı altında cisimlerin rengi kırmızıya ve sarıya çalar. Florasan lambalarda ise mavi ve yeşil spektrumun ağırlığına bağlı olarak cisimler daha mavi görünümlü olurlar (Şekil 4.19) (Rosenstiel, vd., 2001; Brewer, vd., 2004).



**Şekil 4.19.** Objelerin farklı ışık kaynaklarında farklı algılanması (Öngül, 2006).

Gün ışığı normalde bütün renk spektrumlarını içermesine karşın, günün zamanı, nem ve kirliliğe bağlı olarak, gün ışığının içeriğinde renk spektrum dağılımında bazı düzensizlikler olabilir. Örneğin; sabah ve akşam saatlerinde mavi spektrumlu ışık atmosfer tarafından

dağıtıldığı için yalnızca kırmızı-turuncu spektrumlu ışığı içine alır ve kırmızı-turuncu renk görünür. Gün ışığının dengeli bir dağılım gösterdiği an, aydınlık bir günün öğle saatinde kuzeyden gelen, 6500°K renk sıcaklığındaki gün ışığı olduğu, yapılan çalışmalarda görsel renk ölçümü için ideal olarak kabul edilmiştir (Stockman, vd., 1998; Rosenstiel, vd., 2001; Watts, vd., 2001; Anusavice 2003).

### Gözlemci ile ilişkili faktörler

Renk; ışık kaynağı, cisim ve gözlemcinin kompleks bir reaksiyonu olan sübjektif bir algıdır (Crispin, vd., 1991). Gözlemcilerin bazılarında görülen renk körlüğü de renk algısında hataya neden olur. Bu kişilerin yeşil ve kırmızı renklere karşı hassas koni fotoseptörlerinin olmamasına bağlı olarak kırmızıyı yeşilden ayırt edemezler (O'Brien, 2002; Anusavice, 2003).

Renk algısı kişiden kişiye farklılık gösterebildiği gibi aynı bireyde de farklılık gösterebilir. Bu sağ ve sol göz arasındaki algılama farkından kaynaklanmaktadır. Aynı renkteki ve şekildeki obje yan yana getirildiğinde biri diğerinden daha açık renk ve daha büyükmüş gibi görünebilir. Bu yüzden renk seçimi yapılırken tercih edilen renk skalası dişin yanına değil dişin altında tutulmalıdır (Şekil 4.20) (Chu, vd., 2004).



**Şekil 4.20.** Renk seçimi yapılırken renk skalası dişin altında tutulmalıdır (Özel İnci Diş Ağız ve Diş Sağlığı Polikliniği, 2010).

İlaç kullanımı, yorgunluk, yaşlanma ve hastalıklara bağlı olarak gözün fonksiyonlarında yaşanacak bozukluklar, rengin algılanmasını da değiştirmektedir (Wozniak, vd., 1981; Çal, vd., 2005; Ayyıldız, vd., 2011).

#### 4.5.2. Renk skalaları

Görsel rehberler olarak kullanılan renk skalaları; sadece rehberlik görevi yaparlar, birebir bitmiş sonucu göstermezler. Uygun bir ortam, doğru miktarda ve nitelikte ışığın sağlanması ve göz yorulmasının mevcut olmaması, doğru bir renk seçimine ulaşmak için önemli ön koşullardır (Stepheni, 2004). Günümüzde en çok kullanılan renk skala sistemleri şunlardır:

- Vita Classic (Vita, Germany)
- Vitapan 3D-Master (Vita)
- Chromascop (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)
- IPS e.max Ceram Dentin A-D (Ivoclar Vivadent)
- Kişiyeye göre özel ya da spesifik chroma ve value rehberleri

#### Vita Classic

Günümüz diş hekimliğinde en çok kullanılan skala olup, temel olarak 4 farklı renk grubunu içermektedir. Bu renk grupları A, B, C ve D harfleri ile temsil edilmiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Vita Classical skalası (Vita North America, 2020).

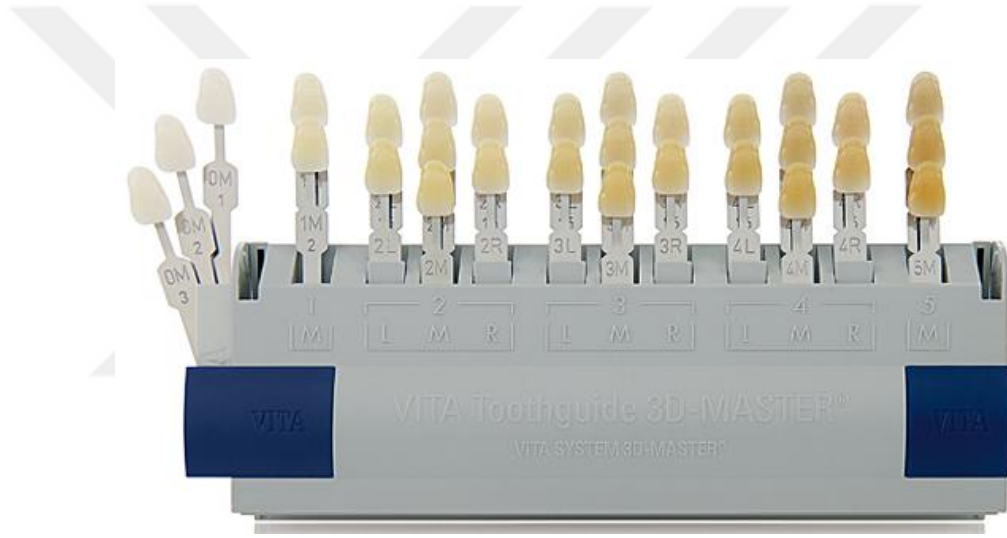
- A1-A4 grubu kırmızımsı – kahverengi renklerini,
- B1-B4 grubu kırmızımsı – sarı renkleri,
- C1-C4 grubu gri rengi,
- D2-D4 grubu ise kırmızımsı – gri renkleri

temsil etmektedir (<http://www.vita-zahnfabrik.de>). Bu sisteme göre doğal dişlerin renklerinin belirlenmesi esnasında öncelikle rengin kendisi dikkate alınır ve bu 4 grup

içerisinden en yakın renk grubu belirlendikten sonra o grup içerisinde rengin diğer boyutları olan parlaklık değerine ve doygunluk değerine karar verilir.

### Vitapan 3D-Master

Rengin 3 boyutlu olan hue, value ve chromayı tam anlamıyla içermesi için geliştirilmiş bir skaladır (Şekil 4.22) (Ahmad, 2006; Ahn, vd., 2008). Bu skalayı diğer skalalardan ayıran en büyük fark üç boyutlu hazırlanmasıdır. Renk uzayı, doğal dişlenmeye çok benzer ve CIE  $L^*a^*b^*$  sisteminin kırmızı ( $a^*$ ) ve sarı ( $b^*$ ) renk koordinatları arasındadır. Vita Classic renk skalasında renk tabletleri skala üzerine rastgele yerleştirilmişken, 3D-Master skalası sistematik bir şekilde yerleştirilmiştir (Ahmad, 2006).

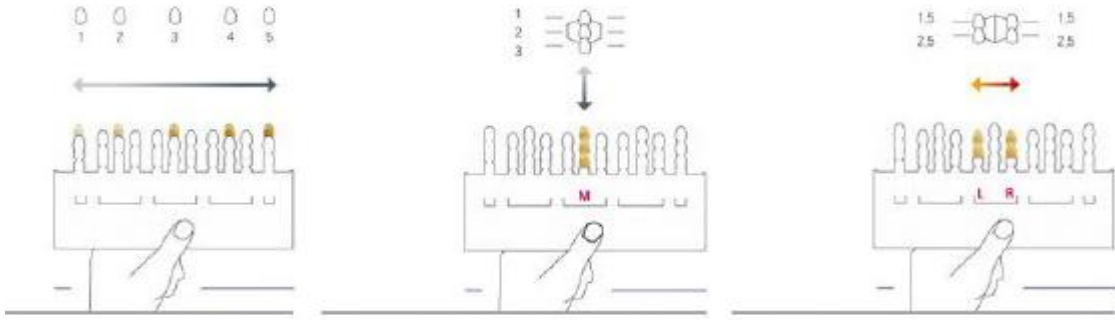


**Şekil 4.22.** Vitapan 3D-Master renk skalası (Sky Dental Supply, 2020).

3D-Master skalasında renk tabletleri üç basamaklı harf ve renk kombinasyonuna göre dizayn edilmiştir. Örneğin 4M2 renk tabletinde (4) rakamı value değerini gösterir. Ortada bulunan (M) harfi hue'yu ve son rakam olan (2) ise chroma'yı gösterir (Paravina, vd., 2004a; Ahn, vd., 2008).

Üretici firmanın önerisiyle renk seçiminde şu yol izlenir: ilk aşamada öncelikle diş renginin value değeri saptanır. Bu değer 1'den 5'e doğru azalarak giden 5 farklı düzeyi vardır (ağartma değerleri hariç). Bu düzeyler 1M1-2M1-3M1-4M1-5M1 olarak adlandırılır. İkinci aşamaya gelindiğinde ise diş renginin doygunluk değeri yani chroma saptanır. İlk aşamada belirlenmiş olan M (medium) değerine sahip renk örnekleri buldukları gruptan çıkarılır ve bu grup içerisinde doğal dişe en yakın doygunluk değeri olan örnek seçilir. M grupları 3 farklı düzeyden olup, kendi içerisinde renk doygunluk değerleri 1'den 3'e doğru artma gösterir. Son

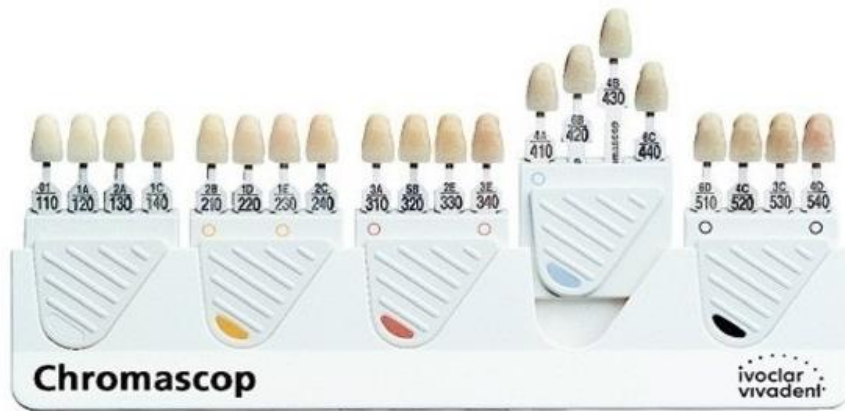
aşamada ise rengin kendisi belirlenir ve L-M-R olarak adlandırılan 3 kategoriye ayrılır. M grubu içerisinde doygunluk değeri belirlenmiş olan renk örneği doğal diş ile kıyas edilerek daha sarımsı (L) veya daha kırmızımsı (R) olup olmadığı kontrol edilir (Şekil 4.23) (Llena, vd., 2001; Sky Dental Supply, 2020).



Şekil 4.23. Vita 3D-Master renk skalası ile renk belirlenmesi (Sky Dental Supply, 2020).

### Chromascop

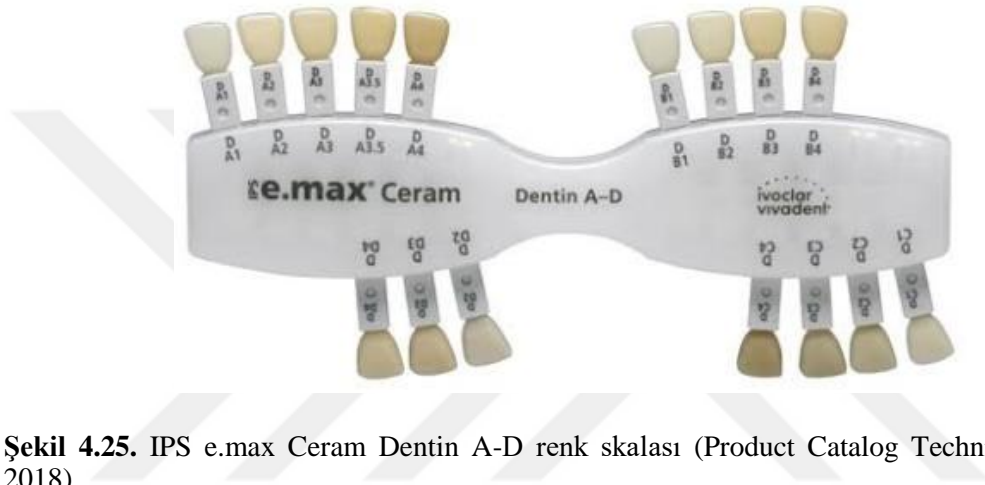
Bu skalada rengi ayırt etmek için rakamlar kullanılır. 100 (beyaz), 200 (sarı), 300 (turuncu), 400 (gri) ve 500 (kahverengi) olmak üzere beş tip değerler belirlenmiştir (Ahmad, 2006; Ahn vd., 2008). Chroma yani doygunluk değerleri için de yine rakamlar kullanılmıştır ve 10'dan 40'a kadar değerler verilmiştir. 10, yüksek value değerine düşük chroma değerine sahip iken, 40 ise düşük value değerine ve yüksek chroma değerine sahiptir (Şekil 4.24). Bu skala değerlerini aynı zamanda Vita Classic skala değerlerine dönüştürmek için bir dönüştürme çizelgesi de mevcuttur (Ahmad, 2006).



Şekil 4.24. Ivoclar Chromascop renk skalası (Dental Product Shopper, 2015).

### IPS e.max Ceram Dentin A-D

Skaladaki her bir ürünün renk tonu, her bölgede aynı olacak şekilde üretilmiştir. Malzemelerin yarı saydamlığını daha iyi göstermek için hafif bir kama şekli gösterilmiştir. Mevcut renklendirme kılavuzlarından ayırımını kolaylaştırmak için IPS e.max Ceram renk kılavuzlarının çubukları ve tutucuları açık gri renktedir (Şekil 4.25) (Product Catalog Technical Catalog, 2018).



**Şekil 4.25.** IPS e.max Ceram Dentin A-D renk skalası (Product Catalog Technical Catalog, 2018).

#### **4.5.3. Aletsel renk ölçümü**

Dental materyallerin renginin analizinde görsel renk ölçümü yöntemleri yanında, rengin daha detaylı olarak belirlenmesi amacı ile farklı cihazlar kullanılmaktadır. Renk ölçümünde cihaz kullanımının en büyük avantajı sonuçların nesnelliğinin sağlanmasıdır (Okubo, vd., 1998; Dancy, vd., 2003; Joiner, 2004; Chu, vd., 2010).

Bu amaçla kullanılacak cihazlar;

- Kolorimetreler
- Spektrometreler
- Spektrofotometreler
- Dijital fotoğraf makineleridir (Çizelge 4.5) (Lou, 2004; Kim-Pusateri, vd., 2009).

Kullanılacak cihazın tipine ve ölçülecek objeye göre optik elementlerin düzenlenmesi farklılık göstermektedir. Optik elementler; ışık kaynağı, bütünleşik küre, dalga boyu seçme cihazı ve fotoreseptörden oluşur. Tercih edilen ışık kaynağı genellikle halojen lambalardır (Power, vd., 2006).

**Çizelge 4.5.** Diş hekimliği uygulamalarında kullanılan bazı renk seçim cihazları.

Ürün	Cihaz Tipi	Donanım	Ölçüm Alanı	Kullanımı
<b>ClearMatch</b>	Yazılım, dijital renk analizi	Dijital kamera	Görüntü boyutu büyütmeyle bağlı	Bireysel ve farklı skalalarla uyumlu seçim
<b>Shade Eye NCC</b>	Kolorimetre	Kablosuz, küçük el aleti	3 mm prob çapı	Shofu ve Vita klasik porselen renk seçimi
<b>ShadeScan</b>	Dijital renk analizi	Fiber optik kablolu LCD ekranlı el aleti	Tüm diş görüntüsü	Vita klasik porselen renk seçimi
<b>Shade Vision</b>	Dijital kolorimetrik analiz ile dijital görüntü	Kablosuz, LCD ekranlı el aleti	Tüm diş görüntüsü	Farklı skalalarla uyumlu seçim
<b>SpectroShade</b>	Spektrofotometre, yazılım, dijital renk analizi	Fiber optik kablolu LCD ekranlı el aleti, dijital kamera	Tüm diş görüntüsü	Farklı skalalarla uyumlu seçim
<b>Vita Easyshade</b>	Spektrofotometre	Kablolu, küçük el aleti	5 mm prob çapı	Vita porselenleri, Vita klasik ve 3D Master renk skalası
<b>Vita Easyshade Compact</b>	Spektrofotometre	Kablosuz, küçük el aleti	5 mm prob çapı	Vita porselenleri, Vita klasik ve 3D Master renk skalası
<b>IKAM</b>	Yazılım, dijital renk analizi	Dijital kamera	Görüntü büyütmeyle bağlı	Bireysel skalalarla uyumlu seçim

### Kolorimetre

Kolorimetre, ışığın dalga boyu ve ışığın yoğunluğuna göre renk ölçümü yapmaktadır (Anusavice, vd., 2003). Ayrıca kolorimetre rengin sayısal olarak değerlendirilebilmesine olanak tanır. Gözdeki algılayıcılarla aynı özellikte olan üç renk filtresi yardımı ile yansıyan ışık ışınlarını kırmızı, yeşil ve mavi renk oranlarını çözümlenerek hesaplama yapmaktadır (Knispel, 1991; O'Brien, 2002; Chu, vd., 2010). Objeye ulaşan ışık miktarı fotodiyot filtreler ile kontrol edilir, objeden yansıyan ışık miktarı ise bir sensör yardımı ile tekrar ölçülür (Kim-Pusateri, vd., 2009). Cihazın kullanımı, spektrometre ve spektrofotometrelere göre daha kolay ve daha az maliyetlidir. Ancak cihazın filtrelerinin zamanla eskimesine bağlı olarak tutarlılığı, sürekliliği ve filtrelerin tekrar CIE renk sistemine uyumlu sonuç vermesi olasılığı zayıflar. Cihazın bir diğer dezavantajı da metamerizm miktarının ölçülmesinde kullanılamamasıdır (Powers, vd., 2006). Ayrıca translusent materyallerin renklerinin belirlenmesinde, ışığın



kırılarak, dağılmasından ötürü sonuçlarda problemler yaşanabilir. Örneğin; gerçek bir diş ile aynı renkteki metal seramik restorasyonun kolorimetrik sonuçlarında farklılık görülebilir. Bu duruma ‘edge loss’ adı verilir (Joiner, 2004).

Diş hekimliğinde renk tespiti için tasarlanmış ilk enstrüman 1980’lerin başında tanıtılmıştır. Ancak ara yüzeylerde kullanımı zor olduğundan yetersiz sonuç verdiği için başarılı olamamıştır. İkinci kuşak kolorimetrelerden, Shade Eye NCC (Şekil 4.26) dairesel ölçüm yapabilen bir algılayıcı ve titreşimli zenon flaş ile aydınlatma yapabilen bir proba sahiptir. Ölçümlerin gerçekleştirilebilmesi için probun diş yüzeyine temas ettirilmesi gerekir. Cihazın üzerinde rengi alınacak cismin cinsinin seçilerek ona göre kalibrasyon yapılmasına olanak sağlar. Böylece kolorimetredeki ışığın yansıma ve dağılarak kaybolması sorunu ortadan kalkmış olur (Seghi, vd., 1989; Chu, 2004; Kim-Pusateri, vd., 2009; Chu, vd. 2010). Kolorimetrenin en önemli eksikliği renk ölçüm sonuçlarının sadece Shofu’nun Vitage Halo porselen tozuyla yapılan restorasyonlar için seramik karışım miktarını hesaplamasıdır. Diğer skala tipleri içinde karşılaştırmalı sonuç verebilmektedir. Ancak günümüzde bu cihaz piyasada bulunmamaktadır (Goldstep, vd., 2012).

Bir diğer kolorimetre türü olan ShadeScan (Şekil 4.26) özellikle bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknolojileri ile üretimi yapılan restorasyonlarda kullanımı başarıyla sonuç veren bir cihazdır. Dişin tüm yüzeyinin analizi vermesi ile birlikte popüler renk skalalarıyla da uyumludur (Goldstep, vd., 2012).



**Şekil 4.26.** Soldaki resim Shade Eye NCC, sağdaki resim ShadeScan görülmektedir (Semantic Scholar, 2016; ResearchGate, 2020).

### Spektroradyometre

Rengin radyometrik değerlerinin ölçümünde kullanılırlar. Renk ölçümü, insan gözüne benzer şekilde cisme temas etmeden yapılmaktadır. Renk ölçümü gerçekleştirilirken aydınlatma kaynağı kullanılmaktadır. Cihaz ölçüm sonuçlarını gerçek görüş şartlarında sunuyor olması bu aletlerin olumlu bir özelliğidir. Ancak ölçüm açısındaki ufak sapmalar bile sonuçlarda büyük bir değişikliğe neden olmaktadır ve kullanım hassasiyeti bu aletlerin dezavantajlarıdır (Lou, 2004).

### Spektrofotometre

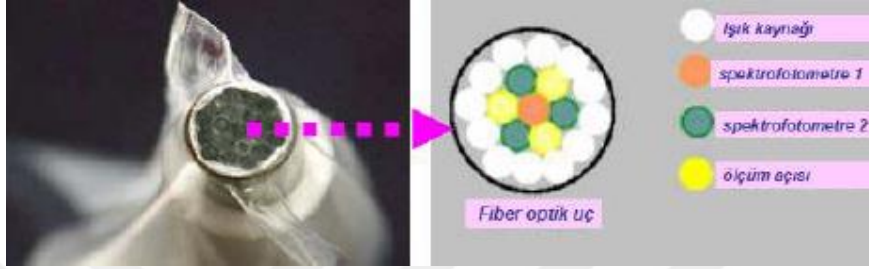
Spektrofotometreler yüzey renginin ölçülmesinde kullanılan, her dalga boyunda yansıyan ışık miktarını ölçebilen cihazlardır (Palla, vd., 2018). Temel olarak çalışma prensibi, rengi ölçülecek cisimden ve standart beyaz zeminden yansıyan ışığı görebilir spektrumda 1-25 nm aralıklarla ölçmektir (Lou, 2004; Chu, vd., 2010). Dental ve klinik uygulamalarında porselenler, restoratif rezinler, yapay dişler, dental materyaller ve renk skalalarındaki renk değişiminin tespitinde kullanılmaktadır (Sarıkaya, vd., 2009). Bu cihazlar kolorimetrelere göre daha uzun ömürlüdürler (Kim-Pusateri, vd., 2009). Kolorimetrelere göre daha doğru ve sistematik ölçüm sonuçları verirler ve daha çok düz yüzey olan bölgelerde ölçüm yapabilmek için tasarlanmış olduklarından, klinik kullanımda daha çok spektrofotometreler tercih edilmektedir. Standart koşullarındaki hata payı kolorimetreye göre daha düşüktür, tutarlıdır (Kücükesmen, vd., 2008; Da Silva, vd., 2008; Karaağaçlıoğlu, vd., 2008; Kim-Pusateri, vd., 2009; Chu, vd., 2010).

Bir spektrofotometre üç ana elemandan oluşur. Bunlar;

1. Işık kaynağı,
2. Işık kaynağını nesneye yansıtacak ve nesneden yansıyacak ışığı toplayacak bir araç (fiber optik uç),
3. Geri yansımış olan ışığın yoğunluğunu dalga boyu cinsinden hesaplayan bir spektrofotometre (Öngül, 2006).

Spektrofotometrelerde farklı renk ısısına sahip ışık şekilleri kullanılabilme ile birlikte çoğunlukla D55 ve D65 olarak tanımlanan ve 5500-6500°K renk ısısına sahip aydınlatma türü olan çeşitleri tercih edilmektedir. Spektrofotometrelerin bünyesinde yer alan paslanmaz çelik bir kanalın içinde bulunan geniş çaplı fiber optikler belirli bir dizilişte ve düzende bulunurlar. Dış tabakada bulunanlar dışı aydınlatırken, iç kısımdakiler spektrofotometre için gereken bilgiyi sağlayacak optiklerden ve açı denetleyici sensör fiberlerden oluşmaktadır (Şekil 4.27) (Öngül, 2006).

Günümüzde CAD/CAM sistemlerinin ve estetik özellikleri yüksek restorasyonların kullanımının artması klinisyenleri daha doğru renk belirleme yöntemlerini kullanmaya zorlamaktadır. Vita Easyshade, Vita Easyshade Compact (Şekil 4.28) gibi birçok kullanımı pratik spektrofotometrelerin piyasaya sürülmesi hem klinik kullanımı kolaylaştırmış hem de popüler skala değerlerini de gösterdiği için standardizasyonu sağlamıştır.



Şekil 4.27. Bazı spektrofotometrelerdeki fiber uç ve içeriği (Öngül, 2006).



Şekil 4.28. Vita Easyshade Compact (Dental Product Shopper, 2015).

### Dijital kamera

Sistemin en olumlu özelliği, cisim üzerindeki bir nokta veya bölgenin değil, tüm cismin renginin ölçülmesidir. Sistemde dişlerin görüntüleri standart şartlar altında dijital fotoğraf makinesi ile elde edilir ve sonuçlar bilgisayar programları yardımı ile CIE L\*a\*b\* değerleri cinsinden değerlendirilir. Sistem kabaca; dijital fotoğraf makinesi, bilgisayar, görüntüyü alan bir sürücü, bilgisayar programı ve renk sensöründen oluşmaktadır (Lou, 2004). Dijital kamera ile renk tespiti yapmak, klinik ve laboratuvar arasında daha kolay bağlantı sağlaması açısından son derece faydalıdır. Geleneksel renk skalaları ile beraber alınan fotoğraflar, bu bağlantıyı daha da arttırmakta ve bu fotoğraflar ayrıca dişin translusensi, opasite özellikleri ve yüzey karakteristiği

hakkında da bilgiler vermektedir (Craig, 2002; Chu, 2004; Sarıkaya, vd., 2009; Chu, vd., 2010).  
Bu cihazlara bir örnek olarak SpectroShade (MHT, İsviçre) verilebilir (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. SpectroShade (MHT, 2020).

## 5. LİTERATÜR ÖZETİ

Zirkonya desteklerin (blokların) renklendirilmesi için kullanılan başlıca yöntem, zirkonya desteğin bir renklendirme solüsyonuna daldırılması ile yapılan renklendirme işlemidir. Bu konu hakkında yapılan bazı araştırmalar ve yayınlanan makaleler şu şekildedir:

Tabatabaian ve arkadaşları, yapmış oldukları çalışmada monolitik zirkonya seramiklerinin kalınlık değerlerinin nihai ürün rengine olan etkilerini araştırmışlar ve bu amaçla iki farklı üreticiden (DDcubex, CopraSmile) temin ettikleri transparan monolitik zirkonya tozlarla farklı kalınlık değerlerinde (0.7, 0.9 ve 1.1 mm) ürettikleri peletleri, A4 skalasına karşılık gelen bir renklendirici solüsyonda renklendirmiş ve CIE L\*a\*b\* değerlerini ölçmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçlardan hareketle zirkonya kalınlığının nihai ürün rengi üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, uygulama açısından kabul gören bir renk elde edebilmek amacıyla zirkonya seramik kalınlığının 0.9 mm olması gerektiğini tespit etmiştir (Tabatabaian, vd., 2018).

Kaplan ve arkadaşları, yürüttükleri çalışmada molce %3 yitriya ile yarı kararlı hale getirilmiş dental zirkonya tozlardan disk formunda ürettikleri numuneleri, farklı derişimlerde (Ağ. %0.1, 0.25 ve 0.5) NiCl<sub>2</sub>, MoCl<sub>3</sub> ve NiCl<sub>2</sub>+MoCl<sub>3</sub> metal tuzları kullanılarak hazırladıkları renklendirici solüsyonlar içerisinde değişen bekleme sürelerinde (5, 30, 60) renklendirmiş ve uygulanan sürecin disklerin mikrosertlik, kırılma tokluğu, eğme mukavemeti ve aşınma oranı gibi mekanik özellikleri ile nihai renkleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Elde ettikleri sonuçlar, renklendirici solüsyonların derişiminin nihai renk üzerinde etkisi olduğunu ortaya koyarken, bu solüsyonlardaki bekleme süresinin nihai renk oluşumu üzerinde önemli etkisi olmadığını göstermiştir (Kaplan, vd., 2018).

Köksal ve Dikbaş, doğal diş rengini etkileyen renklendirici içecek (kahve vb.) içerisindeki bekleme süresinin farklı marka porselen ve protez diş uygulamalarının nihai renk üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, renk değişiminin söz konusu bekleme süresinden büyük oranda etkilendiği ve porselen dişlerin renk değişimine en dirençli örnekler olduğunu kaydetmişlerdir (Köksal ve Dikbaş, 2008).

Kuroda ve arkadaşları, sinterleme sürecinde uygulanan renklendiricilerin zirkonya seramiklerin eğme mukavemeti ve sertliği üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, farklı renklendirici solüsyonlar içerisinde (Vita in-ceram 2000 YZ ve IPS e.max ZirCAD) renklendirilen örneklerin eğme mukavemeti ve kırılma tokluğu değerlerinin kullanılan renklendirici solüsyon türünden bağımsız olduğunu belirtmişlerdir (Kuroda, vd., 2013).

DE 196 19 168 A1 numaralı patentteki çalışmada paladyumu su içerisinde çözdürüp, renklendirme çözeltisi hazırlamışlardır. Buna ek olarak hazırladıkları renklendirme çözeltisine alkol, glikol, glikol eter ve polietilen glikol gibi yardımcı çözücüler eklemişlerdir (DE 196 19 168 A1, 1997). Bu çalışmaya ek olarak G. D. Landgraf, benzer çözeltileri içerisinde Ti ve Fe içeren bileşiklerin iyonlarını çözdürmüştür (G. D. Landgraf, 1997).

Suttor ve arkadaşları geliştirdikleri patentte zirkonya desteklerin nadir toprak metalleri içeren solüsyonlar içerisinde renklendirilmesi amacı ile bir dizi iyonik ve/veya bileşik içeren solüsyonlar hazırlamışlardır. Bu amaçla, nadir toprak veya ikinci ya da sekizinci grup elementlerini alkol veya su bazlı çözücüler içerisinde çözdürerek çeşitli renklendirme solüsyonları elde etmişlerdir (Suttor, vd. 2004).

Shah ve arkadaşları, yürüttükleri çalışmada seryum ve bizmut tuzlarından oluşan renklendirme solüsyonlarının dental uygulamalar için kullanılacak olan zirkonyaların mikroyapı, renk, eğilme dayanımı ve yaşlanma direnci üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Alınan sonuç neticesinde seryum ve bizmut tuzlarının düşük konsantrasyonlarda kullanılması, zirkonya ürünleri için herhangi bir mekaniksel olumsuzluk teşkil etmediğini ortaya çıkarmıştır (Shah, vd., 2008).

Vichi ve arkadaşları, gerçekleştirmiş oldukları çalışmada piyasada bulunan renk tespit skalaların CIE L\*a\*b\* verisi olarak renk tahmini için referans alındığını ancak görsel tespitin daha net sonuçlar verdiğini vurgulamışlardır (Vichi, vd., 2011).

Kim ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada aynı zirkonya destek üzerinde renklendirme sıvısı uygulamasının sayısının arttırılmasına bağlı olarak CIE L\*a\*b\* değerlerini incelemişlerdir. Renk sıvı uygulamasının artmasıyla L\* değerinde azalma, b\* değerinde bir artış gözlemişlerdir. Ayrıca artan renklendirme sıvı uygulamasıyla birlikte ürünlerin ilk renklerine göre daha sarı hale geldiğini kaybetmişlerdir (Kim vd., 2014). Kim ve arkadaşları, farklı bir çalışmalarında renklendirilmiş olan monolitik zirkonya seramiklerinin optik özellikleri değerlendirmek için aynı renk algısına sahip olan kaplama zirkonya ve lityum disilikat cam seramiklerle karşılaştırmak adına, CIE L\*a\*b\* renk analizini gerçekleştirmişler ve sonuçların birbirlerinden farklı çıktığını gözlemişlerdir (Kim, vd., 2016).

Öztürk ve arkadaşları, gerçekleştirdikleri çalışmada renklendirme solüsyonu uygulanmış farklı numune kalınlıklarına sahip ürünlerin tekrarlanan pişirimler sonucu elde ettikleri renklerin farklı olduğunu gözlemişlerdir. Çalışmalarında DC-Zirkon ve IPS e.max Press markalı zirkonya destekler kullanmışlardır. Seramik kalınlığının artmasıyla birlikte, DC-

Zirkon markalı desteğin L\* değerinde önemli oranda bir düşüş, a\* değerinde artış gözlenirken, b\* değerinde önemli bir değişim olmamıştır. IPS e.max Press markalı desteğin ise L\* değerinde önemli düşüşler görülürken, a\* ve b\* değerlerinde bir artış saptamışlardır (Öztürk, vd., 2008). Bu çalışmaya ek olarak Çelik ve arkadaşları, A1 ve A3 porselen kaplama boyasını örnekler üzerinde renklendirmişler ve farklı pişimler uygulamışlardır. Tekrarlanan pişirimler sonucu, A1 ve A3 rengine sahip desteklerde L\* değerinde artış görülürken, a\* değerinde azalma gözlemlenmiştir. b\* değeri için A1 rengi örneklerinde değişim görülmezken, A3 rengi örneklerinde artış tespit etmişlerdir (Çelik, vd., 2008).

Kao ve arkadaşları, yapmış oldukları çalışmada farklı miktarda demir oksit içeren renklendirici solüsyonların zirkonya destekler üzerinde sarıdan kırmızıya gidecek şekilde bir renk spektrumu oluşturduğunu gözlemlemiştir (Kao, vd., 2017). Wen ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmalar sonucunda, CeO<sub>2</sub> ve Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> renklendiricileri kullanıp, bu renklendirici türlerin zirkonya destek üzerine sarıdan yeşile ve sarıdan kırmızıya gittiğinin saptamışlardır (Wen vd., 2008). Bu çalışmaları göz önüne alarak zirkonya desteklerin hangi renkte olması istenildiğine göre kullanılacak olan renklendirici solüsyonların içeriği önem arz etmektedir.

Lee ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, kullanılan zirkonya bloğun markasının nihai ürünün rengi üzerinde etkili olduğunu ortaya koyarken (Lee, vd., 2007), Son ve arkadaşlarının gerçekleştirdikleri çalışmada, nihai üründe yaşanan renk farklılıklarının blok markasının yanı sıra destek kalınlığına da bağlı olduğu kaydedilmiştir (Son, vd., 2010).

Önceden yapılan çalışmalar göstermiştir ki; piyasada söz sahibi olmuş farklı markalı zirkonya blok üreticilerinin kendi marka bloklarına ait renklendirme solüsyonları mevcuttur. Ancak farklı marka zirkonya bloklar üreten üreticilerin, piyasada söz sahibi olmuş olan markalardan aldıkları renklendirme solüsyonları, kendi blokları için istenilen renk tonunu karşılamamaktadır. Bunun başlıca sebepleri arasında, farklı marka zirkonya desteklerin sahip oldukları farklı porozite ve yoğunluk değerlerinden kaynaklanmaktadır.

## 6. AMAÇ

İnsan iletişimini etkileyen temel unsurlardan biri de etkileyici bir gülümseyiştir. Bu nedenle dişçiliğin estetik amaçları arasında, dişlerin birbirini orantılı olarak takip ettiği, hastanın dişetinin, dudaklarının ve yüzünün dişler ile uyumlu bir görüntü sergilediği bir gülümseme tasarlamak yer almaktadır.

Kullanılan protezin rengi de ön plana çıkan diğer parametreler arasındadır. Bu noktadan hareketle protez malzemelerindeki renk uyumu, yapılan restorasyonun başarısında kilit bir rol oynamaktadır. Renk uyumundan kasıt, hastanın doğal dişi ile protezin mümkün olduğu kadar benzer özellikte olmasıdır.

Zirkonya desteklerin (blokların) renklendirilmesi, zirkonya desteğin bu amaç için geliştirilmiş özel bir solüsyona (renk sıvısı) daldırılıp bir süre bekletilmesiyle gerçekleşmektedir. Renklendirme işlemlerinde diş protez laboratuvarlarının yaşadığı en büyük problem; farklı marka zirkonya desteklerde, aynı marka renklendirme solüsyonları kullanılsa dahi standart renkte destekler elde edilememesidir. Örneğin; prototip olarak üretimini gerçekleştirdiğimiz, S kodlu ve W kodlu zirkonya destekler ticari markalı solüsyonlarla 60 saniyelik renklendirmede elde edilen sonuçlar görsel açıdan farklılık göstermektedir. İki farklı ticari solüsyonun görselleri Şekil 6.1’de verilirken, bu iki farklı solüsyonla renklendirilen S kodlu ve W kodlu zirkonya desteklerin görselleri Şekil 6.2 ve Şekil 6.3’te verilmiştir.

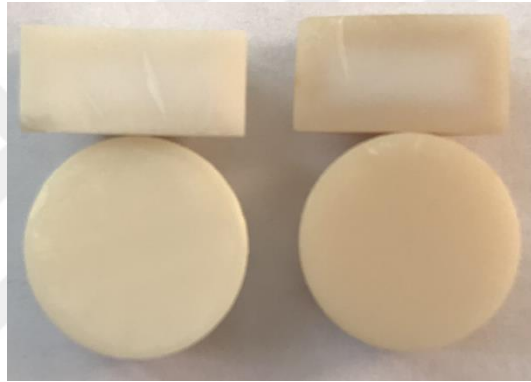


**Şekil 6.1.** T1 (solda) ve T2 (sağda) markalı ticari solüsyonlar.





**Şekil 6.2.** T1 marka solüsyon ile renklendirilmiş S kodlu (soldaki) ve W kodlu (sağdaki) zirkonya desteklerin belirgin renk farklılıklarını gösteren birer prototipi.



**Şekil 6.3.** T2 marka solüsyon ile renklendirilmiş S kodlu (soldaki) ve W kodlu (sağdaki) zirkonya desteklerin belirgin renk farklılıklarını gösteren birer prototipi.

Farklı marka zirkonya desteklerin sahip oldukları farklı porozite ve yoğunluk değerlerinden dolayı aynı renk sıvısı ile renklendirme yapılsa dahi farklı sonuçların elde edilebilmesi zirkonya desteklerin renklendirilmesi açısından karmaşık bir durum meydana getirmekte ve bu durum renklendirme sıvılarının pratikteki kullanımını sınırlandıran bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu tez çalışması ile özel bir marka zirkonya bloğa ait, renklendirme solüsyonlarının üretimlerinin geliştirilmesi ve karakterizasyonu hedeflenmiştir. Böylece diş protez laboratuvarlarının farklı zirkonya destekler için aynı renklendirme sıvıları kullanmaları sonucu standart bir renk elde edememeleri, buna bağlı gelişen zaman kaybı, istenilen renge ulaşıncaya kadar birçok kez farklı marka zirkonya blok satın alıp maddi açıdan zarara uğramaları ve satın almış oldukları markanın olumsuz sonuç vermesiyle diş protez laboratuvarına olan güvenin sarsılması gibi çeşitli problemlerin ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda Diş Seramikleri ve Nanomalzemeler Sanayi ve Ticaret Limited. Şirketi (Eskişehir) tarafından üretilen ZİRMAX zirkonya bloklara özel olarak geliştirilecek ve yalnızca söz konusu bloklardan hazırlanacak desteklerin renklendirilmesinde kullanılacak olan renk solüsyonlarının üretimi hedeflenmiştir. Çizelge 6.1’de dünya pazarında etkin olan renklendirici solüsyon üreticileri ülke bazında listelenmiştir. Listeden de görüldüğü üzere renklendirici solüsyonlar ülkemiz için önemli bir ithalat kalemidir.

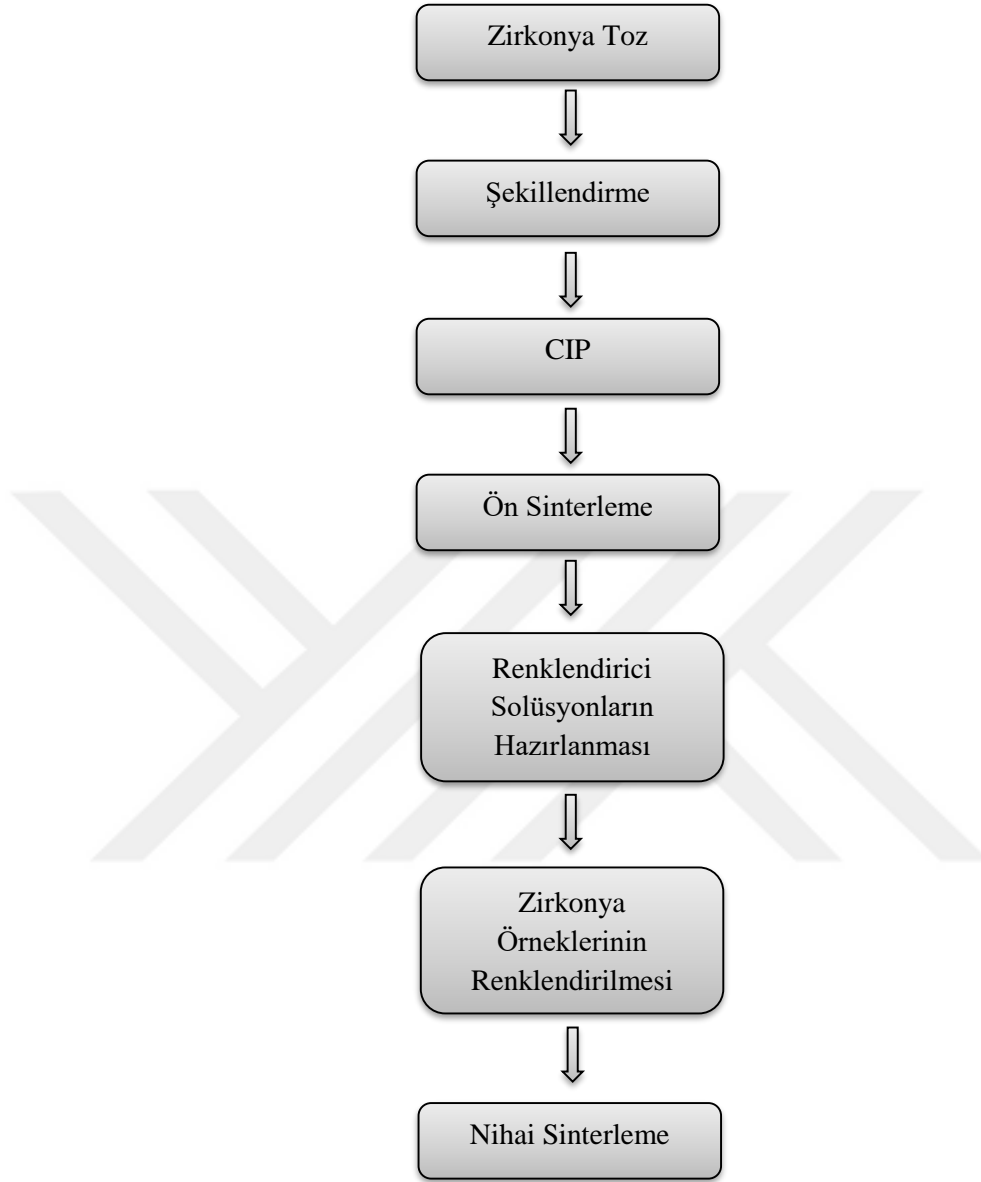
**Çizelge 6.1.** Dünya pazarında lider konumdaki bazı zirkonya destek ve renklendirici solüsyon üretici firmalar.

<b>Firma</b>	<b>Menşei</b>
Zirkonzahn	İtalya
Vita	Almanya
Dentsply Ceramco	Birleşik Devletler
SuperfectZir	Çin
ZFX / Zimmer Biomet	Almanya
IDS CAD Digital Artistry	Birleşik Devletler
Kubo Tech	Çin
WhitePeaks	Almanya
CaroZiir	İngiltere

TÜİK’nun “*Uluslararası Standart Sanayi Sınıflamasına (ISIC, Rev.3) Göre İthalat*” tablosundaki verilere göre “*Tıbbi Aletler*” grubunda yer alan bu üretici firmaların rolü, 2019 yılında toplam 4 863 358 \$’lık bir ithalat payının içerisinde gerçekleştirilmiştir. Bu meblağın yaklaşık %47,15’ünü dişçilikte kullanılan diş protez malzemeleri ve renklendirici solüsyonlara ait olduğu göz önünde bulundurulduğunda ülkemizin bu alanda kendi kendine yetebilirliğinin sağlanması söz konusu ithalat kalemini hafifletebilecek ve ilerleyen yıllar içerisinde ülkemiz ilgili alanda ihracat yapabilir bir konuma ulaşabilecektir. Yerli üretim olan ZİRMAX zirkonya bloklar ve bu bloklar için özel olarak geliştirilen renklendirici solüsyonlar ile ilgili alanda dışa bağımlılık azaltılarak ülke ekonomisine doğrudan katkı sağlanacaktır. Bu alanda ülkemizin kendi kendine yetebilir düzeye erişmesi hedeflenen diğer amaçlar arasında yer almaktadır.

## 7. MATERYAL VE METHOD

Farklı gramajlardaki zirkonya tozlar el presi ile şekillendirilip, pelet formuna getirilmiştir. Şekillendirme işlemi sonrası zirkonya peletler, vakum poşetinin içine konularak vakum alınıp soğuk izostatik pres (CIP) işlemi öncesine hazırlanmıştır. CIP işlemi gerçekleşen zirkonya peletler sonrasında ön sinterleme olan bağlayıcı uzaklaştırma işlemine tabii tutulmuştur. Ön sinterlenmesi tamamlanan zirkonya peletlerin, ayrıca zirkonya bloktan frezelenen korun ve köprü modellerin renklendirilmesi için renk solüsyonlarının yapımına başlanmıştır. Renklendirici tuzlar (metal tuzları) değişen katı oranlarında saf su, organik çözücü-1 (OÇ-1) (düşük molekül ağırlığa sahip bir polieter bileşiği) ve organik çözücü-2 (OÇ-2) (kimyasal yapısında hidroksil grubu içeren polimerik sıvı) içerisinde çözdürülerek çeşitli renk alternatifleri sunan solüsyonlar hazırlanmıştır. Zirkonya pelet/kuron/köprü numuneler hazırlanmış olan renklendirici solüsyonlara daldırma işlemi uygulanarak belirli bir sürede tutulup, zirkonya peletlerin renklendirici solüsyonu emmesi sağlanmıştır. Renklendirilme işlemi tamamlanan zirkonya numuneler nihai sinterleme işlemine tabii tutulmuştur. Bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneysel çalışmalar Şekil 7.1’de verilen iş akış şemasına göre uygulanmıştır. Üretim aşamalarının detayları bu bölümün alt başlıkları altında sunulmuştur.



Şekil 7.1. Deneysel çalışmaya ait iş akış şeması.

## 7.1. Zirkonya Numunelerin Hazırlanması

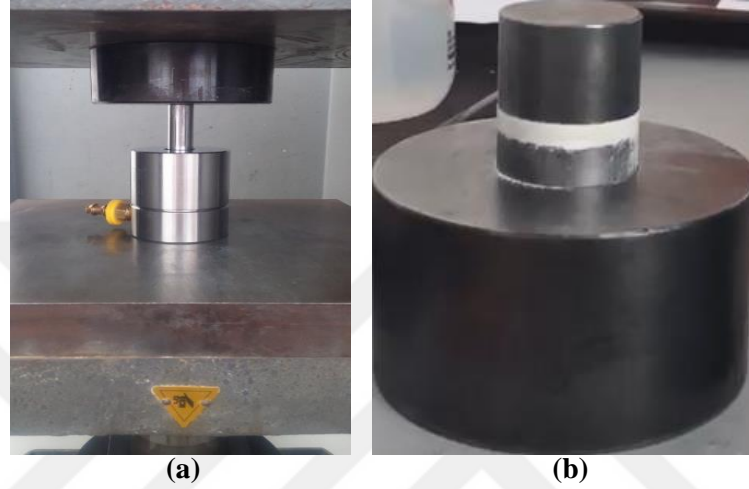
### 7.1.1. Kullanılan hammaddeler

Zirkonya peletlerin hazırlanmasında Seramdent firmasından temin edilen %3 mol yitriya katkısı ile yarı kararlı hale getirilmiş nano boyutlu zirkonya W kodlu ve zirkonya S kodlu tozlar kullanılmıştır.

Çalışmada ayrıca zirkonya W kodlu tozdan üretimi gerçekleştirilmiş olan zirkonya blok, CAD/CAM teknolojisi ile frezelenerek kuron ve köprü modelleri de kullanılmıştır.

### 7.1.2. Şekillendirme

Zirkonya peletlerin ön şekillendirme işleminde, 13 ve 30 mm çapa sahip iki farklı kalıp kullanılarak (Şekil 7.2), farklı gramajlarda ve basınç değerlerinde presleme işlemi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 7.2).



**Şekil 7.2.** Peletlerin hazırlanmasında kullanılan 13 mm çapındaki kalıp (a) ve 30 mm çapındaki kalıp (b).

**Çizelge 7.1.** Zirkonya tozların şekillendirilmesi için uygulanan gramaj/basınç değerleri ve uygulandıkları renklendirici solüsyonlar.

Zirkonya Toz	Gramaj (gram)	Basınç (PSI)	Uygulanan Renklendirici Solüsyonlar
W kodlu ve S kodlu	2,25	500	Prototip çalışma için hazırlanan renk solüsyonları
W kodlu	5	3000	Tek ajanlı renklendiriciler ile hazırlanan renk solüsyonları
W kodlu	1,5	500	IPS e.max Ceram Dentin A-D renk skalasına uygun olarak hazırlanan renk solüsyonları
W kodlu	0,15	250	IPS e.max Ceram Dentin A-D renk skalasına uygun olarak üretimi gerçekleşmiş olan B1-B2-A2-A3 renk solüsyonları
W kodlu	0,4	250	
W kodlu	0,4	500	
W kodlu	1,5	250	
W kodlu	5	1500	
W kodlu	5	3000	

Ön şekillendirme işlemi tamamlanan numuneler yüksek elastikiyete sahip torba içerisine yerleştirilerek (Şekil 7.3) vakuma alınmış ve sızdırmazlıkları sağlandıktan sonra maksimum 2000 bar çalışma kapasitesine sahip soğuk izostatik preste 200 MPa basınç altında preslenmiştir.



**Şekil 7.3.** Sol kısımda vakum poşetine alınan 2,25 gramlık peletler ve sağ kısımda ise vakum cihazı görülmektedir.

### 7.1.3. Ön sinterleme

Preslenmiş olan zirkonya peletlere ön sinterleme (bağlayıcı uzaklaştırma) işlemi laboratuvar ölçekli kutu tipi fırında Çizelge 7.3'te belirtilen programlara göre gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 7.2.** Ön sinterleme (ÖS) işleminde kullanılan fırın programı.

Program Adı	Zirkonya Pelet	Başlama Sıcaklığı (°C)	Isıtma Hızı (°C/dk)	Ön Pişirim Sıcaklığı (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Isıtma Hızı (°C/dk)	Son Pişirim Sıcaklığı (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Soğutma Süresi (dk)
ÖS - 1	W kodlu	25	0,5	700	180	5	900	180	175
ÖS - 2	S kodlu	25	0,5	700	180	5	1050	180	205

## 7.2. Renklendirici Solüsyonların Hazırlanması

Renklendirici solüsyonların hazırlanmasında renklendirici tuz-1, renklendirici tuz-2, renklendirici tuz-3, renklendirici tuz-4, renklendirici tuz-5, renklendirici tuz-6 ve renklendirici tuz-7 gibi metal tuzlarının yanı sıra; bu tuzları çözdürmek amacı ile saf su, organik çözücü-1 ve

organik çözücü-2 kullanılmıştır (Çizelge 7.3). Metal tuzları, üç farklı çözdürücü bünyesinde belirli miktarlarda, oda sıcaklığında ve belirli bir ısı altında çözdürülüp homojen bir renklendirici solüsyon elde edilmeye çalışılmıştır.

**Çizelge 7.3.** Renklendirici solüsyonların hazırlanması için kullanılan hammaddeler ve özellikleri.

Hammadde	Marka	Safılık (%)
Renklendirici tuz-1	MERCK	-
Renklendirici tuz-2	Rare Metal Compounds	99.9
Renklendirici tuz-3	-	-
Renklendirici tuz-4	-	-
Renklendirici tuz-5	-	-
Renklendirici tuz-6	ZAG Kimya	98
Renklendirici tuz-7	Labshop41	99.7
Saf su	-	-
Organik çözücü-1	MERCK	-
Organik çözücü-2	A.D.R. Group	-

Tüm solüsyonlar toplam 10 ml'lik sıvı hammadde veya hammaddeleri için hazırlanmıştır. Hassas terazide, katı hammaddeler tartılmıştır. 20 ml'lik beher 10 ml kapasiteli otomatik pipet yardımıyla ilgili miktarda sıvı hammadde veya hammaddeler alınıp, beherin içinde boşaltılmıştır. Ardından orta boyutlu bir manyetik balık koyulmuştur. Sıvı hammadde veya hammaddeler ve manyetik balığın içinde bulunduğu beher, dijital ısıtıcılı manyetik karıştırıcının üzerine konmuştur. 500 rpm hız ile oda sıcaklığında ve belirli bir ısı kullanılarak karıştırılmaya başlanmıştır. Aynı ayrı tartılan katı hammadde veya hammaddeler, aynı anda olacak şekilde beherin içerisine konulmuştur. Eklenen renklendirici veya renklendiricilerin çözünmesi için geçen süre tutulmuştur. Çözünme işlemi gerçekleştikten sonra OHAUS STARTER 2100 markalı pH ölçerle, solüsyonların pH değerleri ölçülmüştür. Bu işlemler tamamlandıktan sonra solüsyonlar plastik kapaklı tüpe konulmuştur ve üzerine tarih-saat yazılarak, çökelme olup olmadığını gözlemlemek için sabit bir yerde muhafaza edilmiştir.

Renklendirici solüsyon çalışmalarına ilk olarak zirkonya S ve W kodlu peletlere özgü olan renklendirme sıvılarının üretimi ile başlanmıştır. Bu çalışma aynı zamanda "6. AMAÇ" bölümünde belirtilen prototip çalışmanın detaylarını içermektedir. Bu kısımda üretilmiş olan renklendirme solüsyonlarının temel amacı çalışmaya hangi zirkonya toz ile devam edileceğini saptamak olmuştur. Söz konusu ile ilgili detaylı sonuçlar "9.1. Zirkonya S ve W Kodlu Ürünler Ait Sonuçlar ve Değerlendirmeler" başlığı altında incelenmektedir.

Renklendirici solüsyon çalışmalarının ikinci kısmında ise metal tuzlarının hangi miktarlarda renk sıvılarına katılması gerektiğini incelemek adına zirkonya W kodlu peletler kullanılarak tek ajanlı (solüsyon içerisinde sadece tek bir metal tuzu bulunan) renklendirici solüsyonlarla devam edilmiştir. Söz konusu çalışmalar ile ilgili detaylar “9.2.1. Tek ajanlı renklendiriciler ile hazırlanan renk solüsyonlarının peletler üzerine olan etkisi” başlığı altında incelenmektedir.

Metal tuzlarının renk sıvıları içerisindeki kullanım miktarları belirlendikten sonra 1,5 gram / 500 PSI basınç altında üretilen zirkonya W kodlu peletler kullanılarak IPS e.max Ceram Dentin A-D renk skalasına uygun renklerin bir kısmı tespit edilmiştir. Bu konu ile ilgili detaylı bilgiler “9.2.2. IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasına uygun olarak renklendirilen peletlere ait sonuçlar ve değerlendirmeler” başlığı altında irdelenmektedir.

1,5 gram / 500 PSI basınç altında üretilen zirkonya W kodlu peletlerin renklendirilmesi işleminden sonra aynı zirkonya toz için farklı gramaj ve basınç değerlerinde peletler üretilmiştir. Üretimi tamamlanan peletler, 1,5 gram / 500 PSI basınç şeklinde üretilen peletlere özgü renklendirme sıvıları ile renklendirilmiş ve renk algılarına bakılmıştır. Söz konusu çalışmalar ile ilgili bilgiler detaylı olarak “9.2.3. Farklı gramaj ve basınç değerlerinde sahip peletlerin B1, B2, A2 ve A3 renklerine ait solüsyonlarda renklendirilmesine ait sonuçlar ve değerlendirmeler” başlığı altında incelenmektedir.

Son olarak renklendirme solüsyonlar çalışmalarına zirkonya W kodlu bloktan frezelenen tek kuron üyeler ve köprü modelleri ile devam edilip, IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasına uygun renklerin çalışmaları yapılmıştır. Bu konu ile ilgili açıklamalar “9.3. Zirkonya Bloktan Frezelenen Diş Formundaki Numunelere Ait Sonuçlar ve Değerlendirmeler” başlığı altında detaylı incelenmiştir.

### **7.2.1. Zirkonya S ve W kodlu peletlerin renklendirilmesi için hazırlanan renk solüsyonları**

Bu başlık altındaki renklendirme solüsyonlarının üretilmesindeki temel amaç, çalışmanın ilerleyen süreçlerinde hangi zirkonya tozunun kullanılması gerektiğini tespit etmektir. Söz konusu renklendirme solüsyonları zirkonya S ve W kodlu peletlerin 2,25 gram / 500 PSI basınç değeri altında üretimi gerçekleşen ürünlerine uygulanmıştır. İlk etapta oluşturulan eser miktarlardaki renklendirici solüsyonların hammadde içerikleri Çizelge 7.4’te verilmiştir.



**Çizelge 7.4.** S ve W kodlu peletlerin renklendirilmesinde kullanılan solüsyonlar ve bileşimleri.

REÇETE KODLARI	HAMMADDELER						
	Renklendirici tuz-1	Renklendirici tuz-4	Renklendirici tuz-2	Renklendirici tuz-3	Saf Su	OÇ-1	OÇ-2
R1	+	+	-	-	+	-	-
R2	+	+	-	-	+	+	-
R3	+	+	-	-	+	-	+
R4	+	-	+	-	+	-	-
R5	+	-	+	-	+	+	-
R6	+	-	+	-	+	-	+
R7	+	+	-	-	+	-	-
R8	+	+	-	-	+	+	-
R9	+	+	-	-	+	-	+
R10	+	-	+	+	+	-	-
R11	+	-	+	+	+	+	-
R12	+	-	+	+	+	-	+

Renklendirici tuzların, hangi sıvı hammadde ve/veya hammaddeler içerisinde çözdürüldüğü Çizelge 7.5'te gösterilmiştir.

**Çizelge 7.5.** Renklendirici tuzların sıvı hammadde ve/veya hammaddeler içerisindeki çözündürülme yöntemi.

REÇETE KODLARI	ÜRETİM METODU
R1-A	Renklendiriciler saf suyun içinde çözdürüldü.
R2-A	Renklendiriciler önce saf suyun içinde çözdürüldü, sonra organik çözücü-1 ilave edildi.
R2-B	Renklendiriciler önce organik çözücü-1 içinde çözdürüldü, sonra saf su ilave edildi.
R3-A	Renklendiriciler önce saf suyun içinde çözdürüldü, sonra organik çözücü-2 ilave edildi.
R3-C	Renklendiriciler önce organik çözücü-2 içinde çözdürüldü, sonra saf su ilave edildi.
R4-A	Renklendiriciler saf suyun içinde çözdürüldü.
R5-A	Renklendiriciler önce saf suyun içinde çözdürüldü, sonra Organik çözücü-1 ilave edildi.
R5-B	Renklendiriciler önce organik çözücü-1 içinde çözdürüldü, sonra saf su ilave edildi.
R6-A	Renklendiriciler önce saf suyun içinde çözdürüldü, sonra organik çözücü-2 ilave edildi.
R6-C	Renklendiriciler önce organik çözücü-2 içinde çözdürüldü, sonra saf su ilave edildi.
R7-A	Renklendiriciler saf suyun içinde çözdürüldü.
R8-A	Renklendiriciler önce saf suyun içinde çözdürüldü, sonra organik çözücü-1 ilave edildi.
R8-B	Renklendiriciler önce organik çözücü-1 içinde çözdürüldü, sonra saf su ilave edildi.
R9-A	Renklendiriciler önce saf suyun içinde çözdürüldü, sonra organik çözücü-2 ilave edildi.
R9-C	Renklendiriciler önce organik çözücü-2 içinde çözdürüldü, sonra saf su ilave edildi.
R10-A	Renklendiriciler saf suyun içinde çözdürüldü.
R11-B	Renklendiriciler önce organik çözücü-1 içinde çözdürüldü, sonra saf su ilave edildi.
R12-C	Renklendiriciler önce organik çözücü-2 içinde çözdürüldü, sonra saf su ilave edildi.

Zirkonya S ve W kodlu peletlere özgü renklendirici solüsyon reçetelerinin detaylı açıklamaları Çizelge 7.6'de verilmiştir.

**Çizelge 7.6.** Renklendirici solüsyonların reçeteleri.

REÇETE KODLARI	HAMMADDELER						
	Renklendirici tuz-1	Renklendirici tuz-2	Renklendirici tuz-3	Renklendirici tuz-4	Saf Su	OÇ-1	OÇ-2
R1-A	+	-	-	+	+	-	-
R2-A	+	-	-	+	+	+	-
R2-B	+	-	-	+	+	+	-
R3-A	+	-	-	+	+	-	+
R3-C	+	-	-	+	+	-	+
R4-A	+	+	-	-	+	-	-
R5-A	+	+	-	-	+	+	-
R5-B	+	+	-	-	+	+	-
R6-A	+	+	-	-	+	-	+
R6-C	+	+	-	-	+	-	+
R7-A	+	-	-	+	+	-	-
R8-A	+	-	-	+	+	+	-
R8-B	+	-	-	+	+	+	-
R9-A	+	-	-	+	+	-	+
R9-C	+	-	-	+	+	-	+
R10-A	+	+	+	-	+	-	-
R11-B	+	+	+	-	+	+	-
R12-C	+	+	+	-	+	-	+

### 7.2.2. Tek ajanlı renklendiriciler ile hazırlanan renk solüsyonları

Renklendirici miktarının pelet formu üzerinde renk algısının belirlenmesi açısından her bir renklendirici için farklı gramajlar oluşturularak renklendirici solüsyonlar hazırlanmıştır. Zirkonya W kodlu toz kullanılarak 5 gram olacak şekilde tartım yapılmış ve ön şekillendirme işlemine tabi tutulan toz, pelet formuna getirilmiştir. Peletler, hazırlanan solüsyonlarda renklendirilip nihai sinterleme işlemi sonrası görsel olarak renk algısının belirlenmesi ve sayısal veri olarak CIE L\*a\*b\* ölçümüne başvurulmuştur. Görsel renk algısının belirlenmesindeki detaylar “9.2.1. Tek ajanlı renklendiriciler ile hazırlanan renk solüsyonlarının peletler üzerine olan etkisi” ve CIE L\*a\*b\* ölçüm değerlerine ait detaylar “9.2.4. L\*a\*b\* ölçüm verilerine ait sonuçlar ve değerlendirmeler” başlığı altında incelenmiştir.

Renklendirici olarak kullanılan metal tuzlar, saf su içerisinde homojen olarak çözdürülmüş ve ardından organik çözücü-2 ilave edilmiştir. Zirkonya W kodlu peletlere özgü renklendirici solüsyon reçetelerinin detayları Çizelge 7.7’de verilmiştir.

**Çizelge 7.7.** Zirkonya W kodlu peletler için hazırlanan 10 ml renklendirici solüsyonların reçeteleri.

REÇETE KODU	HAMMADDELER							Litrece ağırlık (ml)	
	Kütlece ağırlık (gr)							Saf su	OÇ-2
	Renklendirici tuz-1	Renklendirici tuz-2	Renklendirici tuz-3	Renklendirici tuz-4	Renklendirici tuz-5	Renklendirici tuz-6	Renklendirici tuz-7		
Renklendirici tuz-1_1	0,01	-	-	-	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-1_2	0,1	-	-	-	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-1_3	0,5	-	-	-	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-1_4	1	-	-	-	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-2_1	-	0,01	-	-	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-2_2	-	0,1	-	-	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-2_3	-	0,5	-	-	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-2_4	-	1	-	-	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-2_5	-	10	-	-	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-3_1	-	-	0,01	-	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-3_2	-	-	0,1	-	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-3_3	-	-	0,5	-	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-3_4	-	-	1	-	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-4_1	-	-	-	0,01	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-4_2	-	-	-	0,1	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-4_3	-	-	-	0,5	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-4_4	-	-	-	1	-	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-5_1	-	-	-	-	0,01	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-5_2	-	-	-	-	0,1	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-5_3	-	-	-	-	0,5	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-5_4	-	-	-	-	1	-	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-6_1	-	-	-	-	-	0,01	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-6_2	-	-	-	-	-	0,1	-	7,5	2,5
Renklendirici tuz-7_1	-	-	-	-	-	-	0,01	7,5	2,5
Renklendirici tuz-7_2	-	-	-	-	-	-	0,1	7,5	2,5
Renklendirici tuz-7_3	-	-	-	-	-	-	0,5	7,5	2,5
Renklendirici tuz-7_4	-	-	-	-	-	-	1	7,5	2,5

### 7.2.3. Zirkonya W kodlu peletlerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasına uygun olarak renklendirilmesi için hazırlanan renk solüsyonları

IPS e.max Ceram Dentin A-D renk anahtarını yakalamak için W kodlu zirkonya toz üzerinde çalışılmıştır. Bu renk solüsyonları için kullanılacak olan peletler 1,5 gram – 500 PSI basınç değerinde üretilmiştir. Renklendirici solüsyonların hazırlanmasında ilk öncelik B serisidir. B serisinin sonuçlanmasının ardından A serisine ve akabinde C-D serilerine kademeli olarak geçiş yapılmıştır. Öncelikle B serisi için yapılan çalışmanın reçeteleri Çizelge 7.8’de verilmiştir.

**Çizelge 7.8.** B serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.

REÇETE KODU	HAMMADDELER		
	Renklendirici tuz-1	Saf Su	OÇ-2
B1	+	+	+
B2	+	+	+
B3	+	+	+
B4	+	+	+
B5	+	+	+
B6	+	+	+
B7	+	+	+
B8	+	+	+
B9	+	+	+
B10	+	+	+
B11	+	+	+
B12	+	+	+
B13	+	+	+

B serisine uygun olduğu düşünülen reçeteler üzerinden A serisine geçiş yapılmıştır. A serisi için oluşturulan reçeteler Çizelge 7.9’de detaylı olarak verilmiştir.

**Çizelge 7.9.** A serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.

REÇETE KODU	HAMMADDELER			
	Renklendirici tuz-1	Renklendirici tuz-2	Saf Su	OÇ-2
A1	+	+	+	+
A2	+	+	+	+
A3	+	+	+	+
A4	+	+	+	+
A5	+	+	+	+
A6	+	+	+	+
A7	+	+	+	+
A8	+	+	+	+
A9	+	+	+	+
A10	+	+	+	+
A11	+	+	+	+
A12	+	+	+	+
A13	+	+	+	+
A14	+	+	+	+
A15	+	+	+	+
A16	+	+	+	+
A17	+	+	+	+
A18	+	+	+	+
A19	+	+	+	+
A20	+	+	+	+
A21	+	+	+	+
A22	+	+	+	+
A23	+	+	+	+
A24	+	+	+	+
A25	+	+	+	+
A26	+	+	+	+
A27	+	+	+	+
A28	+	+	+	+

A serisi sonuçlarına uygun olarak C serisi için yapılan renklendirme solüsyon denemeleri Çizelge 7.10'da verilmiştir.

**Çizelge 7.10.** C serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.

REÇETE KODU	HAMMADDELER				
	Renklendirici tuz-1	Renklendirici tuz-2	Renklendirici tuz-3	Saf Su	OÇ-2
C1	+	+	+	+	+
C2	+	+	+	+	+
C3	+	+	+	+	+
C4	+	+	+	+	+
C5	+	+	+	+	+
C6	+	+	+	+	+
C7	+	+	+	+	+
C8	+	+	+	+	+
C9	+	+	+	+	+
C10	+	+	+	+	+
C11	+	+	+	+	+
C12	+	+	+	+	+
C13	+	+	+	+	+

#### 7.2.4. Zirkonya W kodlu bloktan frezelenen kuron formundaki ürünlerin renklendirilmesi için hazırlanan renk solüsyonları

Dış formunda frezelenen ürünlere özgü renk tahini için, önceki çalışmalarda olduğu gibi ilk olarak B serisinin solüsyonları hazırlanmıştır. Zirkonya W kodlu bloktan frezelenen dış formundaki ürünler için B serisi reçeteleri Çizelge 7.11’de detaylı olarak verilmiştir.

**Çizelge 7.11.** B serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.

REÇETE KODU	HAMMADDELER		
	Renklendirici tuz-1	Saf Su	OÇ-2
B1	+	+	+
B2	+	+	+
B3	+	+	+
B4	+	+	+
B5	+	+	+
B6	+	+	+
B7	+	+	+
B8	+	+	+
B9	+	+	+
B10	+	+	+
B11	+	+	+
B12	+	+	+
B13	+	+	+
B14	+	+	+

B serisinden alınan sonuçlara göre A serisi için reçete denemeleri yapılmıştır. A serisi için oluşturulan reçetelerin tamamı Çizelge 7.12’de gösterilmektedir.

**Çizelge 7.12.** A serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.

REÇETE KODU	HAMMADDELER				
	Renklendirici tuz-1	Renklendirici tuz-2	Renklendirici tuz-3	Saf Su	OÇ-2
A1	+	+	-	+	+
A2	+	+	-	+	+
A3	+	+	-	+	+
A4	+	+	-	+	+
A5	+	+	-	+	+
A6	+	+	-	+	+
A7	+	+	-	+	+
A8	+	+	-	+	+
A9	+	+	-	+	+
A10	+	+	-	+	+
A11	+	+	-	+	+
A12	+	+	-	+	+
A13	+	+	-	+	+
A14	+	+	-	+	+
A15	+	+	-	+	+
A16	+	+	-	+	+
A17	+	+	-	+	+
A18	+	+	-	+	+
A19	+	+	-	+	+
A20	+	+	-	+	+
A21	+	+	-	+	+
A22	+	+	-	+	+
A23	+	+	-	+	+
A24	+	+	-	+	+
A25	+	+	-	+	+
A26	+	+	-	+	+
A27	+	+	-	+	+
A28	+	+	-	+	+
A29	+	+	+	+	+
A30	+	+	+	+	+
A31	+	+	+	+	+
A32	+	+	-	+	+
A33	+	+	-	+	+
A34	+	+	-	+	+
A35	+	+	-	+	+
A36	+	+	-	+	+
A37	+	+	-	+	+

A serisi sonuçlarına uygun olarak C serisi için yapılan denemelerin reçeteleri Çizelge 7.13'te verilmektedir.



**Çizelge 7.13.** C serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.

REÇETE KODU	HAMMADDELER							Saf Su	OÇ-2
	Renklendirici tuz-1	Renklendirici tuz-2	Renklendirici tuz-3	Renklendirici tuz-4	Renklendirici tuz-5	Renklendirici tuz-6	Renklendirici tuz-7		
C1	+	+	+	-	-	-	-	+	+
C2	+	+	+	-	-	-	-	+	+
C3	+	+	+	-	-	-	-	+	+
C4	+	+	+	-	-	-	-	+	+
C5	+	+	+	-	-	-	-	+	+
C6	+	+	+	-	-	-	-	+	+
C7	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C8	+	+	+	-	-	-	-	+	+
C9	+	+	-	+	-	-	-	+	+
C10	+	+	-	+	-	-	-	+	+
C11	+	+	+	+	-	-	-	+	+
C12	+	+	+	+	-	-	-	+	+
C13	+	+	-	+	-	-	-	+	+
C14	+	+	-	+	-	-	-	+	+
C15	+	-	+	+	-	-	-	+	+
C16	+	-	-	+	-	-	-	+	+
C17	+	-	-	+	-	-	-	+	+
C18	+	+	+	+	-	-	-	+	+
C19	+	+	-	+	-	-	-	+	+
C20	+	+	-	+	-	-	-	+	+
C21	+	-	-	+	-	-	-	+	+
C22	+	-	-	+	-	-	-	+	+
C23	+	-	-	+	-	-	-	+	+
C24	+	-	-	+	-	-	-	+	+

**Çizelge 7.13. (devam).** C serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.

REÇETE KODU	HAMMADDELER							Saf Su	OÇ-2
	Renklendirici tuz-1	Renklendirici tuz-2	Renklendirici tuz-3	Renklendirici tuz-4	Renklendirici tuz-5	Renklendirici tuz-6	Renklendirici tuz-7		
C25	+	-	-	+	-	-	-	+	+
C26	+	-	-	+	-	-	-	+	+
C27	+	-	-	+	-	-	-	+	+
C28	-	-	-	+	-	-	-	+	+
C29	-	-	-	+	-	-	-	+	+
C30	-	-	-	+	-	-	-	+	+
C31	-	-	-	+	-	-	-	+	+
C32	-	-	-	+	-	-	-	+	+
C33	-	-	-	+	-	-	-	+	+
C34	-	-	-	+	-	-	-	+	+
C35	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C36	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C37	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C38	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C39	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C40	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C41	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C42	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C43	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C44	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C45	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C46	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C47	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C48	+	-	+	-	-	-	-	+	+

**Çizelge 7.13. (devam).** C serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.

REÇETE KODU	HAMMADDELER							Saf Su	OÇ-2
	Renklendirici tuz-1	Renklendirici tuz-2	Renklendirici tuz-3	Renklendirici tuz-4	Renklendirici tuz-5	Renklendirici tuz-6	Renklendirici tuz-7		
C49	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C50	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C51	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C52	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C53	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C54	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C55	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C56	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C57	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C58	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C59	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C60	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C61	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C62	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C63	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C64	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C65	+	-	+	-	-	-	-	+	+
C66	+	-	-	-	+	-	-	+	+
C67	+	-	-	+	+	-	-	+	+
C68	+	-	+	-	+	-	-	+	+
C69	+	-	+	+	+	-	-	+	+
C70	+	-	-	-	-	-	+	+	+
C71	+	-	-	-	-	-	+	+	+
C72	+	-	-	-	-	-	+	+	+

**Çizelge 7.13. (devam).** C serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.

REÇETE KODU	HAMMADDELER							Saf Su	OÇ-2
	Renklendirici tuz-1	Renklendirici tuz-2	Renklendirici tuz-3	Renklendirici tuz-4	Renklendirici tuz-5	Renklendirici tuz-6	Renklendirici tuz-7		
C73	+	-	-	-	-	-	+	+	+
C74	+	-	-	-	-	-	+	+	+
C75	+	-	-	-	-	-	+	+	+
C76	+	-	-	-	-	-	+	+	+
C77	+	-	-	-	-	-	+	+	+
C78	+	-	-	-	-	+	-	+	+
C79	+	-	-	-	-	+	-	+	+
C80	+	-	-	-	-	+	-	+	+
C81	+	-	-	-	-	+	-	+	+
C82	+	-	-	-	-	+	-	+	+
C83	+	-	-	-	-	+	-	+	+
C84	+	-	-	-	-	+	-	+	+
C85	+	-	-	-	-	+	-	+	+
C86	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C87	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C88	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C89	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C90	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C91	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C92	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C93	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C94	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C95	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C96	+	-	+	-	-	+	-	+	+

**Çizelge 7.13. (devam).** C serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.

REÇETE KODU	HAMMADDELER								
	Renklendirici tuz-1	Renklendirici tuz-2	Renklendirici tuz-3	Renklendirici tuz-4	Renklendirici tuz-5	Renklendirici tuz-6	Renklendirici tuz-7	Saf Su	OÇ-2
C97	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C98	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C99	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C100	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C101	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C102	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C103	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C104	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C105	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C106	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C107	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C108	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C109	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C110	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C111	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C112	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C113	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C114	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C115	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C116	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C117	+	-	+	-	-	+	-	+	+
C118	+	-	+	-	-	+	-	+	+

C serisi sonuçlarına uygun olarak D serisi için yapılan denemelerin reçeteleri Çizelge 7.14’de verilmektedir.

**Çizelge 7.14.** D serisi için hazırlanan renklendirici solüsyonların reçeteleri.

REÇETE KODU	HAMMADDELER					
	Renklendirici tuz-1	Renklendirici tuz-2	Renklendirici tuz-3	Renklendirici tuz-6	Saf Su	OÇ-2
D1	+	+	+	-	+	+
D2	+	+	+	-	+	+
D3	+	+	+	-	+	+
D4	+	+	+	-	+	+
D5	+	+	+	-	+	+
D6	+	+	+	-	+	+
D7	+	+	+	-	+	+
D8	+	+	+	-	+	+
D9	+	+	+	-	+	+
D10	+	+	+	-	+	+
D11	+	+	+	-	+	+
D12	+	+	+	-	+	+
D13	+	+	+	-	+	+
D14	+	+	+	-	+	+
D15	+	+	+	-	+	+
D16	+	+	+	-	+	+
D17	+	-	+	-	+	+
D18	+	+	+	-	+	+
D19	+	+	+	-	+	+
D20	+	+	+	-	+	+
D21	+	+	+	-	+	+
D22	+	-	+	-	+	+
D23	+	+	+	+	+	+
D24	+	+	+	+	+	+
D25	+	+	+	+	+	+
D26	+	+	+	+	+	+
D27	+	-	+	+	+	+
D28	+	+	+	+	+	+
D29	+	+	+	+	+	+
D30	+	+	+	+	+	+
D31	+	+	+	+	+	+
D32	+	-	+	+	+	+
D33	+	-	+	+	+	+
D34	+	-	+	+	+	+
D35	+	-	+	+	+	+

### 7.3. Zirkonya Örneklerin Renk Solüsyonlarında Renklendirme İşlemi

Renklendirici solüsyonların hazırlanmasının ardından, ön sinterleme işlemi tamamlanan zirkonya örnekler (pelet/ tek kuron üye/köprü üye) 15 ve 60 saniye olacak şekilde renk sıvısının içerisine daldırma yöntemi uygulanarak solüsyonun, ürünler içerisine nüfus etmesi sağlanmıştır. Renklendirilmiş olan zirkonya örneklerin üzerindeki damla şeklinde kalan artık solüsyon

damlacıklarının giderilmesi ve rengin yüzeye homojen dağıtılması açısından örnekler saf su içerisinde temizlenip, bir mendil yardımı ile kurulanmıştır. Kurulama işlemini takiben zirkonya örneklerin bir kısmı etüv bir kısmı ise oda sıcaklığında atmosfer ortamında kurutulmaya bırakılmıştır.

#### 7.4. Renklendirilmiş Zirkonya Örneklerin Sinterlenmesi

Renklendirme işlemi tamamlanan pelet formundaki örnekler Protherm PLF markalı kutu tipi fırınında, zirkonya bloğundan frezelenen tek kuron ve köprü üyeler ise NEOS Dijital Dental Sanayi ve Ticaret Limited Şirket’i (Eskişehir) bünyesindeki TEGRA MP1500 markalı kutu tipi fırınında sinterleme işlemine tabii tutulmuştur. Bu iki fırın için sinterleme programları sırasıyla Çizelge 7.15 ve Çizelge 7.16’da verilmiştir. Bir kısım örnekler içinde, renklendirici solüsyonun ürün içerisine ne kadar nüfus ettiğini tespit etmek açısından pelet formundaki numuneler ortadan kırılıp iki parça halinde sinterlenmiştir.

**Çizelge 7.15.** Protherm PLF tipi fırında ürünlerin sinterlenme programı.

Program Adı	Başlama Sıcaklığı (°C)	Istıma Hızı (°C/dk)	Ön Pişirim Sıcaklığı (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Istıma Hızı (°C/dk)	Son Pişirim Sıcaklığı (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Soğutma Süresi (dk)
Nihai Sinterleme	25	5	900	1	2	1500	120	295

**Çizelge 7.16.** TEGRA MP1500 markalı fırının sinterleme programı.

Program Adı	Başlama Sıcaklığı (°C)	Istıma Hızı (°C/dk)	Pişirim Sıcaklığı (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Soğutma Süresi (dk)
Sinterleme	25	10	1500	120	295

## 8. UYGULANAN TESTLER VE ANALİZLER

### 8.1. Renklendirici Solüsyonların Çökme Gözlemi

Zirkonya örnekler için hazırlanan renklendirme solüsyonları, hazırlandığı tarihten itibaren plastik kapaklı kaplara aktarılmış ve üzerine tarih-saat yazılarak, sabit bir yerde hareket ettirilmeden muhafaza edilmiştir. Tüm renklendirme solüsyonlarında bulunan renklendirici tuz ve/veya tuzların solüsyon bünyesinde çöktüğü ve/veya çökmediği belirli periyotlarda görsel olarak incelenmiş ve ilgili tarihteki durumları kaydedilmiştir.

### 8.2. Faz Analizi

Çalışma boyunca kullanılan zirkonya S ve W kodlu tozların ve bu tozlardan üretilen rensiz ve renklendirilmiş peletlerde oluşan kristal fazların tespiti Rigaku marka Rint 2000 model  $CuK_{\alpha 1}$  ışımaya sahip XRD (X-Işını Kırınım) cihazı ile belirlenmiştir.

Tüm ürünlerin XRD analizleri  $2^{\circ}$ /dakika çekim hızı ile yapılmıştır. Çekim sonrasında elde edilen paternler JCPDS indeksindekilerle karşılaştırılmış ve numunelerin faz analizleri gerçekleştirilmiştir.

### 8.3. Mikroyapı Analizi

Zirkonya W kodlu tozdan pelet formunda üretilip, renk sıvılarında renklendirildikten sonra nihai sinterlenen numunelerin mikroyapı analizleri Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İLTEM'de bulunan alan yayılım elektron tabancasına (FEG) sahip FEI NovaNanoSEM650 Marka ve Taramalı Elektron Mikroskopu ve EDAX Tridient marka ve model ENERJİ saçınımlı X-ışınları spektrofotometresi (EDX) kullanılarak yapılmıştır.

Nihai sinterlenmiş zirkonya peletler Çizelge 8.1'de belirtilen programa uygun olarak Struers marka TegraPol-25 model otomatik numune parlatma cihazında parlatılmıştır. Bu işlem sonrasında zirkonya peletler sinterlenme sıcaklıklarının  $50^{\circ}C$  altında ısıl dağlamaya tabii tutulmuştur.



**Çizelge 8.1.** Renklendirilip sinterlenmiş olan zirkonya peletlerin parlatılmasında kullanılan program.

Disk	Sıvı	Süre	Kuvvet/Devir (N/Rpm)
MD-Piano	Su	1.5	180/300
MD-Largo (9 µm)	Allegro	5	180/150
MD-Dac (3 µm)	Dac	5	180/150
MD-Nap (1 µm)	Nap	3.5	180/150

İletken olmayan seramik malzemeler için yüzey iletkenliğini sağlamak ve bu şekilde elektronların numune yüzeyine şarjının engellemek amacı ile zirkonya peletler, altın içerikli ince bir film tabakası ile kaplanmıştır. Mikroyapı çalışmalarında ikincil elektronlardan (SE) faydalanılmıştır.

#### 8.4. Pişme Küçülmesi

Hazırlanan örneklerin ön şekillendirme, CIP ile şekillendirme, bağlayıcı uzaklaştırma ve renklendirilmiş peletlerin sinterleme işlemleri sonrasındaki çap ve kalınlık değerleri kumpas yardımı ile ölçülerek elde edilen değerlerin aşağıdaki formülde yerine koyulması ile birlikte % pişme küçülmesi değerleri belirlenmiştir.

$$\%Pişme küçülmesi = \frac{Kuru uzunluk - Pişmiş uzunluk}{Kuru uzunluk}$$

#### 8.5. Yoğunluk Testi

Sinterlenmesi tamamlanmış olan zirkonya örneklerin yoğunluk ölçümü Arşimet prensibi ile gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan örnekler saf su dolu bir beher içerisine yerleştirilerek ısıtıcı üzerinde dört saat süresince kaynatılmıştır.

Oda sıcaklığında soğumaya bırakılan örnekler bir gün süre ile bekletilmiş, ardından yoğunluk ölçüm kiti yardımıyla sırasıyla su içindeki asılı ağırlıkları ve yağ ağırlıkları ölçülmüştür. 100°C'lik etüvde bir gün süreyle kurutulan örnekler, silika jel içeren desikatör içerisinde soğutulmaya bırakılmıştır. Bu işlemin ardından örneklerin kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Elde edilen asılı ağırlık, yağ ağırlık ve kuru ağırlık değerleri aşağıdaki formülde yerine koyularak ilgili örneğe ait yoğunluk değeri tespit edilmiştir.

W1: Numunenin kuru ağırlığı

W2: Numunenin su içindeki asılı ağırlığı

W3: Numunenin yağ ağırlığı

$P_{su}$ : Suyun özgül ağırlığı olmak üzere;

$$Yığımsal\ Yoğunluk = \frac{W_1}{(W_2 - W_3)} \times P_{su}$$

## 8.6. Renk analizi

Tamamen renklendirilerek sinterlenmiş Zirkonya W kodlu peletlere ve Vita Klasik A1-D4 skalasına ait renk ölçümleri Konica Minolta CM-2300d, VITA Easyshade Advance ve SpectroShade Micro modellenli spektrofotometre cihazları ile gerçekleştirilmiştir.

Zirkonya W kodlu peletlerin ve Zirkonya W kodlu bloktan frezelenen tek kuron üyelerin renk analizleri IPS e.max Ceram Dentin A-D renk skalasına uygun olarak uzman diş teknisyeni tarafından görsel olarak değerlendirilmiştir.

Cihazlar, “4.4. Renk Sistemleri” ve “4.5. Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Tespit Yöntemleri” başlığı altında detaylı bir şekilde anlatılan CIE L\*a\*b\* renk sistemi mantığı ile çalışmaktadır.

## 9. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

### 9.1. Zirkonya S ve W Kodlu Ürünlere Ait Sonuçlar ve Değerlendirmeler

#### 9.1.1. Pişme küçülmesine ait sonuçlar ve değerlendirmeler

Zirkonya S ve W kodlu peletlerin ön şekillendirme, CIP, ön sinterleme ve nihai sinterleme sonrası (renklendirilip sinterleme işlemine tabii tutulan ürünler) çap ve kalınlık ölçümleri Çizelge 9.1 ve 9.2'de verilmiştir. Üretilen peletlerin içerisinden rastgele 5 ürün seçilerek, pişme küçülmesi değerleri hesaplanmıştır. Zirkonya S ve W kodlu tozların pelet formundaki ön şekillendirme işlemi 2,25 gram ve 500 PSI basınç altında olacak şekilde üretilmiştir.

**Çizelge 9.1.** S kodlu zirkonya peletin ön şekillendirme sonrası, CIP sonrası, ön sinterleme sonrası ve nihai sinterleme sonrası çap/kalınlık ölçüm değerleri.

Numune Kodu	Ön Şekillendirme Sonrası		CIP Sonrası		Ön Sinterleme Sonrası		Nihai Sinterleme Sonrası	
	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Çap (mm)	Kalınlık (mm)
S <sub>1</sub>	13,06	5,99	12,44	5,83	12,38	5,81	9,94	4,67
S <sub>2</sub>	13,07	5,97	12,45	5,82	12,39	5,80	9,92	4,68
S <sub>3</sub>	13,08	5,98	12,44	5,83	12,37	5,80	9,90	4,65
S <sub>4</sub>	13,06	6,01	12,38	5,84	12,32	5,82	9,91	4,70
S <sub>5</sub>	13,07	6,03	12,41	5,92	12,33	5,84	9,91	4,66
Ortalama	13,06	5,99	12,42	5,84	12,35	5,18	9,91	4,67
Std. Sapma	0,008	0,024	0,028	0,040	0,031	0,016	0,015	0,019

**Çizelge 9.2.** W kodlu zirkonya peletin ön şekillendirme sonrası, CIP sonrası, ön sinterleme sonrası ve nihai sinterleme sonrası çap/kalınlık ölçüm değerleri.

Numune Kodu	Ön Şekillendirme Sonrası		CIP Sonrası		Ön Sinterleme Sonrası		Nihai Sinterleme Sonrası	
	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Çap (mm)	Kalınlık (mm)
W <sub>1</sub>	13,04	6,23	12,30	6,08	12,23	6,00	9,84	4,82
W <sub>2</sub>	13,07	6,34	12,20	6,11	12,17	6,07	9,87	4,86
W <sub>3</sub>	13,08	6,25	12,24	6,07	12,15	6,03	9,83	4,84
W <sub>4</sub>	13,07	6,30	12,33	6,21	12,20	6,01	9,83	4,83
W <sub>5</sub>	13,08	6,37	12,25	6,06	12,16	6,00	9,82	4,87
Ortalama	13,06	6,29	12,26	6,10	12,18	6,02	9,83	4,85
Std. Sapma	0,016	0,058	0,051	0,061	0,032	0,029	0,019	0,016

Zirkonya S ve W kodlu peletlerin ön sinterleme sonrasında nihai sinterleme sonrası olan sürece kadar toplam pişme küçülmesi (%) değerleri Çizelge 9.3'te gösterilmektedir.

**Çizelge 9.3.** S ve W kodlu zirkonya peletlere ait % küçülme değerleri.

Numune Adı	Pişme Küçülmesi (%)		Numune Adı	Pişme Küçülmesi (%)	
	Çap (%)	Kalınlık (%)		Çap (%)	Kalınlık (%)
S <sub>1</sub>	23,88	22,03	W <sub>1</sub>	24,53	22,63
S <sub>2</sub>	24,10	21,60	W <sub>2</sub>	24,48	23,34
S <sub>3</sub>	24,31	22,24	W <sub>3</sub>	24,84	22,56
S <sub>4</sub>	24,11	21,79	W <sub>4</sub>	24,78	23,33
S <sub>5</sub>	24,17	22,71	W <sub>5</sub>	24,92	23,54
Ortalama	24,11	22,07	Ortalama	24,71	23,08
Std. Sapma	0,15	0,42	Std. Sapma	0,19	0,45

Zirkonya S ve W kodlu tozlardan elde edilen peletlerin pişme küçülmesi değerleri incelendiğinde, zirkonya W kodlu peletlerin ön şekillendirmeden ön sinterleme sonrasına kadar giden süreçte çap ve kalınlıktaki küçülme değerlerinin birbirine yakın olması dış formunda üretilecek ürünün her yönden eşit küçüleceği anlamına gelmektedir.

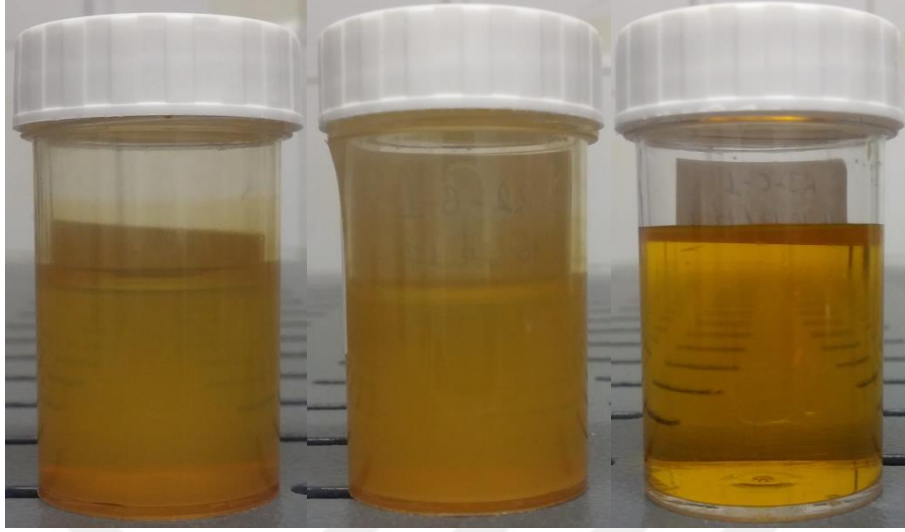
### 9.1.2. Renklendirme solüsyonlarına ait sonuçlar ve değerlendirmeler

Hazırlanan renklendirme solüsyonlarının üretimi gerçekleştirildikten sonra pH ölçümü yapılmıştır. Renk solüsyonları üretildiği tarihten itibaren renklendirici tuzların çökme gözlemlerini tespit etmek için bekleme dolabına alınıp burada hareketsiz bir şekilde muhafaza edilmiştir. Renklendirici solüsyonlarda belirli bir süre geçtikten sonra bir kısmında renklendirici tuzların çöktüğü, bir kısmında ise hiç çökme olmadığı gözlemlenmiştir. Çizelge 9.4'te renklendirici solüsyonların pH değerleri ve çökme gözlemleri verilmiştir.

**Çizelge 9.4.** Reçetelerin pH değerleri ve çökme gözlemleri.

Reçete Kodu	pH Değeri	Çökme Gözlemi
R1-A	2,12	Çökme var
R2-A	1,98	Çökme var
R2-B	2,02	Çökme var
R3-A	1,82	Çökme yok
R3-C	1,81	Çökme yok
R4-A	2,00	Çökme var
R5-A	2,02	Çökme var
R5-B	2,07	Çökme var
R6-A	1,86	Çökme yok
R6-C	1,91	Çökme yok
R7-A	1,95	Çökme var
R8-A	1,95	Çökme var
R8-B	1,88	Çökme var
R9-A	1,71	Çökme yok
R9-C	1,74	Çökme yok
R10-A	1,88	Çökme var
R11-B	1,84	Çökme var
R12-C	1,69	Çökme yok

Elde edilen gözlem sonucuna göre sadece saf su içeren ve organik çözücü-1 içerikli solüsyonlarda çökme gözlemlenirken, organik çözücü-2 içerikli olan renklendirme solüsyonlarında herhangi bir çökme gözlemlenmemiştir. Solüsyonlarda çökme oluşumları ilk önce sadece saf su içeren solüsyonlarda başlamış, ardından organik çözücü-1 içerikli solüsyonlarla devam etmiştir. Çökme gözlemlenen renk solüsyonlarının bulanıklaştığı, organik çözücü-2 içerikli olan solüsyonlarında berraklığını üretildiği gündeki gibi koruduğu gözlemlenmiştir. Her üç solüsyon için birer örneklik çökme gözlemi Şekil 9.1’de görsel olarak gösterilmektedir.



**Şekil 9.1.** Sadece saf su içerikli (soldaki), organik çözücü-1 içerikli (ortadaki) ve organik çözücü-2 içerikli (sağdaki) solüsyonların çözme gözlemi.

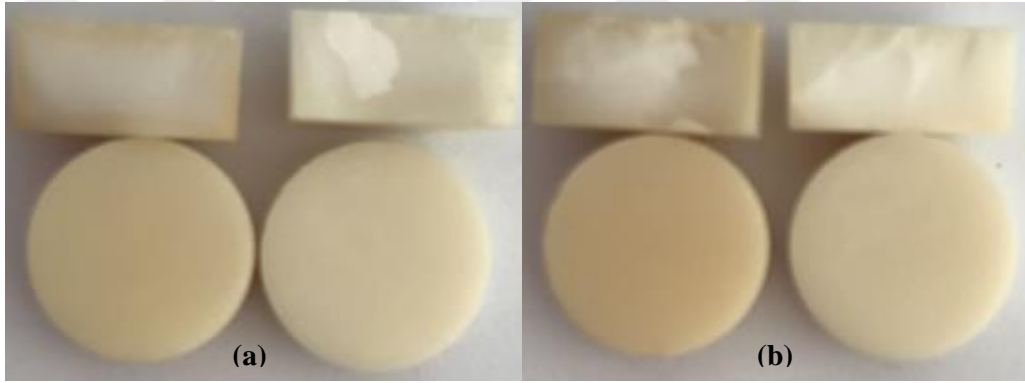
Diş protez laboratuvarlarının, diş renklendirmesi için kullandıkları renk solüsyonlarının raf ömrü ve ilk kullanıldığı günden itibaren solüsyon bünyesinin stabil kalması (solüsyonun berrak olması ve çökme olmaması) istenildiği düşünüldüğünde; organik çözücü-2 kullanımının avantajı bu açıdan önem arz etmektedir. Aksi takdirde sadece saf su veya organik çözücü-1 kullanımı ile birlikte belirli bir zaman zarfında çökme gözlemlenecektir. Renk solüsyonunun kullanım esnasında çalkalanması ile içerisinde bulunan metal tuzları ve/veya türevleri tam anlamıyla çözdürülemeyeceği için istenilen renk algısına da ulaşamayacaktır.

### **9.1.3. Renklendirilmiş peletlere ait görsel sonuçlar ve değerlendirmeler**

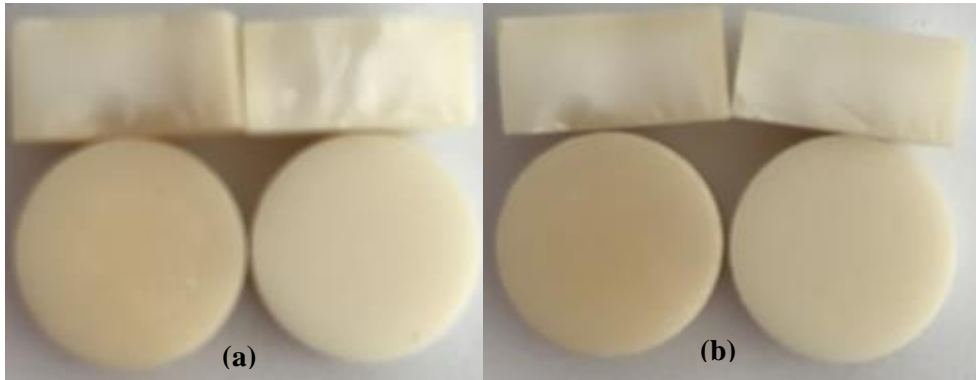
Zirkonya S ve W kodlu pelet formundaki ürünler, ön sinterleme işlemi sonrası 15 saniye ve 60 saniye olacak şekilde renklendirme solüsyonları içerisinde bekletilerek renklendirilmiş ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Renklendirilip, nihai sinterlenen ürünlerin görselleri Şekil 9.2 ve Şekil 9.19 arasında gösterilmiştir.



**Şekil 9.2.** a) R1-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R1-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



**Şekil 9.3.** a) R2-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R2-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



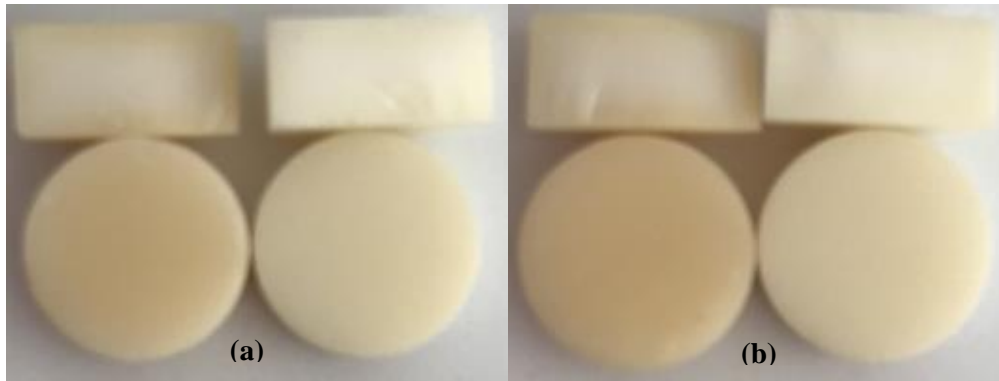
**Şekil 9.4.** a) R2-B solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R2-B solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



**Şekil 9.5.** a) R3-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R3-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



**Şekil 9.6.** a) R3-C solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R3-C solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



**Şekil 9.7.** a) R4-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R4-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).

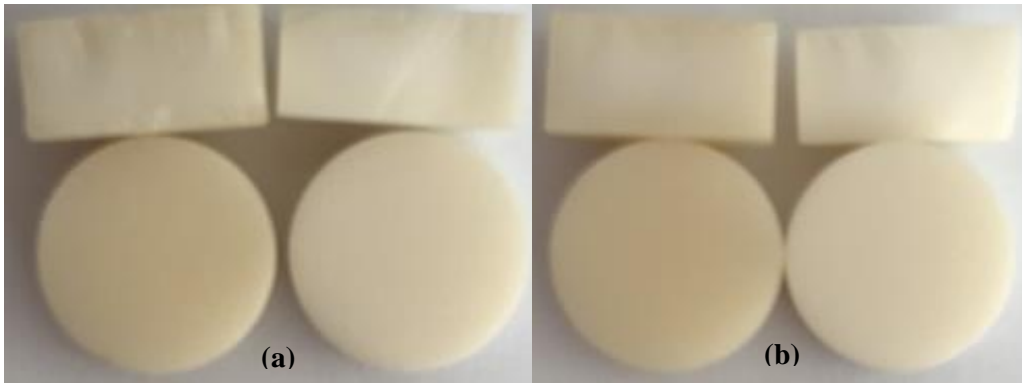




**Şekil 9.8.** a) R5-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R5-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



**Şekil 9.9.** a) R5-B solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R5-B solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



**Şekil 9.10.** a) R6-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R6-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



**Şekil 9.11.** a) R6-C solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R6-C solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



**Şekil 9.12.** a) R7-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R7-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



**Şekil 9.13.** a) R8-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R8-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



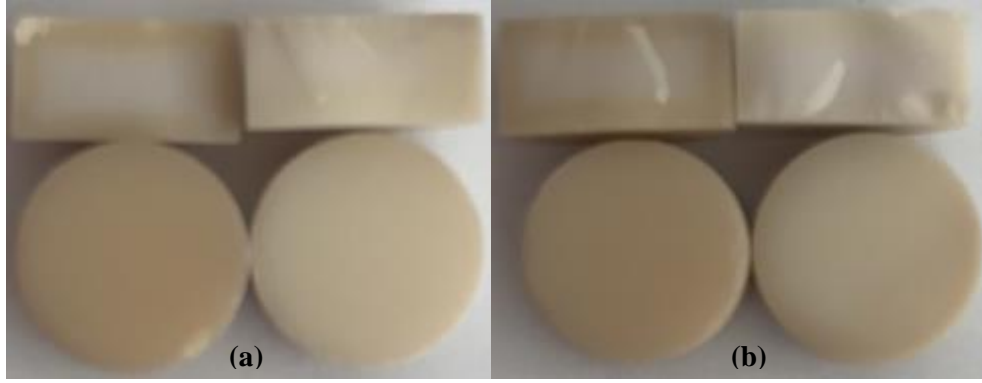
**Şekil 9.14.** a) R8-B solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R8-B solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



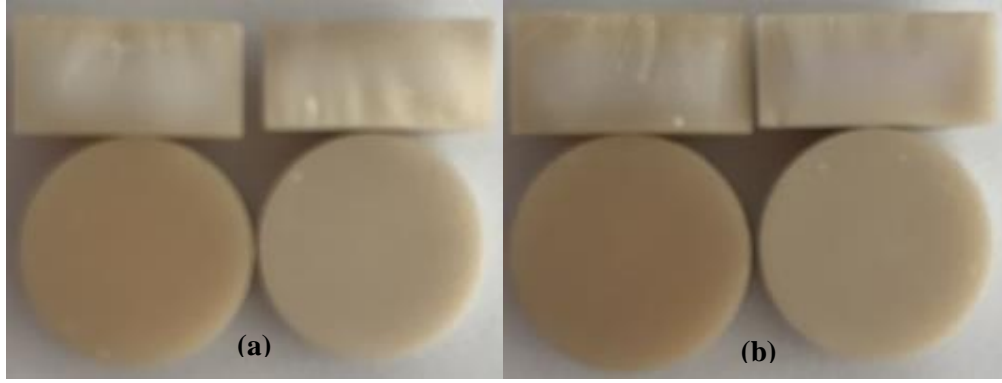
**Şekil 9.15.** a) R9-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R9-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



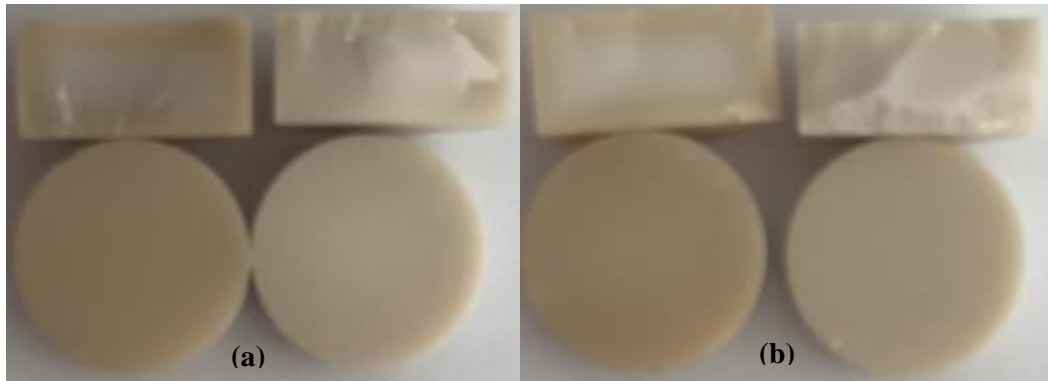
**Şekil 9.16.** a) R9-C solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R9-C solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



**Şekil 9.17.** a) R10-A solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R10-A solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).



**Şekil 9.18.** a) R11-B solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R11-B solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).

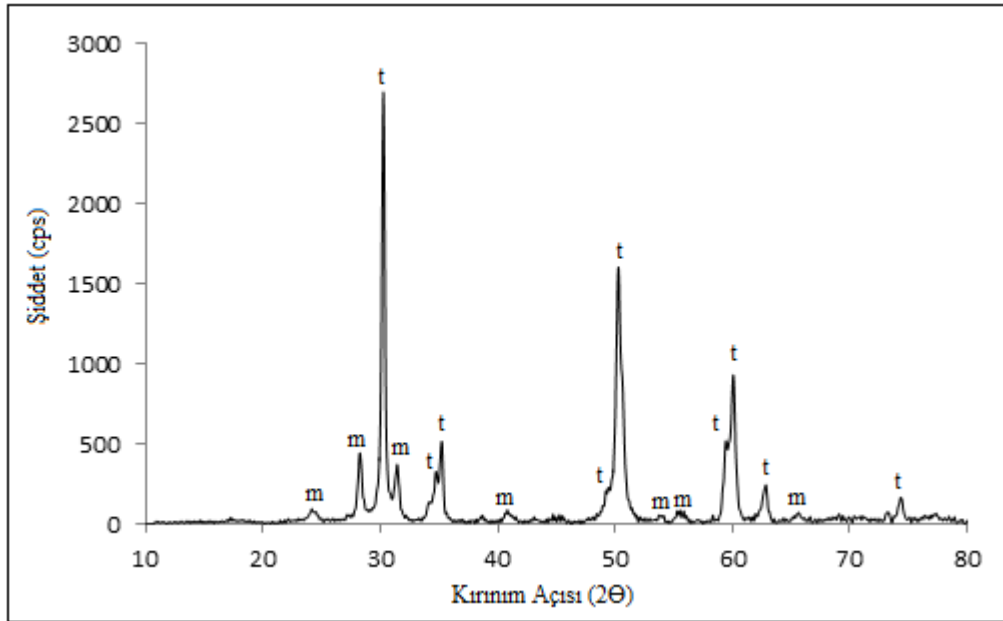


**Şekil 9.19.** a) R12-C solüsyonunda 15 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki), b) R12-C solüsyonunda 60 saniye renklendirilen W kodlu pelet (soldaki) ve S kodlu pelet (sağdaki).

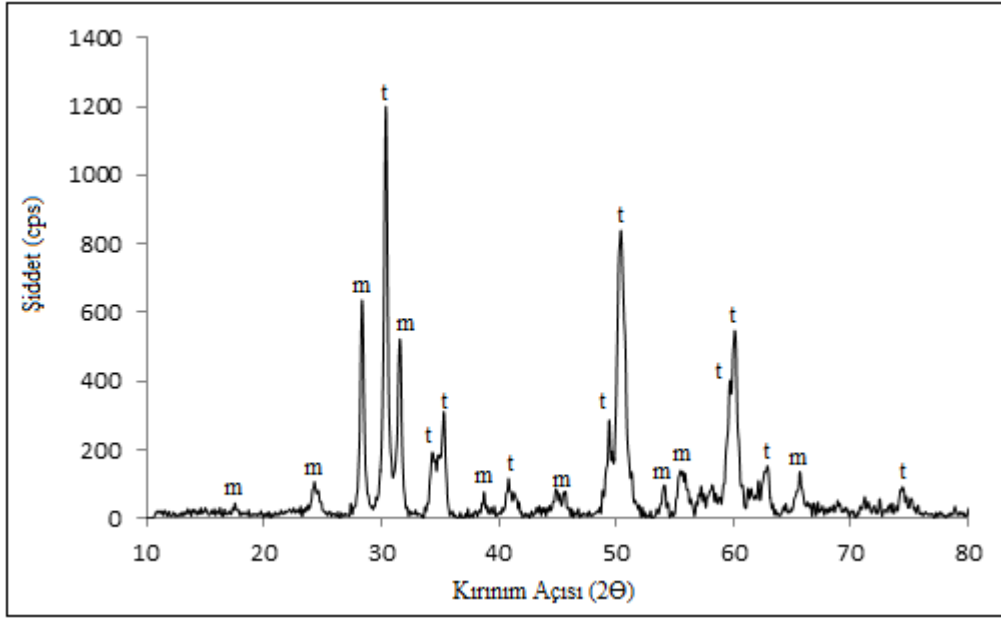
Renklendirme işlemi sonrası kırılıp, pişirim uygulanan peletlerin renklendirici solüsyonlara bağlı olarak renk emiliminin farklı olduğu görülmüştür. En iyi renk emiliminin zirkonya W kodlu peletlerde olduğu tespit edilmiş ve çalışmanın bir sonraki aşamalarında zirkonya W kodlu tozla devam edilmesine karar verilmiştir. Öte yandan 60 saniye bekleme süresinde üretimi gerçekleşen W ve S kodlu zirkonya peletlerin, 15 saniyelik bekleme süresine göre renk emiliminin daha fazla olduğu da görülmektedir. Bu sonuca istinaden sonraki çalışmalar için renklendirme süresinin 60 saniye olacak şekilde stabil kalmasına karar verilmiştir.

#### 9.1.4. XRD analiz sonuçları

Zirkonya tozlara ve peletlere ait XRD desenleri Şekil 9.20 ve Şekil 9.27 arasında verilmiştir.

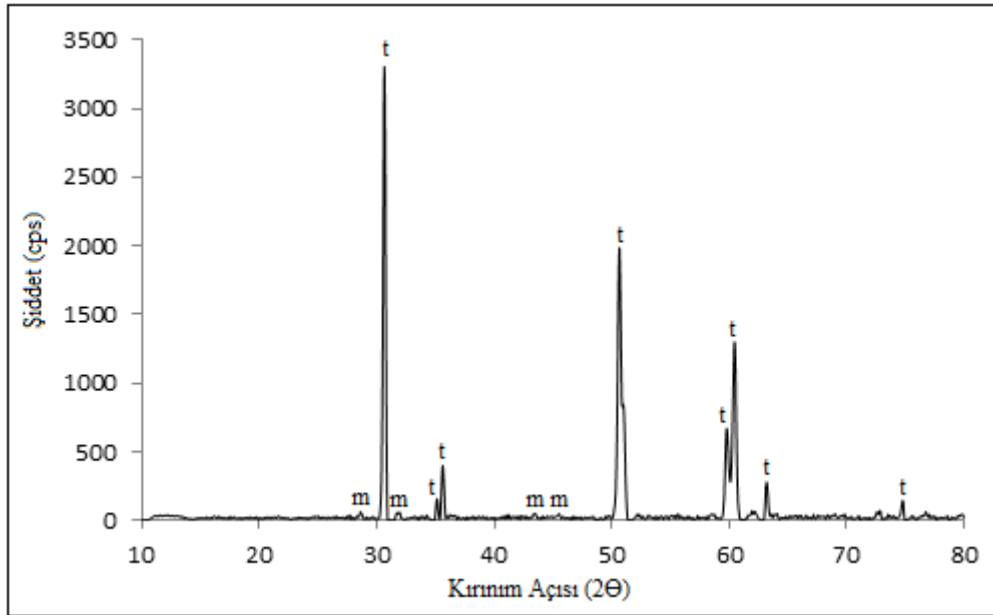


Şekil 9.20. S kodlu toza ait XRD deseni (m: monoklinik ZrO<sub>2</sub>, t: tetragonal ZrO<sub>2</sub>).

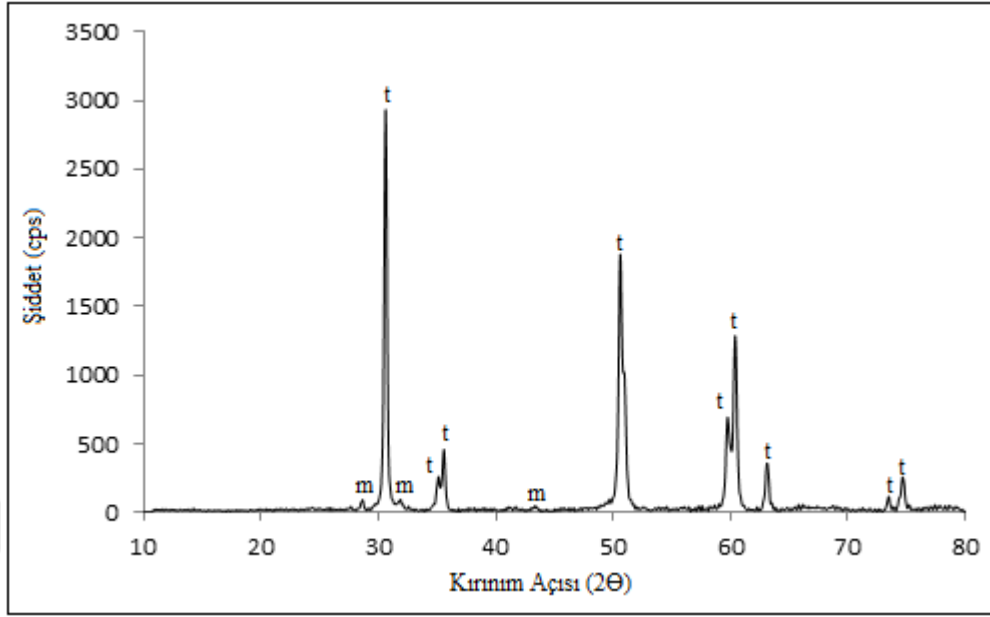


**Şekil 9.21.** W kodlu toza ait XRD deseni (m: monoklinik ZrO<sub>2</sub>, t: tetragonal ZrO<sub>2</sub>).

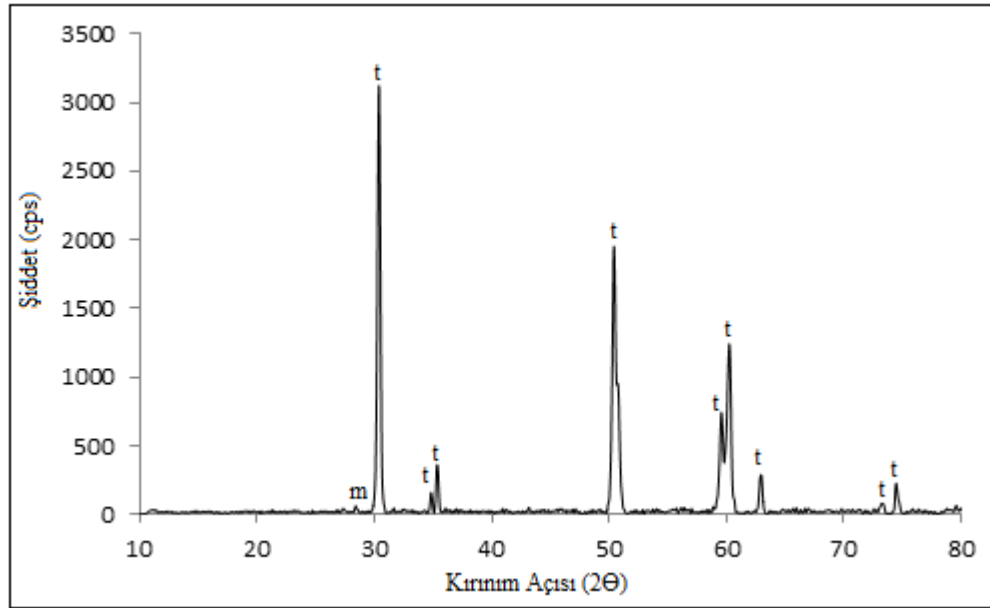
Zirkonya S kodlu ve W kodlu peletlere ait XRD desenleri Şekil 9.22 ve Şekil 9.27’de verilmiştir.



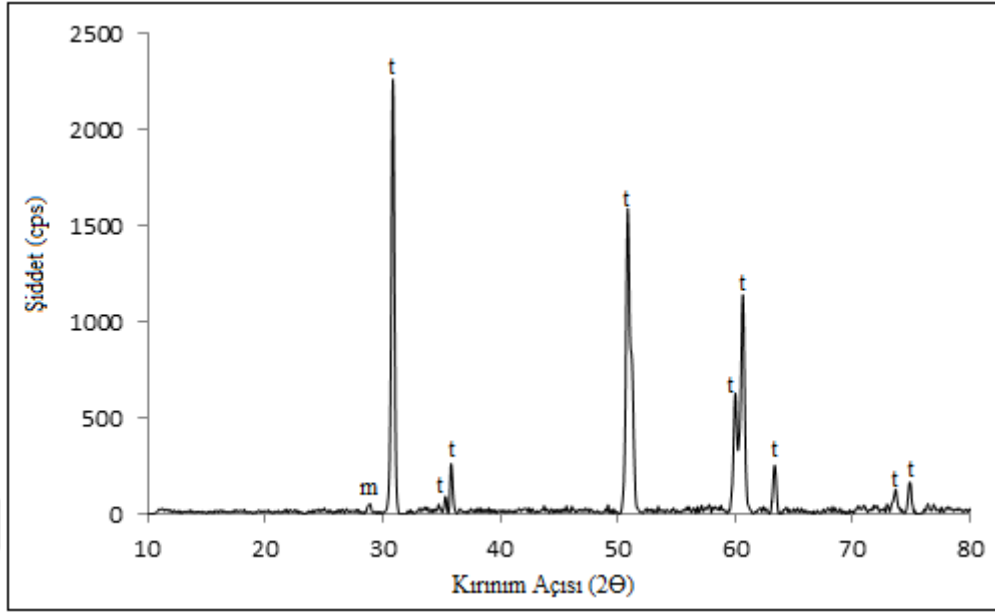
**Şekil 9.22.** S kodlu renklendirilmemiş pelete ait XRD deseni (m: monoklinik ZrO<sub>2</sub>, t: tetragonal ZrO<sub>2</sub>).



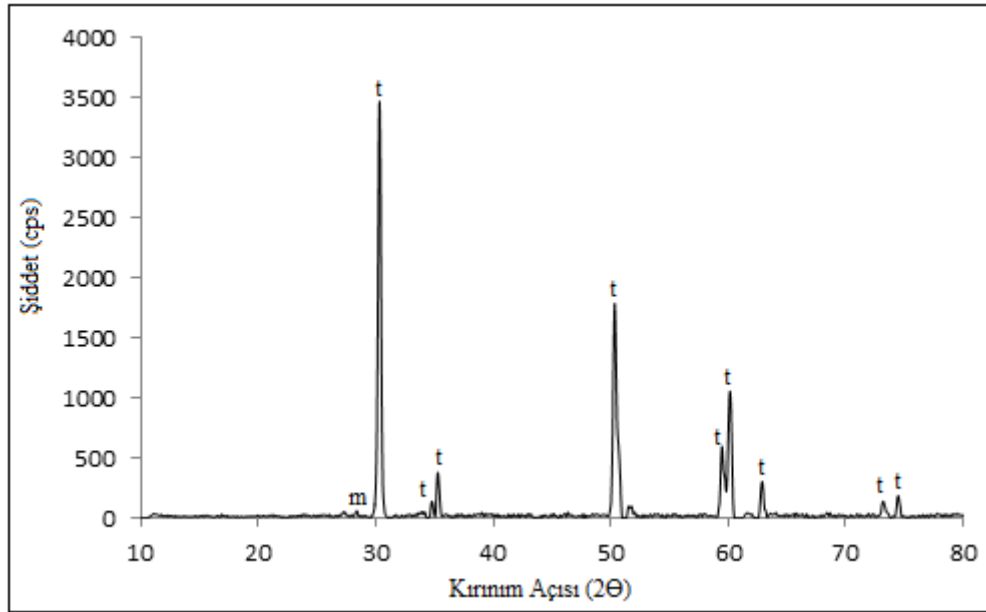
**Şekil 9.23.** W kodlu renklendirilmemiş pelete ait XRD deseni (m: monoklinik  $ZrO_2$ , t: tetragonal  $ZrO_2$ ).



**Şekil 9.24.** T1 kodlu ticari renklendirme solüsyonu ile renklendirilen S kodlu pelete ait XRD deseni (m: monoklinik  $ZrO_2$ , t: tetragonal  $ZrO_2$ ).

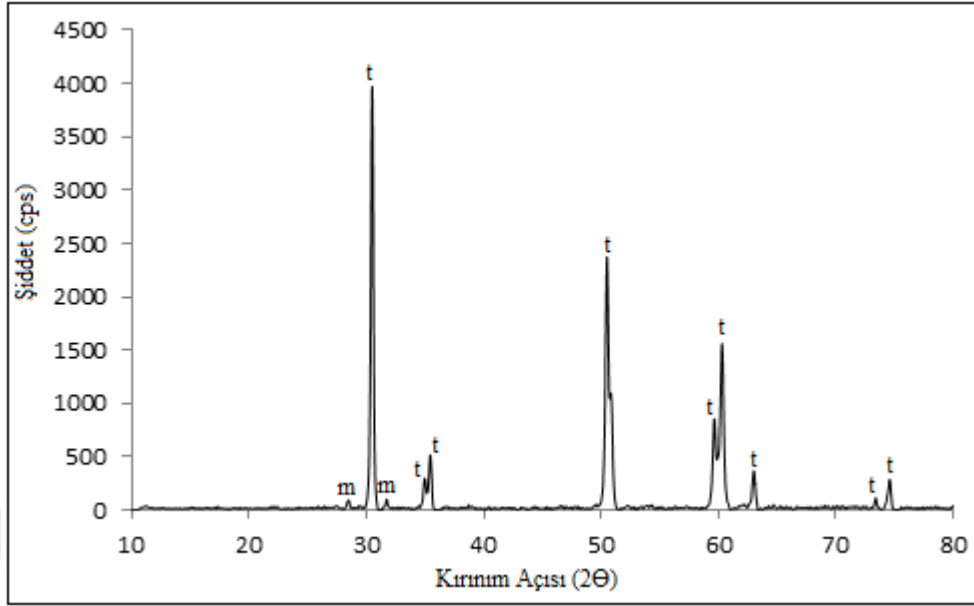


**Şekil 9.25.** T1 kodlu ticari renklendirme solüsyonu ile renklendirilen W kodlu pelete ait XRD deseni (m: monoklinik  $ZrO_2$ , t: tetragonal  $ZrO_2$ ).



**Şekil 9.26.** T2 kodlu ticari renklendirme solüsyonu ile renklendirilen S kodlu pelete ait XRD deseni (m: monoklinik  $ZrO_2$ , t: tetragonal  $ZrO_2$ ).





**Şekil 9.27.** T2 kodlu ticari renklendirme solüsyonu ile renklendirilen W kodlu pelete ait XRD deseni (m: monoklinik  $ZrO_2$ , t: tetragonal  $ZrO_2$ ).

Zirkonya S ve W kodlu tozlara ait XRD desenleri incelendiğinde tüm tozlarda tetragonal fazın monoklinik faza oranla daha baskın olduğu tespit edilmiştir. Ürünlerin renklendirilmemiş ve renklendirilmiş olarak sinterlenen XRD desenlerine bakıldığında ise tetragonal faz yapıya hakim olup, monoklinik fazların ise daha kararlı hale geldiği görülmektedir.





Zirkonya S ve W kodlu peletlerin renksiz ve renkli nihai sinterleme sonrası XRD desenleri karşılaştırıldığında, renklendirme solüsyonlarının farklı bir faz oluşumuna sebep olmadığı görülmektedir.

## 9.2. Zirkonya W Kodlu Peletlere Ait Sonuçlar ve Değerlendirmeler






Bu bölüm başlığı altında zirkonya W kodlu peletlere özgü olarak; tek ajanlı renklendirme solüsyonları ve renk algısının peletler üzerine etkisi, IPS e.max Ceram Dentin A-D renk skalasına uygun olarak üretilen renklendirme solüsyonları ve peletler üzerine etkisi, ayrıca renklendirme solüsyonlarının farklı gramaj ve basınç değerlerinde üretilen peletler üzerine etkileri ve sonuçları incelenmektedir.

### 9.2.1. Tek ajanlı renklendiriciler ile hazırlanan renk solüsyonlarının peletler üzerine olan etkisi



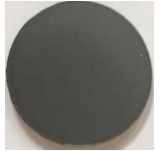
Hazırlanan tek ajanlı renklendirici solüsyonlar, W kodlu zirkonya tozdan pelet formuna getirilmiş ürünler için denenmiştir. 5 gram – 3000 PSI basınç değeri olacak şekilde pelet formuna getirilen ürünler, Protherm PLF markalı fırında sinterlenmiştir. Renk sonuçlarına ait örnekler Şekil 9.28 ve Şekil 9.34 arasında gösterilmektedir.

Reçete Kodu	Renklendirici tuz-1_1	Renklendirici tuz-1_2	Renklendirici tuz-1_3	Renklendirici tuz-1_4
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletler				




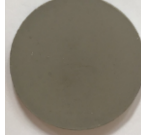
Şekil 9.28. Renklendirici tuz-1 solüsyonlarına ait renklendirilmiş peletler.

Reçete Kodu	Renklendirici tuz-2_1	Renklendirici tuz-2_2	Renklendirici tuz-2_3	Renklendirici tuz-2_4	Renklendirici tuz-2_5
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletler					

Şekil 9.29. Renklendirici tuz-2 solüsyonlarına ait renklendirilmiş peletler.

Reçete Kodu	Renklendirici tuz-3_1	Renklendirici tuz-3_2	Renklendirici tuz-3_3	Renklendirici tuz-3_4
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletler				

Şekil 9.30. Renklendirici tuz-3 solüsyonlarına ait renklendirilmiş peletler.

Reçete Kodu	Renklendirici tuz-4_1	Renklendirici tuz-4_2	Renklendirici tuz-4_3	Renklendirici tuz-4_4
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletler				

**Şekil 9.31.** Renklendirici tuz-4 solüsyonlarına ait renklendirilmiş peletler.

Reçete Kodu	Renklendirici tuz-5_1	Renklendirici tuz-5_2	Renklendirici tuz-5_3	Renklendirici tuz-5_4
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletler				

**Şekil 9.32.** Renklendirici tuz-5 solüsyonlarına ait renklendirilmiş peletler.

Reçete Kodu	Renklendirici tuz-6_1	Renklendirici tuz-6_1
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletler		

**Şekil 9.33.** Renklendirici tuz-6 solüsyonlarına ait renklendirilmiş peletler.

Reçete Kodu	Renklendirici tuz-7_1	Renklendirici tuz-7_2	Renklendirici tuz-7_3	Renklendirici tuz-7_4
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletler				

**Şekil 9.34.** Renklendirici tuz-7 solüsyonlarına ait renklendirilmiş peletler.

Tek ajanlı renklendiricilerin, solüsyon içerisindeki miktarları arttıkça, peletler üzerindeki rengin koyulaştığı görülmüştür. Bu denemeler ile IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasına ulaşabilmek için kullanılması gereken renklendirici tuzların oranının tespit edilmesi mümkün olmuştur.

### 9.2.2. IPS e.max Ceram Dentin A-D renk skalasına uygun olarak renklendirilen peletlere ait sonuçlar ve değerlendirmeler




Bu bölüm başlığı altındaki çalışma, 1,5 gram / 500 PSI basınç değerinde üretilen peletlerle gerçekleştirilmiş ve söz konusu renk skalasına uygun kesin sonuçlar paylaşılmıştır. Uzman diş teknisyeni Sn. Saim GÜLER (Güler Dental Çok Amaçlı Diş Protez Laboratuvarı, Eskişehir) tarafından görsel olarak analiz edip kabul edilen kesin sonuçlar Şekil 9.35 – Şekil 9.38’da verilmiştir.

#### Dentin B serisi için uygun görülen renkli peletler

B Serisi	B1	B2	B3	B4
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletlerin görselleri				

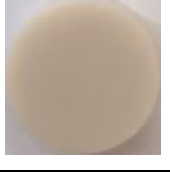
**Şekil 9.35.** B serisi için uygunluğu kabul edilen renklendirilmiş peletler.

#### Dentin A serisi için uygun görülen renkli peletler

A Serisi	A2	A3	A4
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletlerin görselleri			


**Şekil 9.36.** A serisi için uygunluğu kabul edilen renklendirilmiş peletler.

#### Dentin C serisi için uygun görülen renkli pelet

C Serisi	C1
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletlerin görselleri	

**Şekil 9.37.** C serisi için uygunluğu kabul edilen renklendirilmiş pelet.

### Dentin D serisi için uygun görülen renkli pelet

D Serisi	D2
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletlerin görselleri	

**Şekil 9.38.** D serisi için uygunluğu kabul edilen renklendirilmiş pelet.

### **9.2.3. Farklı gramaj ve basınç değerlerine sahip peletlerin B1,B2,A2 ve A3 renklerine ait solüsyonlarda renklendirilmesine ait sonuçlar ve değerlendirmeler**

Bu bölüm başlığı altında incelenecek olan peletler, 1,5 gram / 500 PSI basınç değerinde olan peletlere özgü üretimi gerçekleşmiş IPS e.max Ceram Dentin A-D renk skalasına uygun B1, B2, A2 ve A3 renklendirme solüsyonları ile yapılmıştır.

#### Pişme küçülmesi sonuçları

Farklı gramajlarda ve basınç değerlerinde üretilip renklendirilen peletlere ait sonuçlar Çizelge 9.5 ve Çizelge 9.12 arasında verilmiştir. Bu çalışmada, renk algısının peletler üzerine olan etkilerini ve pişme küçülmesindeki değişimleri anlamak adına renklendirilen ürünler iki sinterleme fırını kullanılarak pişirilmiştir.

Çizelge 9.5 ve Çizelge 9.11 arasında verilen peletler Tegra MP 1500 markalı fırında sinterlenirken, Çizelge 9.12'deki peletler Protherm PLF markalı fırında sinterlenmiştir.

**Çizelge 9.5.** 0,15 gramlık ve 500 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri.

Numune Kodu	Çap (mm)	Kalınlık (mm)
B1	9,86	0,57
B2	9,82	0,55
A2	9,88	0,59
A3	9,85	0,56
Ortalama	9,85	0,56
Std. Sapma	0,025	0,017

**Çizelge 9.6.** 0,4 gramlık ve 250 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri.

Numune Kodu	Çap (mm)	Kalınlık (mm)
B1	9,59	0,97
B2	9,55	0,96
A2	9,53	0,96
A3	9,53	0,97
Ortalama	9,55	0,96
Std. Sapma	0,028	0,005

**Çizelge 9.7.** 0,4 gramlık ve 500 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri.

Numune Kodu	Çap (mm)	Kalınlık (mm)
B1	9,90	0,90
B2	9,90	0,87
A2	9,89	0,88
A3	9,88	0,89
Ortalama	9,89	0,88
Std. Sapma	0,009	0,012

**Çizelge 9.8.** 1,5 gramlık ve 250 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri.

Numune Kodu	Çap (mm)	Kalınlık (mm)
B1	9,61	3,36
B2	9,58	3,35
A2	9,60	3,35
A3	9,55	3,34
Ortalama	9,58	3,35
Std. Sapma	0,026	0,008

**Çizelge 9.9.** 1,5 gramlık ve 500 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri.

Numune Kodu	Çap (mm)	Kalınlık (mm)
B1	9,87	3,21
B2	9,84	3,22
A2	9,85	3,21
A3	9,81	3,20
Ortalama	9,84	3,21
Std. Sapma	0,025	0,008

**Çizelge 9.10.** 5 gramlık ve 1500 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri.

Numune Kodu	Çap (mm)	Kalınlık (mm)
B1	28,45	1,66
B2	28,67	1,64
A2	28,45	1,66
A3	28,65	1,67
Ortalama	28,55	1,65
Std. Sapma	0,121	0,012

**Çizelge 9.11.** 5 gramlık ve 3000 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri.

Numune Kodu	Çap (mm)	Kalınlık (mm)
B1	29,56	1,40
B2	29,60	1,38
A2	29,62	1,35
A3	29,63	1,35
Ortalama	29,60	1,37
Std. Sapma	0,030	0,024

**Çizelge 9.12.** 5 gramlık ve 3000 PSI basınç değerinde üretilen renklendirilmiş peletlere ait çap/kalınlık değerleri.

Numune Kodu	Çap (mm)	Kalınlık (mm)
B1	22,18	2,30
B2	22,19	2,30
A2	22,17	2,31
A3	22,15	2,32
Ortalama	22,17	2,30
Std. Sapma	0,017	0,009

Aynı gramajda ve basınç değerlerinde üretilip (5 gram / 3000 PSI basınç), aynı sıcaklık rejimi altında renkli olarak sinterlenen peletlerin çap ve kalınlık ölçümlerindeki değişimin, farklı fırınlarda sinterlenmesinin bir sonucu olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuç neticesinde çalışmanın geri kalan kısmında renklendirilip sinterlenecek olan zirkonya destekler, tek bir sinterleme fırını kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### Yoğunluk sonuçları





Farklı gramajlarda ve basınç değerlerinde üretimi gerçekleşen peletlerin yoğunluk sonuçları Çizelge 9.13'te verilmiştir. En yüksek ham yoğunluk değeri 0,4 gram / 250 PSI basınç değerindeki peletlerde gözlenirken, en düşük ham yoğunluk değeri 5 gram / 3000 PSI basınç değerinde üretimi gerçekleşen peletlerde görülmüştür. Ham yoğunluk değerlerindeki bu değişimler, renklendirme solüsyonlarının peletler üzerindeki renk algılarını değiştirmektedir.

**Çizelge 9.13.** Farklı gramajlarda ve basınç değerlerinde üretilen peletlere ait ham yoğunluk değerleri.





Ürünler (Peletler)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
0,4 gram / 250 PSI	3,19
0,4 gram / 500 PSI	3,14
1,5 gram / 250 PSI	3,14
1,5 gram / 500 PSI	3,16
5 gram / 1500 PSI	3,15
5 gram / 3000 PSI	3,12

### Renklendirme solüsyonlarının peletlerin rengine etkisi

Farklı gramaj ve basınç değerlerindeki peletlere yapılan renklendirme işlemleri, 1,5 gramlık ve 500 PSI basınç değerindeki peletler için üretimi gerçekleştiren ve uzman dış teknisyeni Sn. Saim GÜLER tarafından görsel olarak analiz edilip onaylanan renklendirme solüsyonları ile yapılmıştır. Farklı gramaj ve basınç değeri altında üretilip renklendirilen peletlerin görsel sonuçları Şekil 9.39 ve Şekil 9.45 arasında gösterilmektedir.





Renk Serisi	B1	B2	A2	A3
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletlerin görselleri				

**Şekil 9.39.** 0,15 gram – 500 PSI basınç değerinde üretilip B1,B2,A2 ve A3 solüsyonlarında renklendirilen peletlerin görünümü.





Renk Serisi	B1	B2	A2	A3
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletlerin görselleri				

**Şekil 9.40.** 0,4 gram – 250 PSI basınç değerinde üretilip B1,B2,A2 ve A3 solüsyonlarında renklendirilen peletlerin görünümü.







Renk Serisi	B1	B2	A2	A3
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletlerin görselleri				

**Şekil 9.41.** 0,4 gram – 500 PSI basınç değerinde üretilip B1,B2,A2 ve A3 solüsyonlarında renklendirilen peletlerin görünümü.

Renk Serisi	B1	B2	A2	A3
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletlerin görselleri				





**Şekil 9.42.** 1,5 gram – 250 PSI basınç değerinde üretilip B1,B2,A2 ve A3 solüsyonlarında renklendirilen peletlerin görünümü.

Renk Serisi	B1	B2	A2	A3
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletlerin görselleri				

**Şekil 9.43.** 1,5 gram – 500 PSI basınç değerinde üretilip B1,B2,A2 ve A3 solüsyonlarında renklendirilen peletlerin görünümü.

Renk Serisi	B1	B2	A2	A3
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletlerin görselleri				

**Şekil 9.44.** 5 gram – 1500 PSI basınç değerinde üretilip B1,B2,A2 ve A3 solüsyonlarında renklendirilen peletlerin görünümü.

Renk Serisi	B1	B2	A2	A3
Renklendirilip, sinterlenmiş olan peletlerin görselleri				

**Şekil 9.45.** 5 gram – 3000 PSI basınç değerinde üretilip B1,B2,A2 ve A3 solüsyonlarında renklendirilen peletlerin görünümü.

Farklı gramaj ve basınç değerlerindeki peletlerin aynı solüsyonlarda renklendirilmesi sonucunda renkler birbirini tutmamaktadır. Farklı çap/kalınlık ve ham yoğunluk değerlerine sahip peletlerin, hangi renk solüsyonlarıyla renklendirilmek istenirse istensin ortaya farklı bir nihai renk çıkacağı kanıtlanmıştır.

#### 9.2.4. CIE L\*a\*b\* ölçüm verilerine ait sonuçlar ve değerlendirmeler

##### Tek ajanlı renklendiricilere ait veriler

Tek ajanlı renklendiricilerle hazırlanan renklendirme solüsyonların, 5 gram / 3000 PSI basınç değerinde üretilen peletler üzerindeki CIE L\*a\*b\* değişimleri Çizelge 9.14 ve Çizelge 9.20 arasında verilmiştir. Peletlerin L\*a\*b\* ölçümleri, Konica Minolta CM-2300d markalı spektrofotometre cihazıyla gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 9.14.** Renklendirici tuz-1'in CIE L\*a\*b\* üzerine etkisi.

Renklendirici tuz-1 miktarı (gram)	L*	a*	b*
0,01	87,44	-3,41	11,44
0,1	82,18	0,04	17,98
0,5	69,46	5,03	17,78
1	61,41	6,75	17,32

**Çizelge 9.15.** Renklendirici tuz-2'nin CIE L\*a\*b\* üzerine etkisi.

Renklendirici tuz-2 miktarı (gram)	L*	a*	b*
0,01	87,59	-3,15	10,75
0,1	87,11	-2,01	9,76
0,5	86,03	1,06	7,11
1	84,89	2,94	6,36
10	79,12	12,15	2,70

**Çizelge 9.16.** Renklendirici tuz-3'ün CIE L\*a\*b\* üzerine etkisi.

Renklendirici tuz-3 miktarı (gram)	L*	a*	b*
0,01	76,46	-0,71	4,65
0,1	65,06	-0,98	0,75
0,5	53,33	-0,11	-1,91
1	46,44	0,32	-1,68

**Çizelge 9.17.** Renklendirici tuz-4'ün CIE L\*a\*b\* üzerine etkisi.

Renklendirici tuz-4 miktarı (gram)	L*	a*	b*
0,01	75,59	2,20	13,56
0,1	65,16	0,39	6,84
0,5	59,86	0,77	6,80
1	57,84	0,99	6,97

**Çizelge 9.18.** Renklendirici tuz-5'in CIE L\*a\*b\* üzerine etkisi.

Renklendirici tuz-5 miktarı (gram)	L*	a*	b*
0,01	88,19	-2,32	24,42
0,1	82,88	5,10	29,82
0,5	81,73	8,18	32,74
1	78,73	10,83	35,19

**Çizelge 9.19.** Renklendirici tuz-6'nın CIE L\*a\*b\* üzerine etkisi.

Renklendirici tuz-6 miktarı (gram)	L*	a*	b*
0,01	81,51	-11,12	3,05
0,1	62,41	-9,84	4,86

**Çizelge 9.20.** Renklendirici tuz-7'nin CIE L\*a\*b\* üzerine etkisi.

Renklendirici tuz-7 miktarı (gram)	L*	a*	b*
0,01	85,97	-1,40	13,68
0,1	67,89	3,94	13,17
0,5	56,45	2,91	8,29
1	54,79	1,68	7,15

Tek ajanlı renklendiriciler ile hazırlanıp renklendirilen peletlerin spektrofotometre sonuçlarına bakıldığında, renklendirici tuzların solüsyon içerisinde artan miktarları L\* değerinde bir azalma meydana getirmiştir. Bu azalma pelet renklerinin açıktan koyuya doğru gitmesinin bir kanıtıdır. a\* ve b\* değerlerindeki değişim, L\* değerindeki gibi sürekli bir azalma göstermemektedir. Her bir renklendirici tuz için a\* ve b\* değerleri azalma ve/veya artış ya da azalıp artma ve/veya artıp azalma göstermektedir. Bu durumun sebebi her bir renklendirici tuzun peletler üzerine verdiği renk spektrumunun farklılık göstermesinden kaynaklanmaktadır.

### Spektrofotometre cihazlarına ait veriler

1,5 gramlık ve 500 PSI basınç değerinde üretilip IPS e.max Ceram Dentin A-D renk skalasına uygun, görsel olarak rengi belirlenmiş olan peletler iki farklı spektrofotometre cihazı ile analiz edilmiştir. Vita Easysshade Advance ve SpectroShade cihazlarıyla sonuçları belirlenen peletlere ait CIE L\*a\*b\* değerleri sırasıyla Çizelge 9.21 ve Çizelge 9.22’de gösterilmektedir.

**Çizelge 9.21.** Vita Easysshade Advance markalı spektrofotometre cihazından alınan sonuçlar.

Analizi yapılan renk	3D-Master’daki karşılığı	Klasik skaladaki karşılığı	L*	a*	b*
A2	4M3	A4	79,9	9,1	51,3
A3	4M3	A4	78	8,1	48,5
A4	2M3	B3	86,1	0,1	30
B1	Cihaz ölçüm sonucu vermedi.				
B2	5M3	A4	76,8	8,6	55,1
B3	Cihaz ölçüm sonucu vermedi.				
B4	4R1.5	A4	68,5	8,4	21,8
C1	Cihaz ölçüm sonucu vermedi.				
D2	3.5R2	A4	69,8	8,5	24,5

**Çizelge 9.22.** SpectroShade markalı spektrofotometre cihazından alınan sonuçlar.

Analizi yapılan renk	3D-Master’daki karşılığı	Klasik skaladaki karşılığı	L*	a*	b*
A2	2L2,5	A3	78,8	1,4	24,9
A3	2M3	B3	75	2,1	24,8
A4	3M3	B4	73,9	4,2	28,1
B1	0M3	A1	88,3	-2,6	14,9
B2	1M2	A3	81	0,9	24,8
B3	2R2,5	A3	79	3,2	25,6
B4	3M3	B3	75,8	4,2	27,4
C1	1M1	B1	74,4	2,3	8,2
D2	2M1	B1	73	2,2	10,2

Cihazlardan elde edilen değerlerin doğruluğunu sınamak amacıyla Vita A1-D4 Klasik renk skalası (Şekil 9.46) ile bir kontrol grubu oluşturulmuş ve bu kontrol grubundaki renkler, SpectroShade markalı spektrofotometre cihazıyla analiz edilmiştir. Cihaza ait ölçüm sonuçları Çizelge 9.23’de verilmiştir.

**Çizelge 9.23.** Vita A1-D4 Klasik skalasının CIE L\* a\* b\* ölçüm değerleri.

Analizi yapılan Vita klasik skala rengi	Cihaza göre klasik skala cinsinden karşılığı	L*	a*	b*
A1	A1	78,5	0,3	16
A2	B2	76,9	1,6	20,2
A3	A3	74,4	2,4	23,1
A3.5	B3	72,1	3	26,2
A4	A3.5	67,4	4,3	25,2
B1	A1	79,6	-0,7	15,2
B2	B2	77	0,2	19,4
B3	B3	74,4	1,7	25,7
B4	B3	72,7	2,2	27,4
C1	B2	74,3	0,2	16,1
C2	A3	71,7	1,1	20,3
C3	D4	69,7	1,7	21,6
C4	A4	64,5	3,2	23,3
D2	C1	72,5	0,8	15
D3	A3	72,5	2,1	19,8
D4	B3	71,7	0,5	23,1

**Şekil 9.46.** Vita A1-D4 Klasik skalası (Vita North America, 2020).

1,5 gramlık ve 500 PSI basınç değerinde pelet formunda üretimi gerçekleştirilmiş ve bu peletlere özgü hazırlanmış olan renklendirme solüsyonları, 5 gramlık - 3000 PSI basınç değerinde üretimi gerçekleştirilen peletlerle de renklendirilmiştir. Konica Minolta CM-2300d ve SpectroShade markalı spektrofotometre cihazıyla CIE L\*a\*b\* ölçümü Çizelge 9.24 ve Çizelge 9.25'te gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 9.24.** Konica Minolta CM-2300d markalı cihazın 5 gram – 3000 PSI basınç değerinde üretilip renklendirilen peletlerin L\* a\* b\* ölçüm sonuçları.

Analizi yapılan renk	L*	a*	b*
A2	84,49	2,39	14,45
A3	82,93	4,49	17,89
A4	78,79	6,22	21,44
B1	89,72	-1,66	8,66
B2	85,40	0,28	17,15
B3	82,25	2,30	19,54
B4	79,53	3,99	22,92
C1	76,85	2,82	9,38
D2	74,51	3,95	11,35

**Çizelge 9.25.** SpectroShade markalı cihazın 5 gram – 3000 PSI basınç değerinde üretilip renklendirilen peletlerin CIE L\* a\* b\* ölçüm sonuçları.

Analizi yapılan renk	Klasik skaladaki karşılığı	L*	a*	b*
A2	B1	75,3	-0,2	11,8
A3	B2	75,0	0,9	16,2
A4	A2	73,0	1,5	19,2
B1	B1	80,4	-2,2	6,9
B2	A1	76,4	0,5	14,0
B3	B2	74,2	-0,9	21,0
B4	B3	72,5	0,1	23,4
C1	D2	69,6	2,0	9,3
D2	D2	68,2	1,8	11,5

Üç farklı spektrofotometre cihazından alınan sonuçlar (klasik skala karşılığı), görsel analiz ile yapılan kesin ve net sonuçlarla birbirini tutmamıştır. Ayrıca üç farklı spektrofotometre cihazının CIE L\* a\* b\* sonuçlarının farklılık göstermesi, renk üzerine yapılan ve/veya yapılacak olan bilimsel çalışmalar için ciddi anlamda dezavantaj teşkil edeceği aşikardır. Bu sonuçtan hareketle çalışmanın ilerleyen bölümlerinde tek kuron üyelerin renk değerlendirmelerine görsel analizle devam etmeye karar verilmiştir.

#### B4 ve A4 renk solüsyonlarına ait veriler

Saf su, organik çözücü-1 ve organik çözücü-2'nin CIE L\* a\* b\* değerleri üzerine olan etkisini incelemek adına, 1,5 gram / 500 PSI basınç değerindeki peletlere uygun olarak tespit edilen B4 ve A4 renk solüsyonları tekrar hazırlanmış ve 5 gram - 3000 PSI basınç değerindeki peletler üzerinde denemeler gerçekleştirilmiştir. Her bir farklı örnek için 5 adet CIE L\* a\* b\* ölçümü yapılmış olup, ortalamaları alınmıştır.

A4 rengi için; L\* değerinin en yüksek olduğu solüsyon organik çözücü-2 içerikli olup, en düşük L\* değeri organik çözücü-1 içerikli solüsyonda görülmüştür. a\* değerinin en yüksek

olduğu solüsyon içeriği organik çözücü-1'den oluşurken, en düşük değer tamamen saf su içeriklidir. b\* değerinde ise en yüksek değer organik çözücü-1 içerikli solüsyonda görülürken, en düşük değer organik çözücü-2 içeriğinde olduğu görülmüştür. Saf su, organik çözücü-1, organik çözücü-2 içerikli; A4 reçetelerinin CIE L\* a\* b\* sonuçları Çizelge 9.26'da gösterilmektedir.

**Çizelge 9.26.** A4 reçetesi için hazırlanmış olan Saf su, organik çözücü-1, organik çözücü-2 içerikli solüsyonların 5 gramlık / 3000 PSI basınç değerlerindeki peletler üzerine olan CIE L\* a\* b\* verileri.

A4 Rengi	L*	a*	b*
Saf su içerikli	79,85	4,91	23,34
Organik çözücü-1 içerikli	79,58	5,31	23,78
Organik çözücü-2 içerikli	79,94	4,92	21,10

B4 rengi için; L\* değerinin en yüksek olduğu solüsyon organik çözücü-2 içerikli olup, en düşük L\* değeri organik çözücü-1 içerikli solüsyonda görülmüştür. a\* değerinin en yüksek olduğu solüsyon içeriği organik çözücü-1'den oluşurken, en düşük değer tamamen saf su içeriklidir. b\* değerinde ise en yüksek değer organik çözücü-1 içerikli solüsyonda görülürken, en düşük değer organik çözücü-2 içeriğinde olduğu görülmüştür. Saf su, organik çözücü-1, organik çözücü-2 içerikli; B4 reçetelerinin CIE L\* a\* b\* sonuçları Çizelge 9.27'de verilmiştir.

**Çizelge 9.27.** B4 reçetesi için hazırlanmış olan Saf su, organik çözücü-1, organik çözücü-2 içerikli solüsyonların 5 gramlık / 3000 PSI basınç değerlerindeki peletler üzerine olan CIE L\* a\* b\* verileri.

B4 Rengi	L*	a*	b*
Saf su içerikli	79,87	4,06	24,57
Organik çözücü-1 içerikli	80,38	4,48	24,81
Organik çözücü-2 içerikli	80,72	4,01	22,35

Sadece organik çözücü-2'nin renk üzerine olan etkisini incelemek adına A4 reçetesi verileri kullanılarak, %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında organik çözücü-2 reçete bünyesine katılmıştır. Ayrıca %25 organik çözücü-2 içerikli olacak olan başka bir reçetede ise hammaddeler organik çözücü-2 bünyesinde çözdürülüp ardından saf su ilave edilerek hazırlanıp, bu kompozisyonda incelenmiştir. Organik çözücü-2 içeriğindeki artışla birlikte L\* ve a\* değerlerinde bir artış görülürken, b\* değerinde bir azalma söz konusudur. Sadece metal tuzlarının, organik çözücü-2 içerisinde çözdürüldüğü solüsyonun pelet renklendirilmesi sonucuna bakılacak olursa, L\* ve a\* değerlerinde diğer reçetelere göre ortalama bir sonuç alınırken, b\* değeri diğer reçetelerden de yüksek çıkmıştır. Organik çözücü-2'nin peletler üzerindeki CIE L\* a\* b\* ölçüm değerleri Çizelge 9.28'de verilmiştir.

**Çizelge 9.28.** A4 reçetesi için hazırlanmış olan farklı oranlardaki organik çözücü-2 içerikli solüsyonların 5 gramlık / 3000 PSI basınç değerlerindeki peletler üzerine olan CIE L\* a\* b\* verileri.

A4 Rengi	L*	a*	b*
%5 Organik çözücü-2 içerikli	78,51	5,51	23,36
%10 Organik çözücü-2 içerikli	78,57	5,59	23,09
%15 Organik çözücü-2 içerikli	78,65	5,67	22,43
%20 Organik çözücü-2 içerikli	78,78	5,72	22,19
%25 Organik çözücü-2 içerikli	78,80	5,76	21,81
%25 Organik çözücü-2 içerikli (katı hammaddeler organik çözücü-2 içerisinde çözdürülen)	78,80	6,10	22,81

B4 ve A4 renk solüsyonlarında renklendirilen peletlerin CIE L\*a\*b\* ölçüm verilerine bakıldığında, sonuçlar birbirine yakın çıkmıştır. Çözdürücü olarak kullanılan saf su, organik çözücü-1 ve organik çözücü-2'nin peletler üzerinde ciddi bir renk farklılığına sebebiyet vermediği görülmüştür. Ayrıca organik çözücü-2 miktarındaki artış, peletler üzerindeki renk algısına ciddi anlamda etki etmemektedir.

### 9.3. Zirkonya W Kodlu Bloktan Frezelenen Dış Formundaki Numunelere Ait Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Zirkonya W kodlu toz kullanılarak blok haline getirilmiş ve sonrasında CAD/CAM teknolojisi ile frezelenen tek kuron ve köprü üyelerin renklendirilmesine ait sonuçlar bu başlık altında irdelenmektedir. Pelet formunda gerçekleştirilen çalışmaların neticesinde, çap/kalınlık, yoğunluk ve farklı oranlardaki gramaj/basınç değerlerinin renk algısı üzerindeki farklılıklar düşünüldüğünde; renklendirme çalışmalarına standart bir form yakalamak adına bloktan frezelenen ürünlerle devam edilmiştir.

#### 9.3.1. Görsel analize ait sonuçlar ve değerlendirmeler

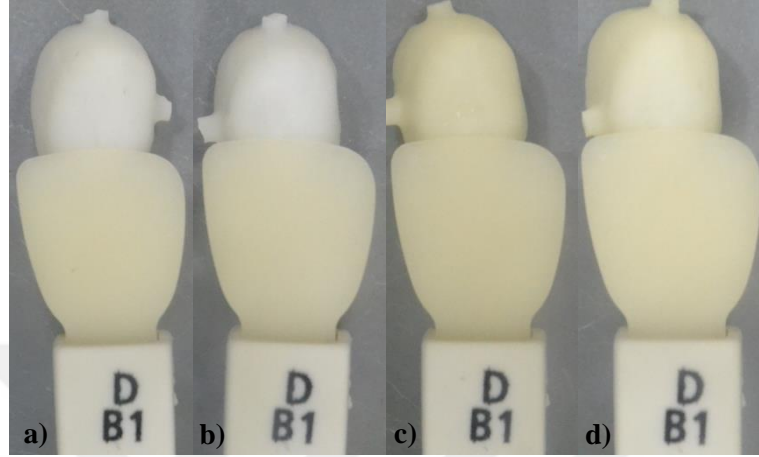
Uzman diş teknisyeni Sn. Saim GÜLER tarafından, IPS e.max Ceram Dentin A-D renk skalasına göre değerlendirilen sonuçlar bu bölüm başlığı altında incelenmiştir. İncelenen numunelerin, uzman diş teknisyeni tarafından değerlendirilen sonuçlarına göre diğer renk solüsyonları üzerinde çalışmalar yapılmış ve söz konusu renk skalasına uygun dentin renklerine ulaşılmıştır.

Dış formundaki tek kuron örneklerin görsel analizleri; öğle saatlerinde (12:00 ve 14:00 arasında), gri renkli bir zemin üzerinde ve 5500K gün ışığı desteği sağlayan aydınlatma cihazı ile beraber gerçekleştirilmiştir.



IPS e.max Ceram Dentin B serisine ait sonuçlar ve değerlendirmeler

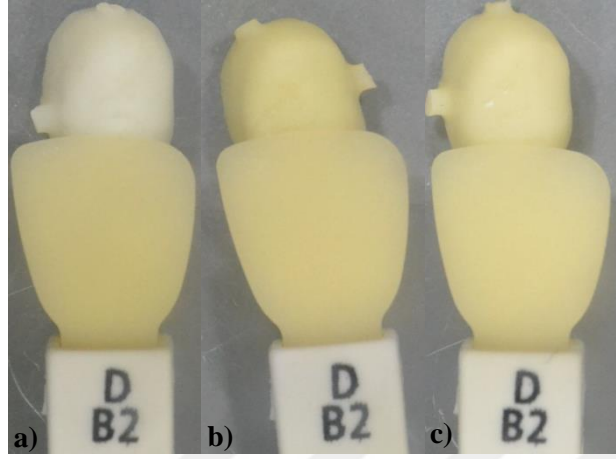
*Dentin B1 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*



**Şekil 9.47.** B1 kodlu (a), B2 kodlu (b), B5 kodlu (c) ve B4 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının B1 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Yapılan görsel analiz sonucuna göre; B1 kodlu numune renginin istenilen B1 Dentin renginden 2-3 ton açık olduğu ve sarılığının arttırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden B2 kodlu numune üretilmiştir. B2 kodlu numune renginin istenilen B1 Dentin renginden gene çok açık olduğu ve sarılığının da arttırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu sonucun akabinde B5 kodlu numune hazırlanmıştır. B5 kodlu numune renginin istenilen B1 Dentin renginden biraz fazla sarı olduğu ve bu sarılığın azaltılması neticesinde istenilen B1 Dentin rengine ulaşabileceği söylenmiştir. Bu sonuca göre B4 kodlu numune üretilmiştir. B4 kodlu numunenin, istenilen B1 Dentin rengine göre tam uyum sağladığı söylenmiştir.

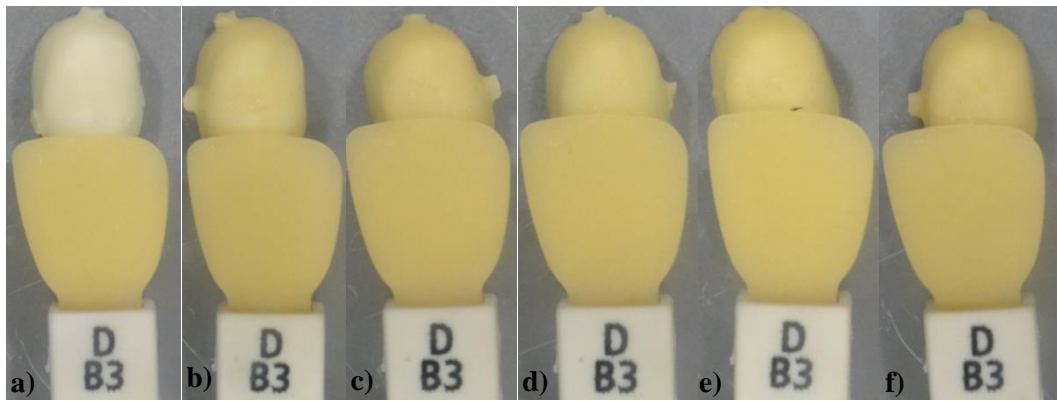
*Dentin B2 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*



**Şekil 9.48.** B3 kodlu (a), B8 kodlu (b) ve B7 kodlu (c) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının B2 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Değerlendirme sonucuna göre, B3 kodlu numunenin istenilen B2 Dentin renginden çok açık olduğu, B1 Dentin rengine yakın durduğu ve B2 Dentin rengine ulaşmak için sarısının artırılması gerektiğine karar verilmiştir. Bu sonuç neticesinde B8 kodlu numune hazırlanmıştır. B8 kodlu numunenin sarılığı düşük oranda azaltılırsa istenilen B2 Dentin rengine varılacağı ön görülmüştür. Bu öngörü neticesinde B7 kodlu numune üretilmiştir. Değerlendirmesi yapılan B7 kodlu numunenin, istenilen B2 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı tespit edilmiştir.

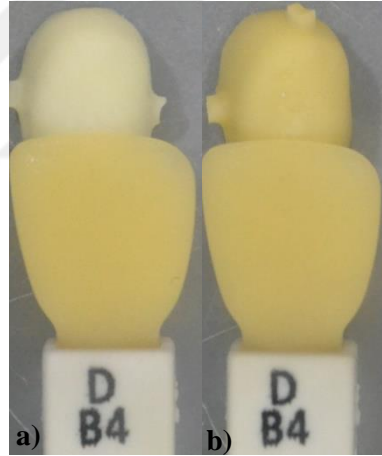
*Dentin B3 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*



**Şekil 9.49.** B5 kodlu (a), B9 kodlu (b), B10 kodlu (c), B11 kodlu (d), B13 kodlu (e) ve B12 kodlu (f) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının B3 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Yapılan değerlendirmede, B5 kodlu numunenin B3 Dentin göre çok açık olduğu, B1 Dentin rengine yakın bulunduğu ve sarılığının arttırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu sonuç doğrultusunda B9 kodlu numune hazırlanmıştır. B9 kodlu numunenin sarılığının az miktarda arttırılması ile istenilen B3 Dentin rengine ulaşılacağı söylenmiştir. Bu sonuca göre B10 kodlu numune üretilmiştir. B10 kodlu numunenin sarılığının B9 kodlu numuneden de az miktarda arttırılması ile istenilen B3 Dentin rengine ulaşılacağı n görülmüştür. Bu öngörüye göre B11 kodlu numune hazırlanmıştır. B11 kodlu numunenin sarılığının B10 kodlu numuneden de çok az miktarda arttırılması ile istenilen B3 Dentin rengine varılabileceği söylenmiştir. Bu söyleme göre B13 kodlu numune hazırlanmıştır. B13 kodlu numunenin sarılığının az miktarda azaltılması ile ulaşılmak istenilen B3 Dentin rengine gelebileceği sonucuna varılmıştır. Bu sonuç doğrultusunda B12 kodlu numune üretilmiştir. Analizi gerçekleştirilen B12 kodlu numunenin, istenilen B3 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı söylenmiştir.

*Dentin B4 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*

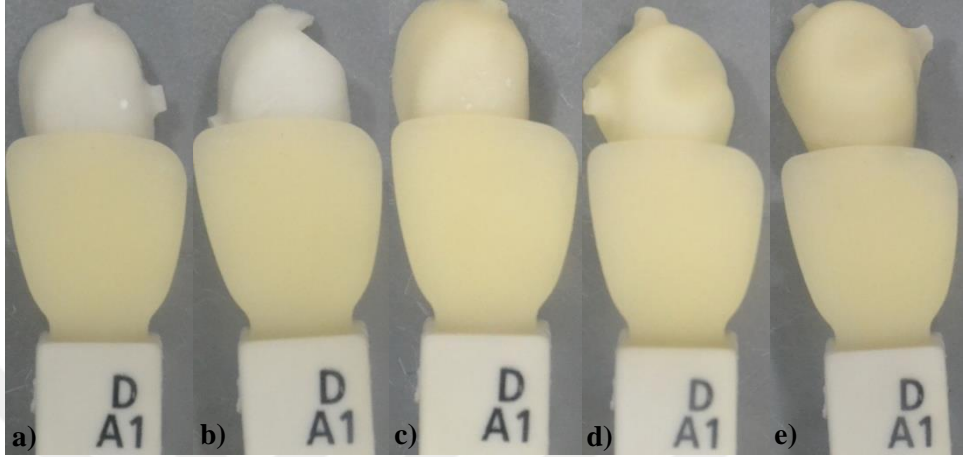


**şekil 9.50.** B6 kodlu (a) ve B14 kodlu (b) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının B4 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Elde edilen sonuçta, B6 kodlu numunenin istenilen B4 Dentin rengine göre çok açık olduğu ve sarılığının arttırılması gerektiğine karar verilmiştir. Bu karar neticesinde B14 kodlu numune hazırlanmıştır. Analizi yapılan B14 kodlu numunenin, istenilen B4 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı saptanmıştır.

IPS e.max Ceram Dentin A serisine ait sonuçlar ve değerlendirmeler

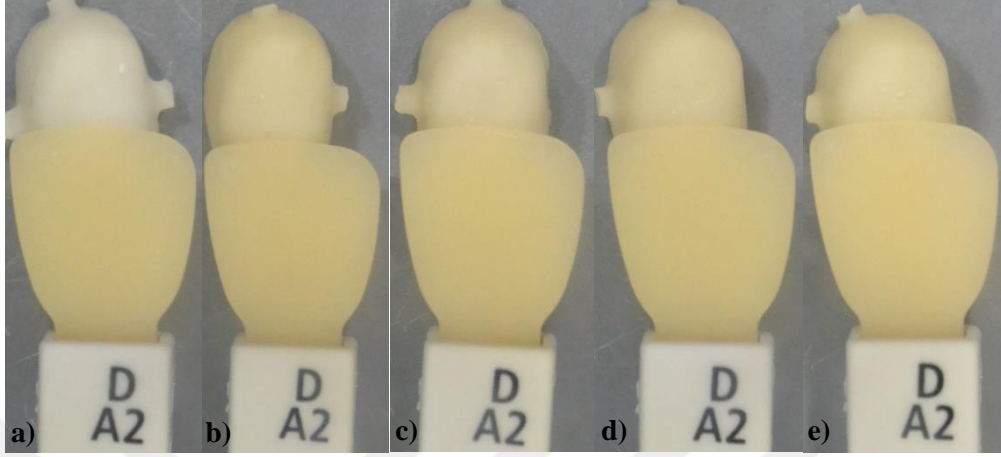
*Dentin A1 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*



**Şekil 9.51.** A1 kodlu (a), A5 kodlu (b), A8 kodlu (c), A33 kodlu (d) ve A32 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A1 Dentin rengine göre kıyaslanması.

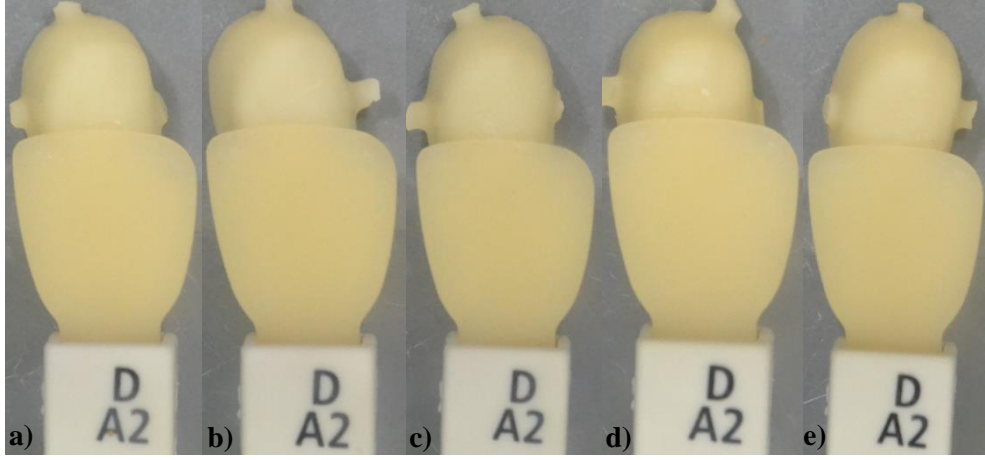
Yapılan değerlendirmede, A1 kodlu numunenin A1 Dentin rengine göre çok açık bir renkte olduğu, sarısının ve kızılığının artması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu sonuç doğrultusunda A5 kodlu numune hazırlanmıştır. A5 kodlu numunenin A1 Dentin rengine göre çok açık bir renkte olduğu, A1 kodlu numuneye göre de sarısının ve kızılığının artması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu sonuç doğrultusunda A8 kodlu numunesinin üretimi gerçekleştirilmiştir. A8 kodlu numunenin istenilen A1 Dentin rengine göre sarılığının artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda A33 kodlu numune hazırlanmıştır. A33 kodlu numunenin A1 Dentin rengine göre sarılığının azaltılması sonucuna varılmıştır. Bu sonuç ile A32 kodlu numunesinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Analizi değerlendirilen A32 kodlu numunenin, istenilen A1 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı kanısına varılmıştır.

*Dentin A2 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*



**Şekil 9.52.** A2 kodlu (a), A9 kodlu (b), A12 kodlu (c), A13 kodlu (d) ve A14 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A2 Dentin rengine göre kıyaslanması.

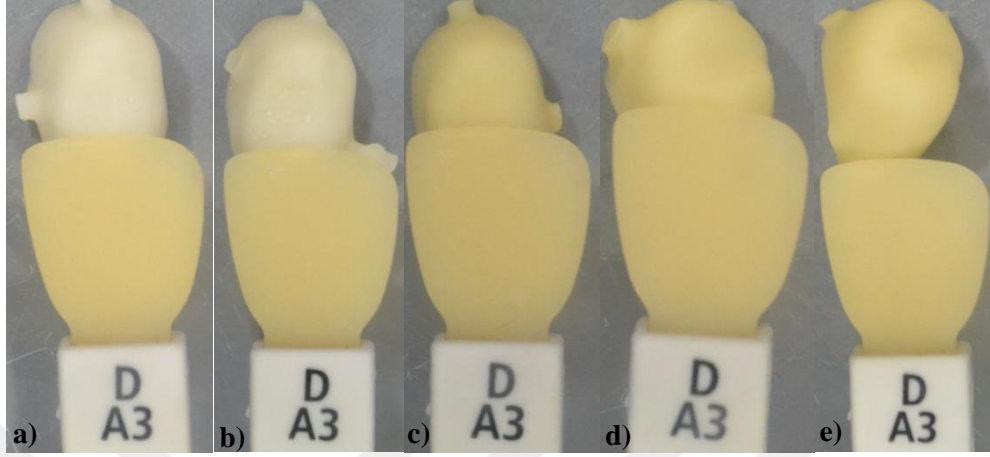
Yapılan görsel analiz sonucuna göre, A2 kodlu numune renginin istenilen A2 Dentin renginden açık olduğu, sarılığının ve kızılığının artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden A9 kodlu numune üretilmiştir. A9 kodlu numunenin A2 Dentin rengine göre kızılığının artırılması sonucuna varılmıştır. Bu sonuç ile A12 kodlu numunesinin üretimi gerçekleştirilmiştir. A12 kodlu numunenin istenilen A2 Dentin rengine göre kızılığının artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda A13 kodlu numune hazırlanmıştır. A13 kodlu numunenin istenilen A2 Dentin rengine göre az çok açık kaldığı, sarılığının ve kızılığının artırılması gerektiğine karar verilmiştir. Bu karar neticesinde A14 kodlu numune hazırlanmıştır. A14 kodlu numune renginin istenilen A2 Dentin rengine göre kıyasla sarılığının az miktarda artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden A15 kodlu numune üretilmiştir.



**Şekil 9.53.** A15 kodlu (a), A21 kodlu (b), A22 kodlu (c), A28 kodlu (d) ve A27 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A2 Dentin rengine göre kıyaslanması.

İnceleme sonucunda A15 kodlu numunenin A2 Dentin rengine göre, A14 kodlu numuneye kıyasla az miktarda sarılığının artırılması sonucuna varılmıştır. Bu sonuç ile A21 kodlu numunenin A2 Dentin rengine göre, A15 kodlu numuneye kıyasla az miktar daha sarılığının artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden A22 kodlu numune üretilmiştir. A22 kodlu numunenin istenilen A2 Dentin rengine göre A21 kodlu numuneye kıyasla sarılığının artırılması gerektiğine karar verilmiştir. Bu karar neticesinde A28 kodlu numune hazırlanmıştır. A28 kodlu numunenin istenilen A2 Dentin rengine göre sarılığının azaltılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda A27 kodlu numune hazırlanmıştır ve A27 kodlu numunenin istenilen A2 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı sonucuna varılmıştır.

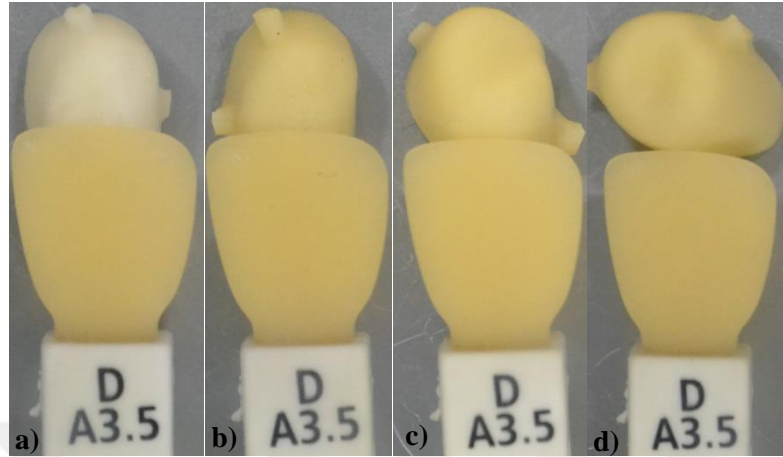
*Dentin A3 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*



**Şekil 9.54.** A3 kodlu (a), A6 kodlu (b), A10 kodlu (c), A34 kodlu (d) ve A35 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A3 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Yapılan görsel analiz sonucunda, A3 kodlu numune renginin istenilen A3 Dentin rengine göre kıyasla, renginin açık olduğu, sarılığının ve kızılığının artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden A6 kodlu numune üretilmiştir. A6 kodlu numune renginin, A3 Dentin rengine göre açık bulunduğu, A1 Dentin rengine çok yakın olduğu, A3 Dentin rengi için ise sarılığının ve kızılığının artması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile A10 kodlu numunenin üretimi gerçekleştirilmiştir. A10 kodlu numunenin istenilen A3 Dentin rengine göre sarılığının artırılması gerektiğine karar verilmiştir. Bu karar neticesinde A34 kodlu numune hazırlanmıştır. A34 kodlu, numunenin istenilen A3 Dentin rengine bir önceki A34 kodlu numuneye kıyasla sarılığının az miktarda artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda A35 kodlu numune hazırlanmıştır ve analizi tamamlanan A35 kodlu numunenin, istenilen A3 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı sonucuna varılmıştır.

*Dentin A3.5 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*

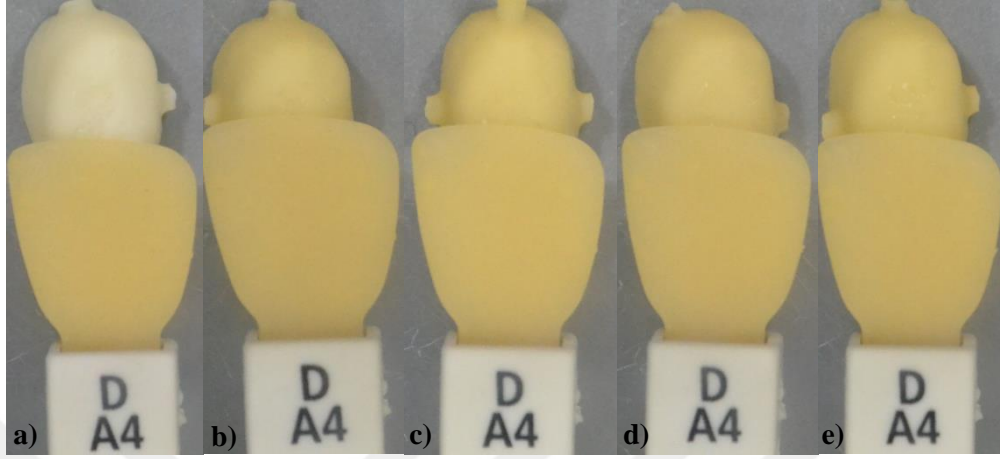


**Şekil 9.55.** A7 kodlu (a), A16 kodlu (b), A36 kodlu (c) ve A37 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A3.5 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Yapılan görsel analiz sonucunda, A7 kodlu numune renginin A1-A2 Dentin renkleri arasında bir renk olduğu, istenilen A3.5 Dentin rengine göre sarılığının ve kızılığının artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden A16 kodlu numune üretilmiştir. A16 kodlu numune renginin, A3.5 Dentin rengine ulaşabilmesi için sarılığının artması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile A36 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. A36 kodlu numunenin istenilen A3.5 Dentin rengine ulaşabilmesi için bir önceki A16 kodlu numuneye kıyasla sarılığının bir miktar daha artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda A37 kodlu numune hazırlanmıştır ve A37 kodlu numunenin, istenilen A3.5 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı sonucuna varılmıştır.

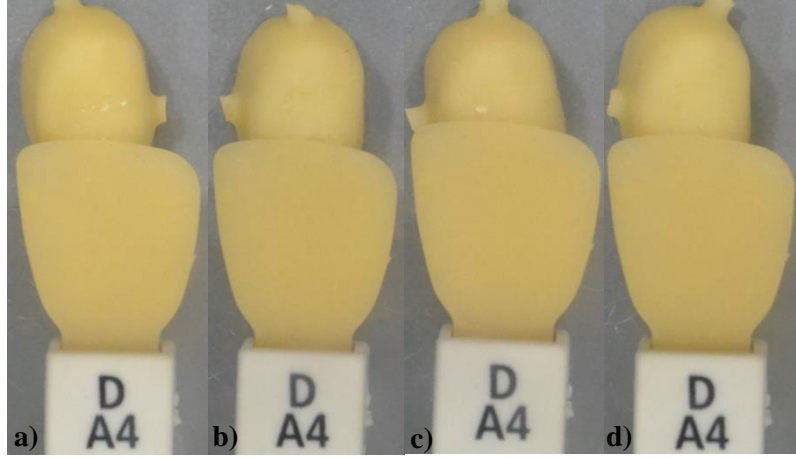


*Dentin A4 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*



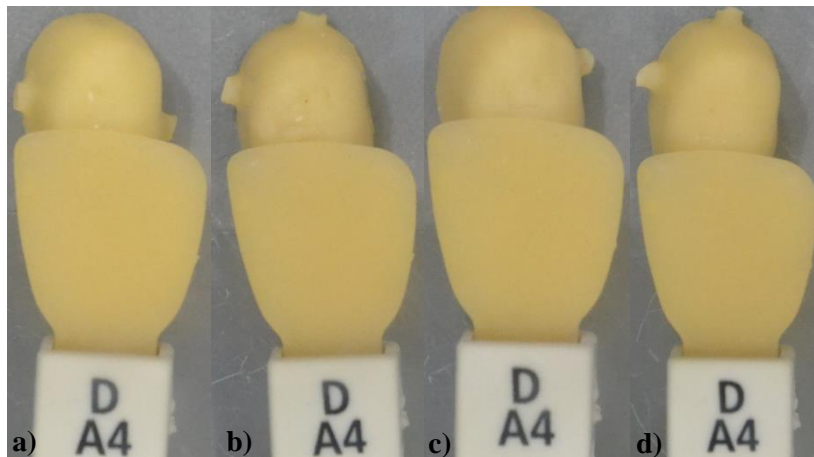
**Şekil 9.56.** A4 kodlu (a), A11 kodlu (b), A17 kodlu (c), A18 kodlu (d) ve A19 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A4 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Yapılan görsel analiz sonucunda, A4 kodlu numune renginin A1 Dentin rengine yakın olduğu, istenilen A4 Dentin rengine göre sarılığının ve kızılığının artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden A11 kodlu numune üretilmiştir. A11 kodlu numune renginin, A4 Dentin rengine ulaşabilmesi için kızılığının artması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile A17 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. A17 kodlu numunenin istenilen A4 Dentin rengine ulaşabilmesi için griliğinin ve sarılığının artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda A18 kodlu numune hazırlanmıştır ve A18 kodlu numune renginin istenilen A4 Dentin rengine göre griliğinin ve sarılığının artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden A19 kodlu numune üretilmiştir. A19 kodlu numune renginin, A4 Dentin rengine ulaşabilmesi için griliğinin ve kızılığının artması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile A20 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir.



**Şekil 9.57.** A20 kodlu (a), A23 kodlu (b), A24 kodlu (c) ve A25 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A4 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Analiz sonucunda, A20 kodlu numunenin istenilen A4 Dentin rengine ulaşılabilmesi için griliğinin ve kıvıllığının artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda A23 kodlu numune hazırlanmıştır ve A23 kodlu numune renginin istenilen A4 Dentin rengine göre kıvıllığının ve sarılığının artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden A24 kodlu numune üretilmiştir. A24 kodlu numune renginin, A4 Dentin rengine ulaşılabilmesi için sarılığının artması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile A25 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. A25 kodlu numunenin istenilen A4 Dentin rengine ulaşılabilmesi için kıvıllığının artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda A26 kodlu numune hazırlanmıştır.

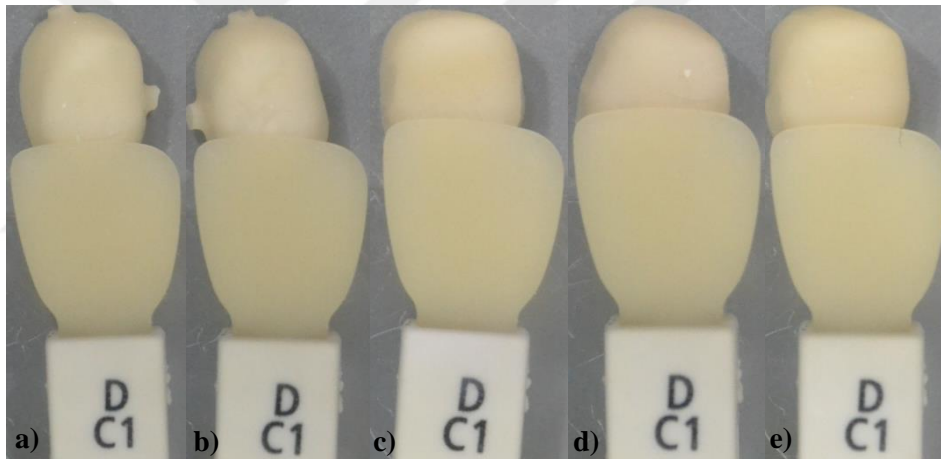


**Şekil 9.58.** A26 kodlu (a), A30 kodlu (b), A31 kodlu (c) ve A29 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının A4 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Yapılan görsel analiz sonucunda, A26 kodlu numune renginin istenilen A4 Dentin rengine göre sarılığının ve kıvıllığının uygun olduğu, ancak grilik eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden A30 kodlu numune üretilmiştir. A30 kodlu numune renginin, A4 Dentin rengine ulaşılabilmesi için sarılığının ve kıvıllığının artması, griliğinin ise azaltılması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile A31 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. A31 kodlu numunenin istenilen A4 Dentin rengine ulaşılabilmesi için sarılığının ve kıvıllığının artması, griliğinin ise azaltılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda A29 kodlu numune hazırlanmıştır ve analizi gerçekleşen A29 kodlu numunenin, istenilen A3.5 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı sonucuna varılmıştır.

### IPS e.max Ceram Dentin C serisine ait sonuçlar ve değerlendirmeler

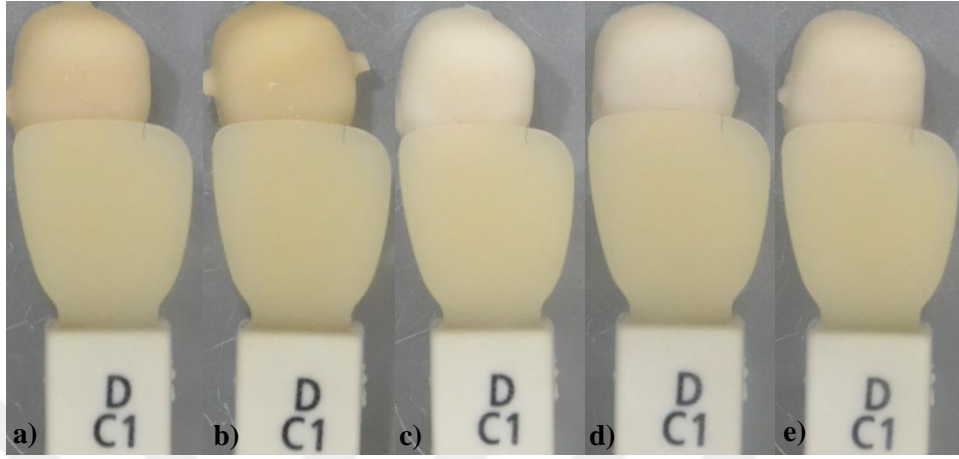
#### *Dentin C1 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*



**Şekil 9.59.** C1 kodlu (a), C2 kodlu (b), C3 kodlu (c), C4 kodlu (d) ve C9 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C1 Dentin rengine göre kıyaslanması.

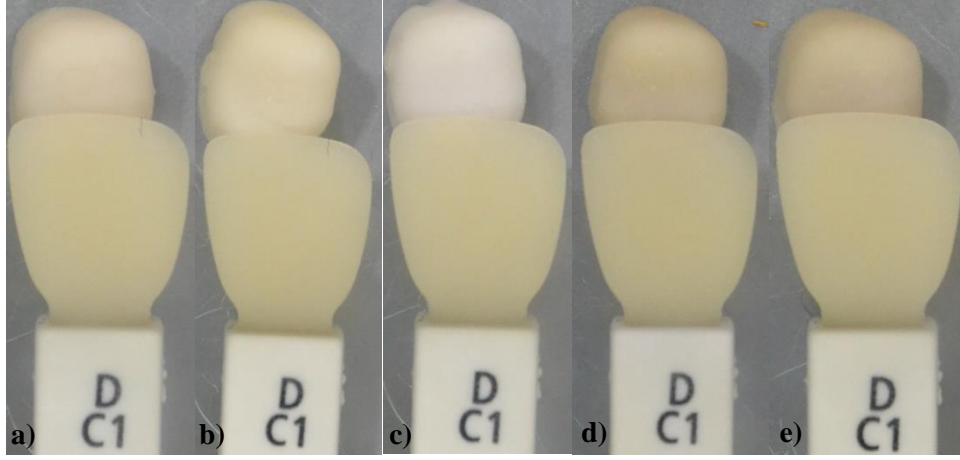
Analiz sonucunda, C1 kodlu numunenin istenilen C1 Dentin rengine ulaşılabilmesi için griliğinin ve yeşilliğinin artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C2 kodlu numune hazırlanmıştır ve C2 kodlu, numune renginin istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin ve sarılığının eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C3 kodlu numune üretilmiştir. C3 kodlu numune renginin, C1 Dentin rengine kıyasla açık olduğu, griliğinin ve yeşilliğinin artırılması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C4 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C4 kodlu numunenin istenilen C1 Dentin rengine kıyasla açık olduğu, griliğinin ve yeşilliğinin artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C9 kodlu numune hazırlanmıştır ve C9 kodlu numune renginin istenilen C1 Dentin rengine göre

griliğın ve yeşilliğın eklenmesi gerektiğı sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C10 kodlu numune üretilmiştir.



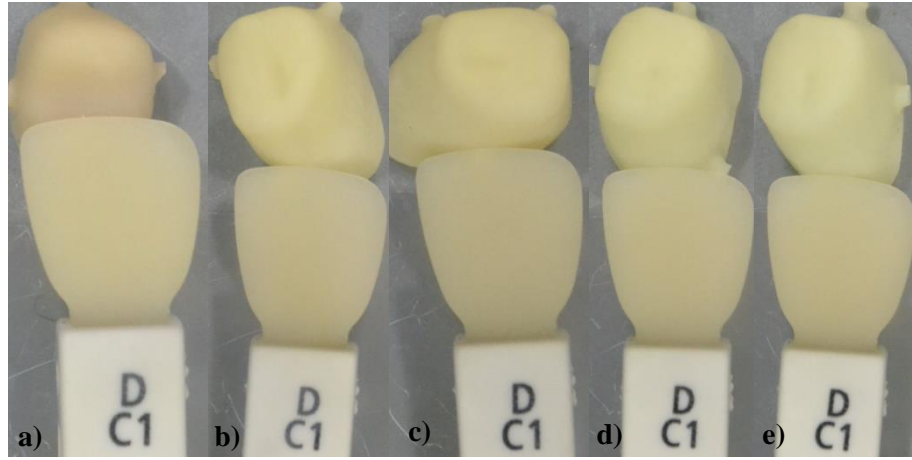
**şekil 9.60.** C10 kodlu (a), C21 kodlu (b), C28 kodlu (c), C29 kodlu (d) ve C30 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C1 Dentin rengine göre kıyaslanması.

İnceleme sonucunda C10 kodlu numune renginin, C1 Dentin rengine ulaşabilmek için griliğının ve yeşilliğinin artırılması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C21 kodlu numunenin üretimi gerçekteşmiştir. C21 kodlu numunenin istenilen C1 Dentin rengine göre kahveliliğini azaltıp yeşilliğın eklenmesi gerektiğı kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C28 kodlu numune hazırlanmıştır ve C28 kodlu numune renginin istenilen C1 Dentin rengine göre griliğının az olduğu, sarılığının ve yeşilliğinin de eksik olduğu sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C29 kodlu numune üretilmiştir. C29 kodlu numune renginin, C1 Dentin rengine göre griliğının az olduğu, sarılığının ve yeşilliğinin de eksik olduğu kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C30 kodlu numunenin üretimi gerçekteşmiştir. C30 kodlu numunenin istenilen C1 Dentin rengine göre griliğının az olduğu, sarılığının ve yeşilliğinin de eksik olduğu kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C31 kodlu numune hazırlanmıştır.



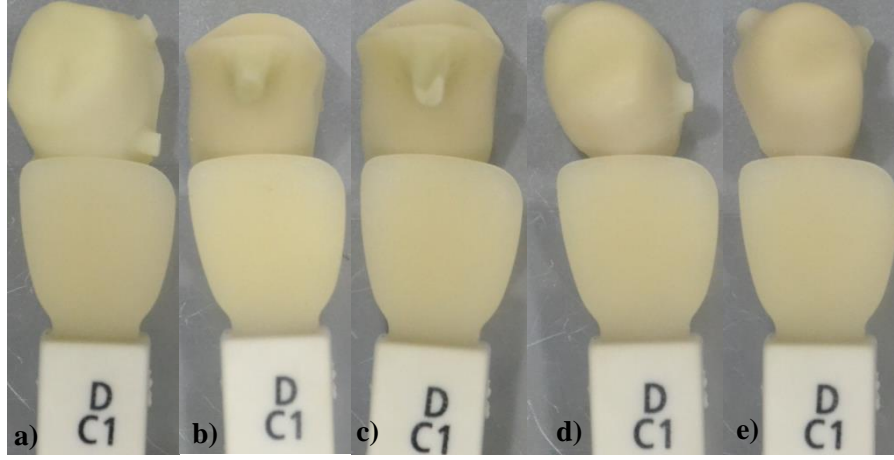
**Şekil 9.61.** C31 kodlu (a), C35 kodlu (b), C36 kodlu (c), C45 kodlu (d) ve C46 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C1 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Yapılan görsel analiz sonucunda, C31 kodlu numune renginin istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin az olduğu, sarılığının ve yeşilliğinin de eksik olduğu sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C35 kodlu numune üretilmiştir. C35 kodlu numune renginin, istenilen C1 Dentin rengine ulaşabilmek için grilik ve yeşillik verilmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C36 kodlu numunenin üretimi gerçekleştirilmiştir. C36 kodlu numunenin istenilen C1 Dentin rengine göre çok fazla açık kaldığı, numunenin Dentin B serisinden bile açık olduğu; griliğinin, sarılığının ve yeşilliğinin eksik olduğu kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C45 kodlu numune hazırlanmıştır ve C45 kodlu numune renginin istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin ve sarılığının iyi gözüktüğü, ancak yeşilliğin hiç olmadığı sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C46 kodlu numune üretilmiştir. C46 kodlu numune renginin, istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin ve sarılığının iyi gözüktüğü, ancak yeşilliğin hiç olmadığı kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C47 kodlu numunenin üretimi gerçekleştirilmiştir.



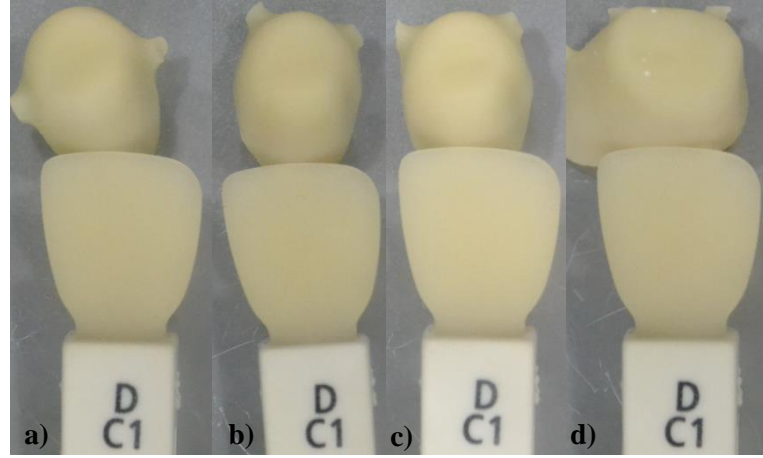
**Şekil 9.62.** C47 kodlu (a), C70 kodlu (b), C71 kodlu (c), C78 kodlu (d) ve C79 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C1 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Analiz sonucunda, C47 kodlu numunenin istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin ve sarılığının iyi gözüktüğü, ancak yeşilliğin hiç olmadığı kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C70 kodlu numune hazırlanmıştır ve C70 kodlu numune renginin istenilen C1 Dentin rengine göre sarılığının fazla olduğu, yeşilliğinin ve griliğinin hiç olmadığı sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C71 kodlu numune üretilmiştir. C71 kodlu numune renginin, istenilen C1 Dentin rengine göre sarılığının fazla olduğu, yeşilliğinin ve griliğinin hiç olmadığına kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C78 kodlu numunenin üretimi gerçekleştirilmiştir. C78 kodlu numunenin istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin eksik kaldığı kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C79 kodlu numune hazırlanmıştır ve C79 kodlu numune renginin istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin eksik kaldığı sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C86 kodlu numune üretilmiştir.



**Şekil 9.63.** C86 kodlu (a), C93 kodlu (b), C94 kodlu (c), C98 kodlu (d) ve C99 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C1 Dentin rengine göre kıyaslanması.

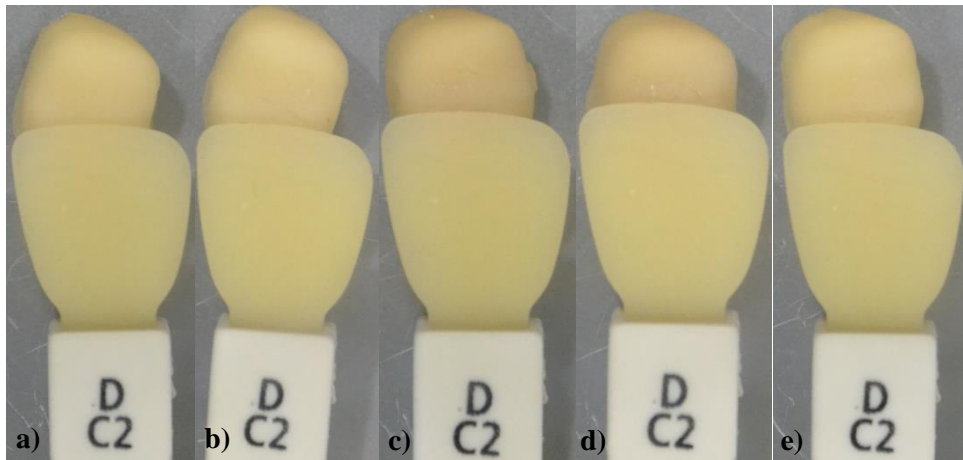
İnceleme sonucunda C86 kodlu numune renginin, istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin eksik kaldığı kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C93 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C93 kodlu numunenin istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin çok fazla olduğu ve azaltılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C94 kodlu numune hazırlanmıştır ve C94 kodlu numune renginin istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin çok fazla olduğu ve azaltılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C98 kodlu numune üretilmiştir. C98 kodlu numune renginin, istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin çok fazla olduğu ve azaltılması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C99 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C99 kodlu numunenin istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin çok fazla olduğu ve azaltılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C103 kodlu numune hazırlanmıştır.



**Şekil 9.64.** C103 kodlu (a), C104 kodlu (b), C105 kodlu (c) ve C87 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C1 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Yapılan görsel analiz sonucunda, C103 kodlu numune renginin istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin çok fazla olduğu ve azaltılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C104 kodlu numune üretilmiştir. C104 kodlu numune renginin, istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin çok fazla olduğu ve azaltılması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C105 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C105 kodlu numunenin istenilen C1 Dentin rengine göre griliğinin çok fazla olduğu ve azaltılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C87 kodlu numune hazırlanmıştır ve C87 kodlu numunenin, istenilen C1 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı sonucuna varılmıştır.

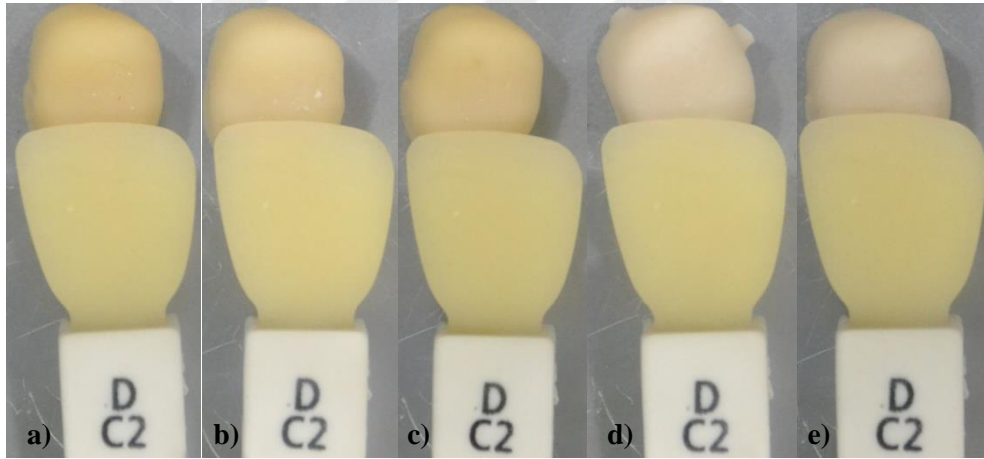
#### *Dentin C2 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*



**Şekil 9.65.** C5 kodlu (a), C6 kodlu (b), C11 kodlu (c), C12 kodlu (d) ve C13 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması.



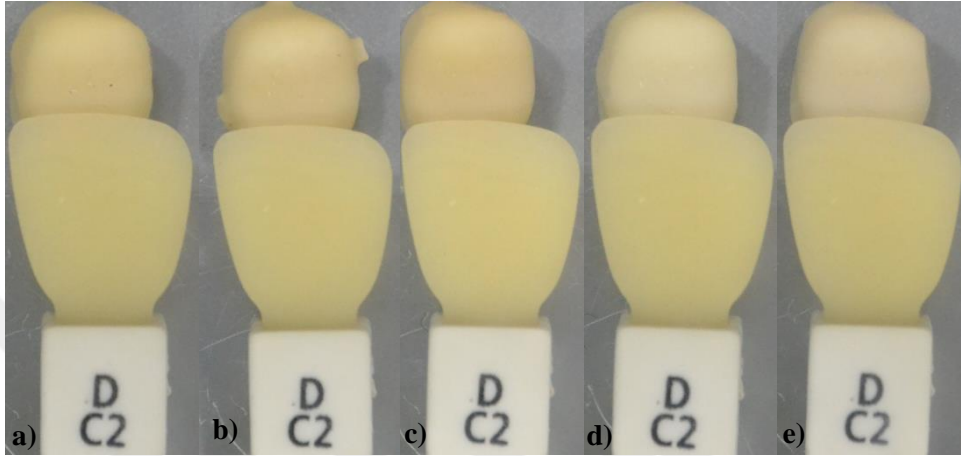
Analiz sonucunda, C5 kodlu numunenin istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin çok az olduğu, yeşilliğinin hiç olmadığı ve bu ikisinin artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C6 kodlu numune hazırlanmıştır ve C6 kodlu numune renginin, istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin çok az olduğu, yeşilliğinin hiç olmadığı ve bu ikisinin artırılması gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C11 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C11 kodlu numune renginin istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin ve kahveliğinin çok fazla olduğu ve azaltılması gerektiği, ayrıca da yeşilliğin eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C12 kodlu numune üretilmiştir. C12 kodlu numunenin istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin ve kahveliğinin çok fazla olduğu ve azaltılması gerektiği, ayrıca da yeşilliğin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C13 kodlu numune hazırlanmıştır ve C13 kodlu numune renginin, istenilen C2 Dentin rengine göre sarılığının azaltıp, yeşilliğinin eklenmesi gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C14 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir.



**Şekil 9.66.** C14 kodlu (a), C22 kodlu (b), C23 kodlu (c), C32 kodlu (d) ve C33 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması.

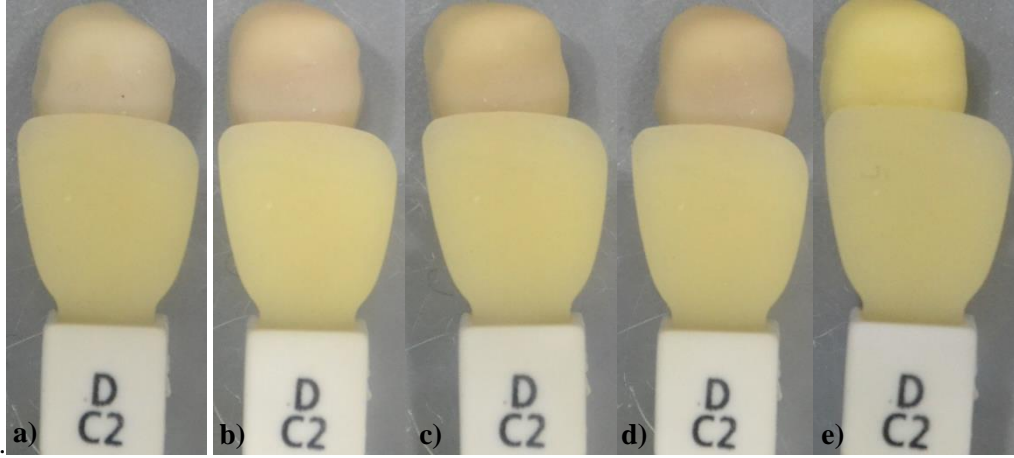
Yapılan görsel analiz sonucunda, C14 kodlu numune renginin istenilen C2 Dentin rengine göre sarılığının azaltıp, yeşilliğinin eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C22 kodlu numune üretilmiştir. C22 kodlu numunenin istenilen C2 Dentin rengine göre kahveliğinin çok fazla olduğu ve azaltılması gerektiği, ayrıca da yeşilliğin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C23 kodlu numune hazırlanmıştır ve C23 kodlu numune renginin, istenilen C2 Dentin rengine göre kahveliğinin çok fazla olduğu ve azaltılması gerektiği, ayrıca da yeşilliğin eklenmesi gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C32 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C32 kodlu numune renginin istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin uygun olduğu, sarılığının ve yeşilliğinin eklenmesi gerektiği sonucuna

varılmıştır. Buna istinaden C33 kodlu numune üretilmiştir. C33 kodlu numunenin istenilen C2 Dentin rengine göre kahveliliğinin çok fazla olduğu ve azaltılması gerektiği, ayrıca da yeşilliğin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C37 kodlu numune hazırlanmıştır.



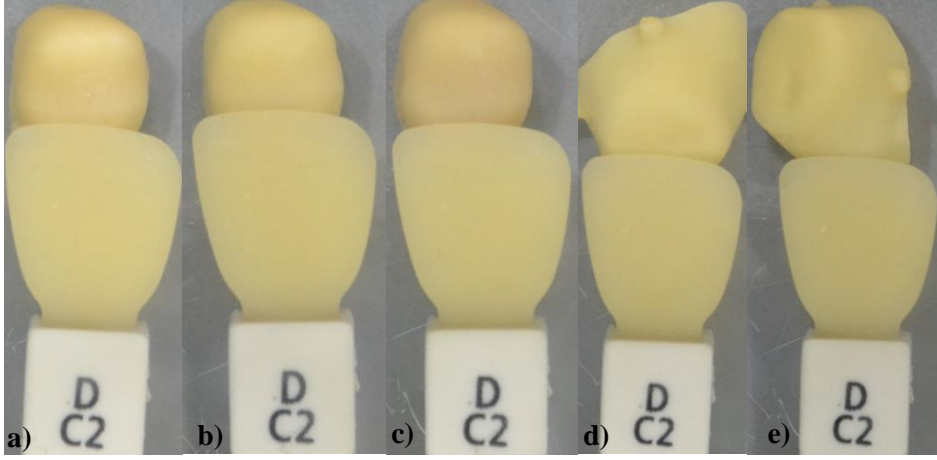
**Şekil 9.67.** C37 kodlu (a), C38 kodlu (b), C39 kodlu (c), C40 kodlu (d) ve C41 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması.

İnceleme sonucunda C37 kodlu numune renginin, istenilen C2 Dentin rengine göre yeşilliğin biraz daha eklenmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C38 kodlu numunenin üretimi gerçekleştirilmiştir. C38 kodlu numune renginin istenilen C2 Dentin rengine göre yeşilliğin eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C39 kodlu numune üretilmiştir. C39 kodlu numunenin istenilen C2 Dentin rengine göre yeşilliğin eklenmesi gerektiği ve griliğinin C3 Dentin rengine doğru gittiği, bu griliğin azaltılmasının uygun olduğu kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C40 kodlu numune hazırlanmıştır ve C40 kodlu numune renginin, istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin ve yeşilliğinin artırılması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C41 kodlu numunenin üretimi gerçekleştirilmiştir. C41 kodlu numune renginin istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin ve yeşilliğinin artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C42 kodlu numune üretilmiştir.



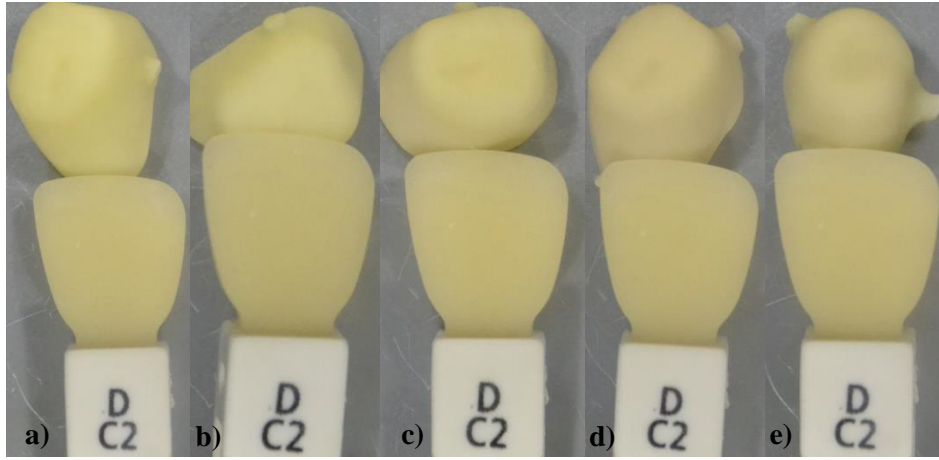
**Şekil 9.68.** C42 kodlu (a), C48 kodlu (b), C49 kodlu (c), C50 kodlu (d) ve C66 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Analiz sonucunda, C42 kodlu numunenin istenilen C2 Dentin rengine göre yeşilliğin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C48 kodlu numune hazırlanmıştır ve C48 kodlu numune renginin, istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin fazla olup azaltılması, ayrıca da yeşilliğinin olmadığı artırılması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C49 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C49 kodlu numune renginin istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin fazla olup azaltılması, ayrıca da yeşilliğinin olmadığı artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C50 kodlu numune üretilmiştir. C50 kodlu numunenin istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin fazla olup azaltılması, ayrıca da yeşilliğinin olmadığı artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C66 kodlu numune hazırlanmıştır ve C66 kodlu numune renginin, istenilen C2 Dentin rengine göre alakasız bir renk olduğuna kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C67 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir.



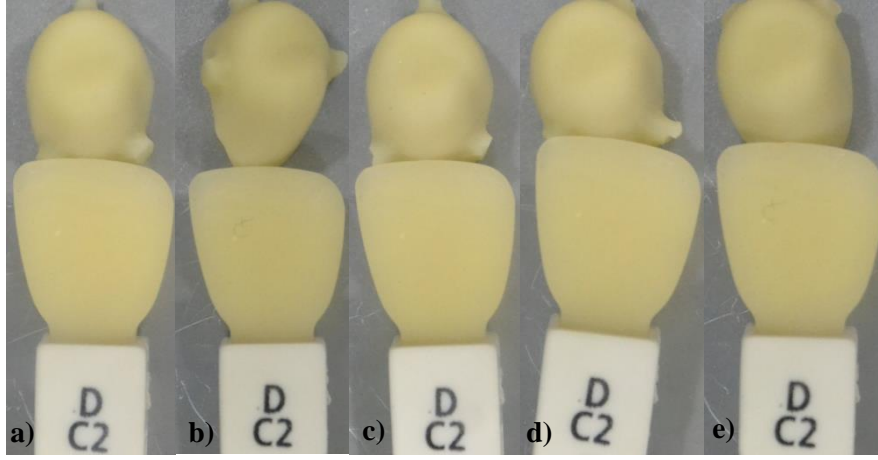
**Şekil 9.69.** C67 kodlu (a), C68 kodlu (b), C69 kodlu (c), C72 kodlu (d) ve C73 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Yapılan görsel analiz sonucunda, C67 kodlu numune renginin istenilen C2 Dentin rengine göre alakasız bir renk olduğu sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C68 kodlu numune üretilmiştir. C68 kodlu numunenin istenilen C2 Dentin rengine göre alakasız bir renk olduğu kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C69 kodlu numune hazırlanmıştır ve C69 kodlu numune renginin, istenilen C2 Dentin rengine göre alakasız bir renk olduğuna kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C72 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C72 kodlu numune renginin istenilen C2 Dentin rengine göre yeşilliğinin ve griliğinin olmadığı, bunların artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C73 kodlu numune üretilmiştir. C73 kodlu numunenin istenilen C2 Dentin rengine göre yeşilliğinin ve griliğinin olmadığı, bunların artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C80 kodlu numune hazırlanmıştır.



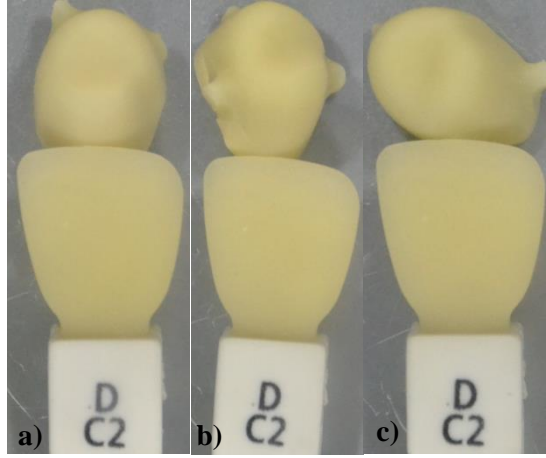
**Şekil 9.70.** C80 kodlu (a), C81 kodlu (b), C88 kodlu (c), C89 kodlu (d) ve C110 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması.

İnceleme sonucunda C80 kodlu numune renginin, istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin eksik olduğuna ve arttırılması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C81 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C81 kodlu numune renginin istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin eksik olduğuna ve arttırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C88 kodlu numune üretilmiştir. C88 kodlu numunenin istenilen C2 Dentin rengine göre yeşilliğinin ve griliğinin uygun olduğu, sarılığının arttırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C89 kodlu numune hazırlanmıştır ve C89 kodlu numune renginin, istenilen C2 Dentin rengine göre yeşilliğinin çok az miktarda arttırılması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C110 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C110 kodlu numune renginin istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin azaltılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C111 kodlu numune üretilmiştir.



**Şekil 9.71.** C111 kodlu (a), C112 kodlu (b), C113 kodlu (c), C114 kodlu (d) ve C116 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması.

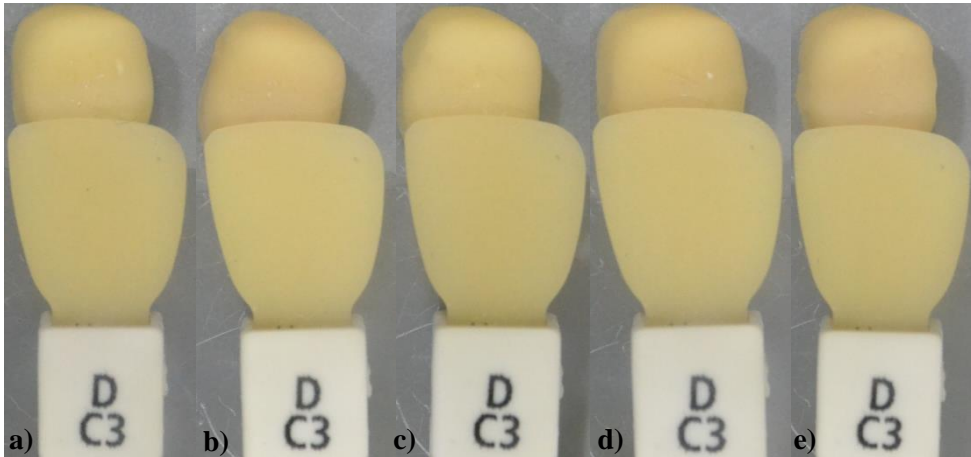
Analiz sonucunda, C111 kodlu numunenin istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin azaltılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C112 kodlu numune hazırlanmıştır ve C112 kodlu numune renginin, istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin azaltılması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C113 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C113 kodlu numune renginin istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin azaltılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C114 kodlu numune üretilmiştir. C114 kodlu numunenin istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin azaltılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C116 kodlu numune hazırlanmıştır ve C116 kodlu numune renginin, istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin ve yeşilliğinin arttırılması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C117 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir.



**Şekil 9.72.** C117 kodlu (a), C118 kodlu (b) ve C114 kodlu (c) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C2 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Yapılan görsel analiz sonucunda, C117 kodlu numune renginin istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin ve yeşilliğinin artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C118 kodlu numune üretilmiştir. C118 kodlu numunenin istenilen C2 Dentin rengine göre griliğinin ve yeşilliğinin artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C115 kodlu numune hazırlanmıştır ve C115 kodlu numunenin, istenilen C2 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı sonucuna varılmıştır.

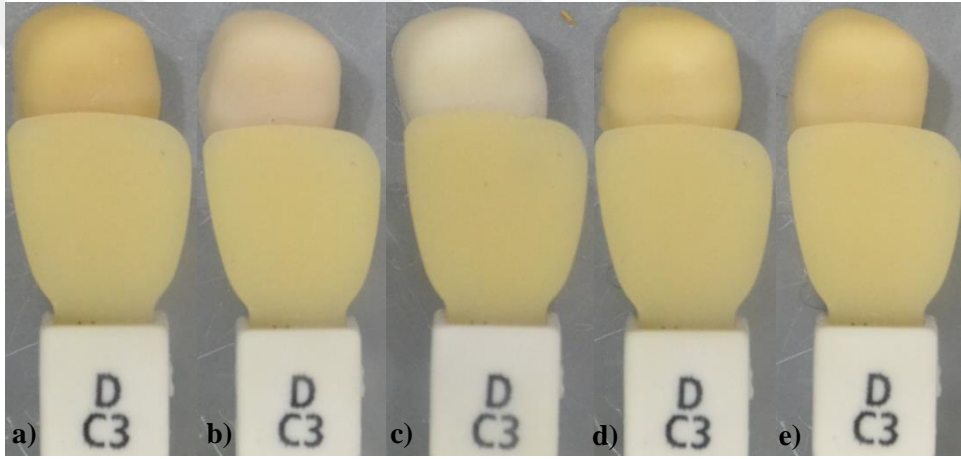
#### *Dentin C3 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*



**Şekil 9.73.** C7 kodlu (a), C15 kodlu (b), C16 kodlu (c), C17 kodlu (d) ve C24 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C3 Dentin rengine göre kıyaslanması.

İnceleme sonucunda C7 kodlu numune renginin, istenilen C3 Dentin rengine göre griliğinin ve yeşilliğinin artırılması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C15 kodlu

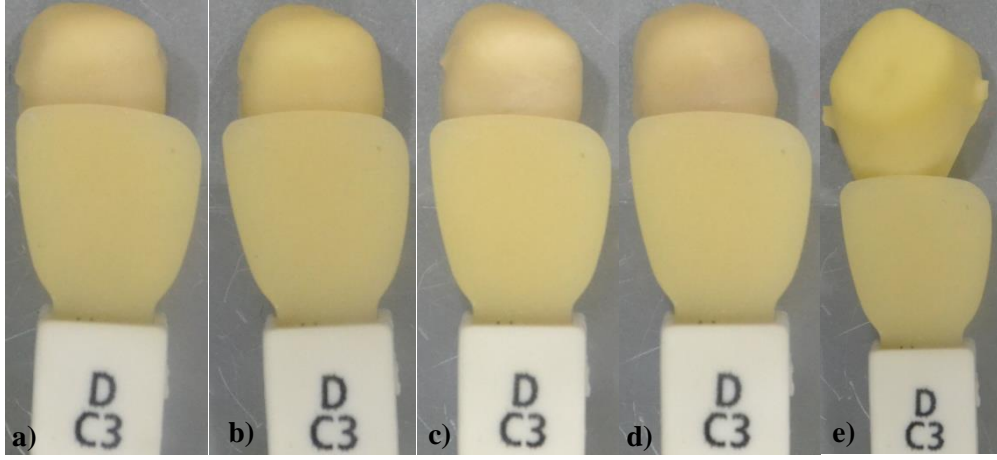
numunenin üretimi gerçekleştirilmiştir. C15 kodlu numune renginin istenilen C3 Dentin rengine göre griliğinin iyi olduğu, yeşilliğin eklenmesi ve kahverengiliğinin azaltılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C16 kodlu numune üretilmiştir. C16 kodlu numunenin istenilen C3 Dentin rengine göre griliğinin ve yeşilliğinin artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C17 kodlu numune hazırlanmıştır ve C17 kodlu numune renginin, istenilen C3 Dentin rengine göre kahverengiliğin azaltılması, yeşilliğin eklenmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C24 kodlu numunenin üretimi gerçekleştirilmiştir. C24 kodlu analiz sonucunda, numune renginin neredeyse A4 Dentin rengine doğru gittiği, istenilen C3 Dentin rengine göre de kahverengiliğinin azaltılıp, yeşil eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C25 kodlu numune üretilmiştir.



**Şekil 9.74.** C25 kodlu (a), C34 kodlu (b), C43 kodlu (c), C51 kodlu (d) ve C52 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C3 Dentin rengine göre kıyaslanması.

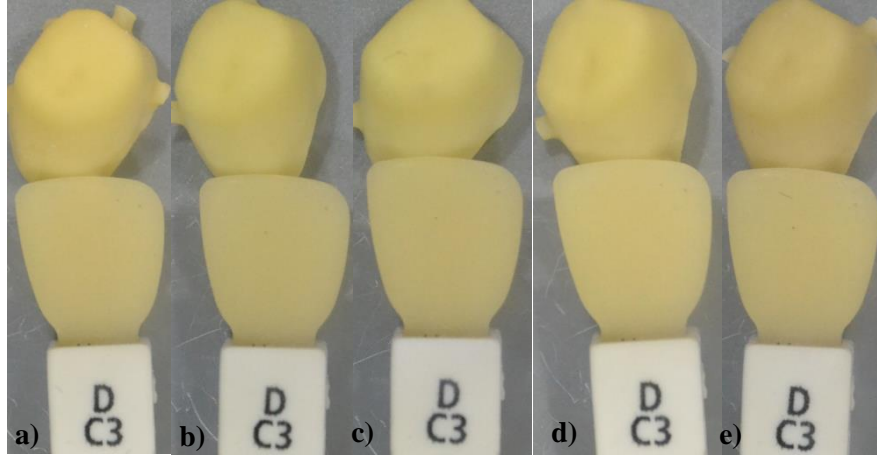
İnceleme sonucunda; C25 kodlu numune renginin neredeyse A4 Dentin rengine doğru gittiği, istenilen C3 Dentin rengine göre de kahverengiliğinin azaltılıp, yeşil eklenmesi gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C34 kodlu numunenin üretimi gerçekleştirilmiştir. C34 kodlu numunenin istenilen C3 Dentin rengine göre sarılığının ve yeşilliğinin artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C43 kodlu numune hazırlanmıştır ve C43 kodlu numune renginin istenilen C3 Dentin rengine göre alakasız bir renk olduğu sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C51 kodlu numune üretilmiştir. C51 kodlu numune renginin istenilen C3 Dentin rengine göre yeşilliğinin eklenmesi gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C52 kodlu numunenin üretimi gerçekleştirilmiştir. C52 kodlu numunenin istenilen C3 Dentin rengine göre yeşilliğinin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C53 kodlu numune hazırlanmıştır.





**Şekil 9.75.** C53 kodlu (a), C54 kodlu (b), C60 kodlu (c), C61 kodlu (d) ve C74 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C3 Dentin rengine göre kıyaslanması.

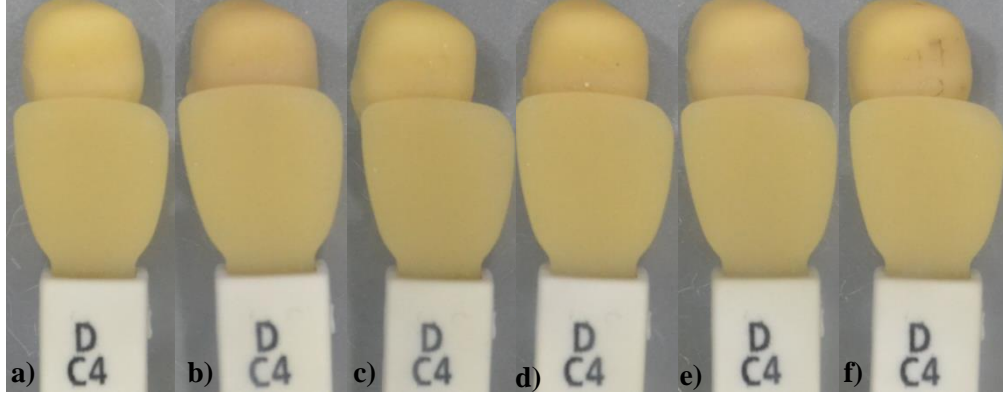
Yapılan görsel analiz sonucunda, C53 kodlu numune renginin istenilen C3 Dentin rengine göre yeşilliğinin eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C54 kodlu numune üretilmiştir. C54 kodlu numune renginin istenilen C3 Dentin rengine göre yeşilliğinin eklenmesi gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C60 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C60 kodlu numunenin istenilen C3 Dentin rengine göre griliğinin azaltılması ve yeşilliğinin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C61 kodlu numune hazırlanmıştır ve C61 kodlu numune renginin istenilen C3 Dentin rengine göre griliğinin azaltılması ve yeşilliğinin eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C74 kodlu numune üretilmiştir. C74 kodlu numune renginin istenilen C3 Dentin rengine göre yeşilliğinin ve griliğinin eklenmesi gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C75 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir.



**Şekil 9.76.** C75 kodlu (a), C82 kodlu (b), C83 kodlu (c), C90 kodlu (d) ve C91 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C3 Dentin rengine göre kıyaslanması.

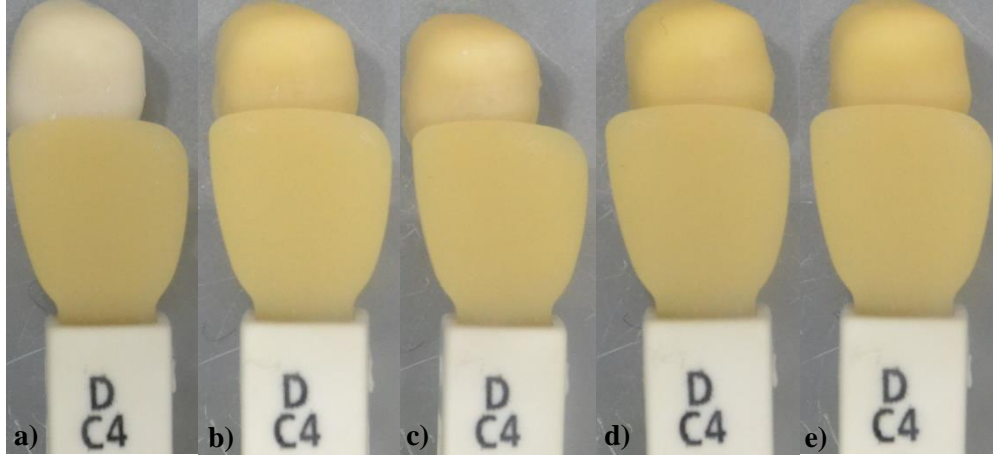
Analiz sonucunda, C75 kodlu numunenin istenilen C3 Dentin rengine göre yeşilliğinin ve griliğinin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C82 kodlu numune hazırlanmıştır ve C82 kodlu numune renginin istenilen C3 Dentin rengine göre griliğinin eksik olduğu, eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C83 kodlu numune üretilmiştir. C83 kodlu numune renginin istenilen C3 Dentin rengine göre griliğinin eksik olduğu, eklenmesi gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C90 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C90 kodlu numunenin istenilen C3 Dentin rengine göre griliğinin artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C91 kodlu numune hazırlanmıştır. Analizi tamamlanan C91 kodlu numunenin, istenilen C3 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı sonucuna varılmıştır.

*Dentin C4 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*



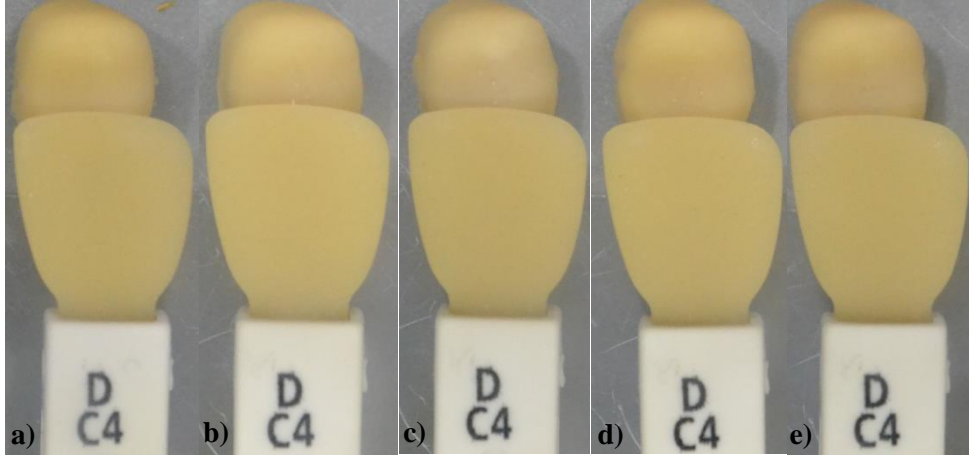
**Şekil 9.77.** C8 kodlu (a), C18 kodlu (b), C19 kodlu (c), C20 kodlu (d), C26 kodlu (e) ve C27 kodlu (f) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C4 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Yapılan görsel analiz sonucunda, C8 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre griliğin ve yeşilliğin artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C18 kodlu numune üretilmiştir. C18 kodlu numunenin istenilen C4 Dentin rengine göre grilik ve kahverengilik artırılmalı, ayrıca da yeşilliği yok, yeşillik eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C19 kodlu numune hazırlanmıştır ve C19 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre gri tonunun iyi görüldüğü, ancak yeşilliğin olmadığı bunun eklenmesi gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C20 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C20 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre kahverengiliğin azaltılıp, yeşilliğin eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C26 kodlu numune üretilmiştir. C26 kodlu numunenin istenilen C4 Dentin rengine göre kahverengiliğin azaltılıp, yeşilliğin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C27 kodlu numune hazırlanmıştır ve C27 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre kahverengiliğin azaltılıp, yeşilliğin eklenmesi gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C44 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir.



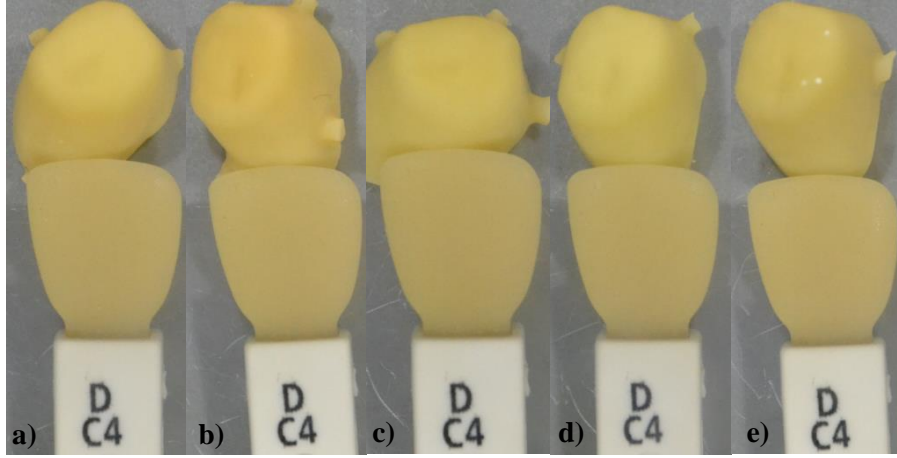
**Şekil 9.78.** C44 kodlu (a), C55 kodlu (b), C56 kodlu (c), C57 kodlu (d) ve C58 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C4 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Yapılan görsel analiz sonucunda, C44 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre alakasız bir renk olduğu sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C55 kodlu numune üretilmiştir. C55 kodlu numunenin istenilen C4 Dentin rengine göre ton olarak iyi olduğu, ancak yeşilliğin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C56 kodlu numune hazırlanmıştır ve C56 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre sarılığının Dentin C3 rengine yakın olduğu, bunun haricinde yeşilliğin eklenmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C57 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C57 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre kıyasla yeşilliğinin eklenmesi gerektiği, ayrıca rengin Dentin A3.5 – Dentin A4'e doğru gittiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C58 kodlu numune üretilmiştir. C58 kodlu numunenin istenilen C4 Dentin rengine göre yeşilliğin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C59 kodlu numune hazırlanmıştır.



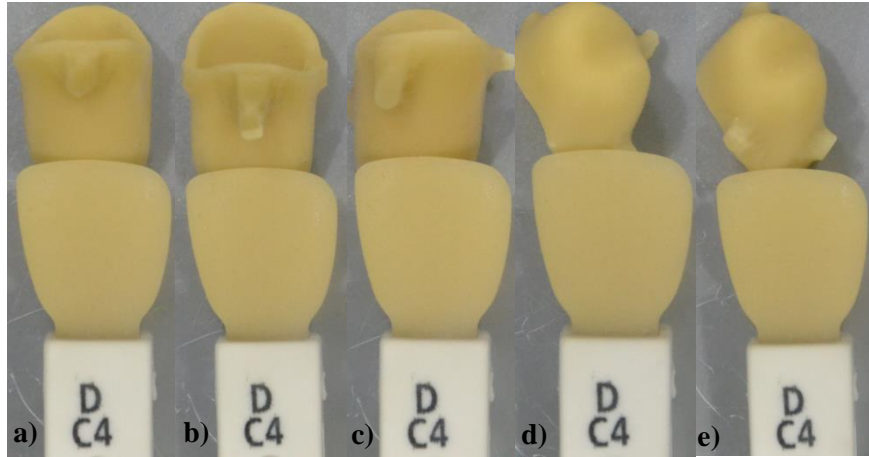
**Şekil 9.79.** C59 kodlu (a), C62 kodlu (b), C63 kodlu (c), C64 kodlu (d) ve C65 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C4 Dentin rengine göre kıyaslanması.

İnceleme sonucunda; C59 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre yeşilliğin eklenmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C62 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C62 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre yeşilliğin eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C63 kodlu numune üretilmiştir. C63 kodlu numunenin istenilen C4 Dentin rengine göre yeşilliğin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C64 kodlu numune hazırlanmıştır ve C64 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre kahverengiliği ve griliğinin azaltılması, yeşilliğin eklenmesi gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C65 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C65 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre kahverengiliği ve griliğinin azaltılması, yeşilliğin eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C76 kodlu numune üretilmiştir.



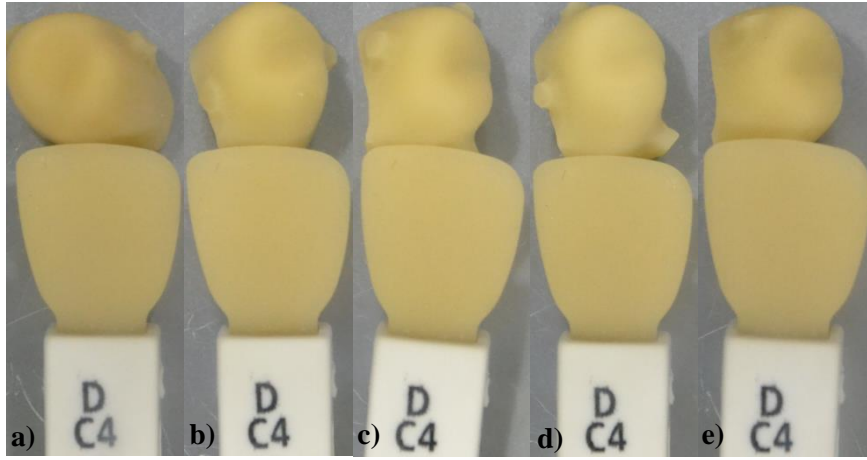
**Şekil 9.80.** C76 kodlu (a), C77 kodlu (b), C84 kodlu (c), C85 kodlu (d) ve C92 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C4 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Analiz sonucunda, C76 kodlu numunenin istenilen C4 Dentin rengine göre sarılığının azaltılması ve yeşilliğin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C77 kodlu numune hazırlanmıştır ve C77 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre sarılığının azaltılması ve yeşilliğin eklenmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C84 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C84 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre griliğinin eksik olduğu, eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C85 kodlu numune üretilmiştir. C85 kodlu numunenin istenilen C4 Dentin rengine göre griliğinin eksik olduğu, eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C92 kodlu numune hazırlanmıştır ve C92 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre yeşilliğinin iyi durduğu, ayrıca griliğimsi bir kızılık verilmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C95 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir.



**Şekil 9.81.** C95 kodlu (a), C96 kodlu (b), C97 kodlu (c), C100 kodlu (d) ve C101 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C4 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Yapılan görsel analiz sonucunda, C95 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre kahverengiliğinin azaltılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C96 kodlu numune üretilmiştir. C96 kodlu numunenin istenilen C4 Dentin rengine göre kahverengiliğinin azaltılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C97 kodlu numune hazırlanmıştır ve C97 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre kahverengiliğinin azaltılması gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C100 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C100 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre sarılığının azaltılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C101 kodlu numune üretilmiştir. C101 kodlu numunenin istenilen C4 Dentin rengine göre sarılığının azaltılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C102 kodlu numune hazırlanmıştır.



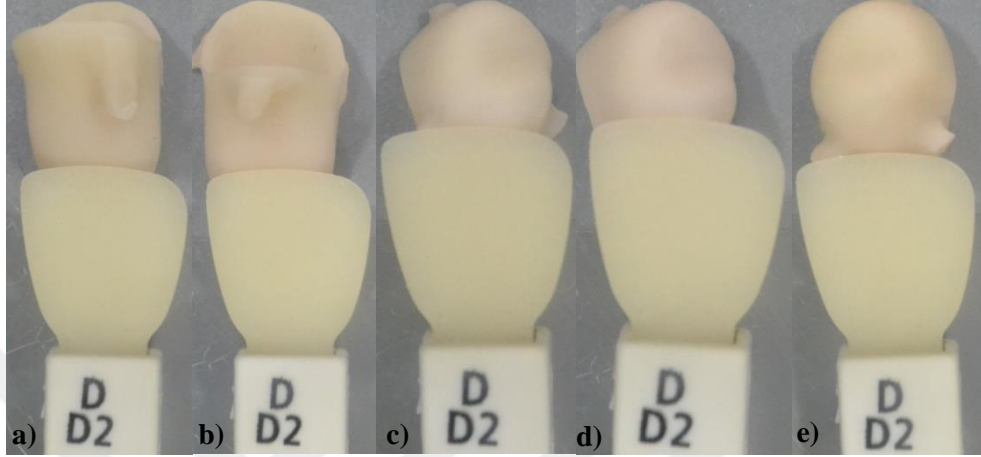
**Şekil 9.82.** C102 kodlu (a), C106 kodlu (b), C107 kodlu (c), C109 kodlu (d) ve C108 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının C4 Dentin rengine göre kıyaslanması.

İnceleme sonucunda; C102 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre sarılığının azaltılması gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C106 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. C106 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre griliğinin ve yeşilliğinin azaltılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden C107 kodlu numune üretilmiştir. C107 kodlu numunenin istenilen C4 Dentin rengine göre sarılığının ve yeşilliğinin azaltılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda C109 kodlu numune hazırlanmıştır ve C109 kodlu numune renginin istenilen C4 Dentin rengine göre ton olarak açık olduğu, bu tonun arttırılması gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile C108 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. Analizi tamamlanan C108 kodlu numunenin, istenilen C4 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı sonucuna varılmıştır.



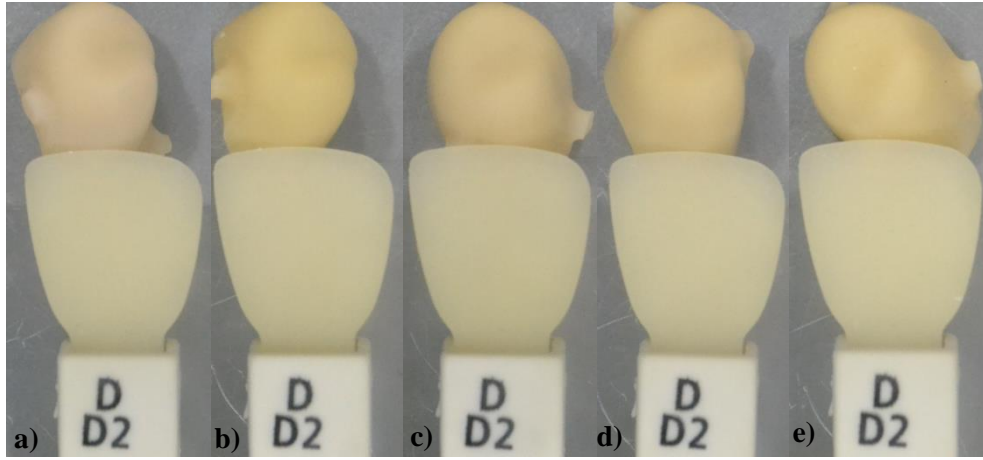
IPS e.max Ceram Dentin D serisine ait sonuçlar ve değerlendirmeler

*Dentin D2 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*



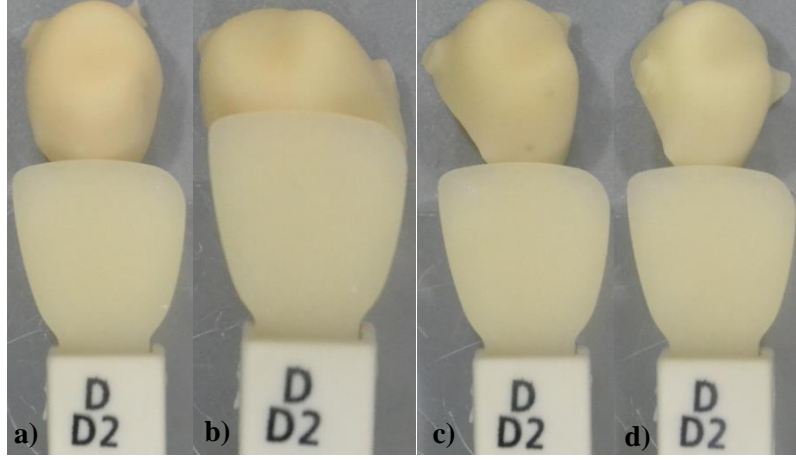
**Şekil 9.83.** D1 kodlu (a), D2 kodlu (b), D5 kodlu (c), D6 kodlu (d) ve D9 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D2 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Yapılan görsel analiz sonucunda, D1 kodlu numune renginin istenilen D2 Dentin rengine göre sarılık ve grilik eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden D2 kodlu numune üretilmiştir. D2 kodlu numunenin istenilen D2 Dentin rengine göre sarılık ve grilik eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda D5 kodlu numune hazırlanmıştır ve D5 kodlu numune renginin istenilen D2 Dentin rengine göre kızılılık ve sarılık eklenmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile D6 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. D6 kodlu numune renginin istenilen D2 Dentin rengine göre kızılılık ve sarılık eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden D9 kodlu numune üretilmiştir. D9 kodlu numunenin istenilen D2 Dentin rengine göre pembemsi durduğu, bunun azaltılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda D10 kodlu numune hazırlanmıştır.



**Şekil 9.84.** D10 kodlu (a), D14 kodlu (b), D15 kodlu (c), D16 kodlu (d) ve D19 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D2 Dentin rengine göre kıyaslanması.

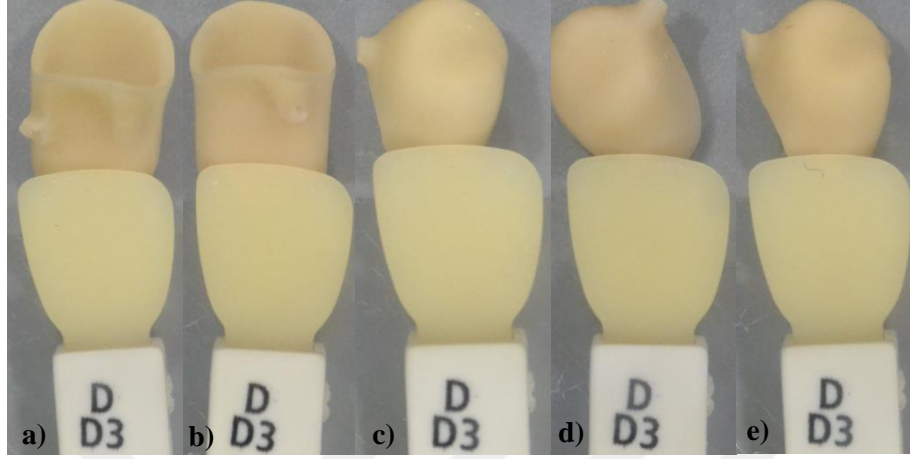
İnceleme sonucunda; D10 kodlu numune renginin istenilen D2 Dentin rengine göre kızılılık eklenmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile D14 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. D14 kodlu numune renginin istenilen D2 Dentin rengine göre renginin açılmasına, ayrıca da grilik ve yeşillik eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden D15 kodlu numune üretilmiştir. D15 kodlu numunenin istenilen D2 Dentin rengine göre renginin açılmasına, ayrıca da grilik ve yeşillik eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda D16 kodlu numune hazırlanmıştır ve D16 kodlu numune renginin istenilen D2 Dentin rengine göre renginin açılmasına, ayrıca da kızılılık, grilik ve yeşillik eklenmesi gerektiği kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile D19 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. D19 kodlu numune renginin istenilen D2 Dentin rengine göre koyu olduğu ve bunun açılması gerektiği, ayriyetten yeşilliğin eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden D20 kodlu numune üretilmiştir.



**Şekil 9.85.** D20 kodlu (a), D21 kodlu (b), D25 kodlu (c) ve D26 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D2 Dentin rengine göre kıyaslanması.

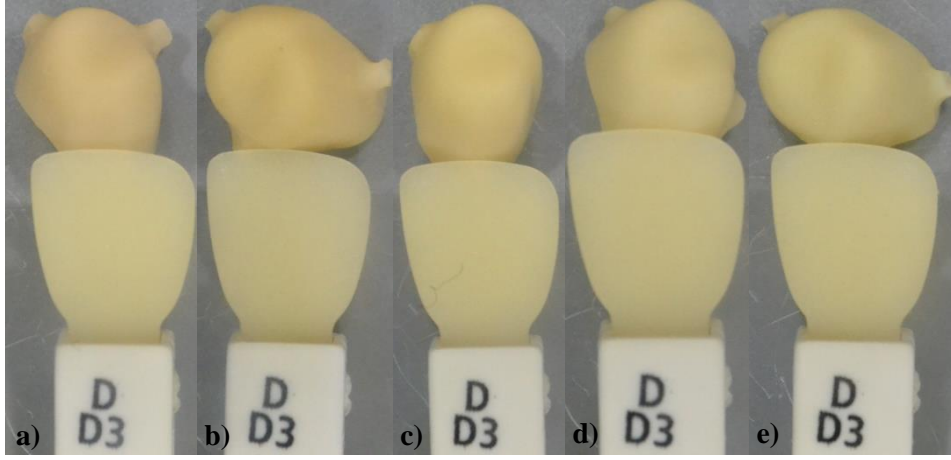
Analiz sonucunda, D20 kodlu numunenin istenilen D2 Dentin rengine göre sarılığının azaltılıp, yeşilliğin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda D21 kodlu numune hazırlanmıştır ve D21 kodlu numune renginin istenilen D2 Dentin rengine göre sarılığının azaltılıp, yeşilliğin eklenmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile D25 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. D25 kodlu numune renginin istenilen D2 Dentin rengine göre yeşilliğinin ve griliğinin iyi durduğu, ancak sarısının azaltılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden D26 kodlu numune üretilmiştir. Analizi tamamlanan D26 kodlu numunenin, istenilen D2 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı sonucuna varılmıştır.

*Dentin D3 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*



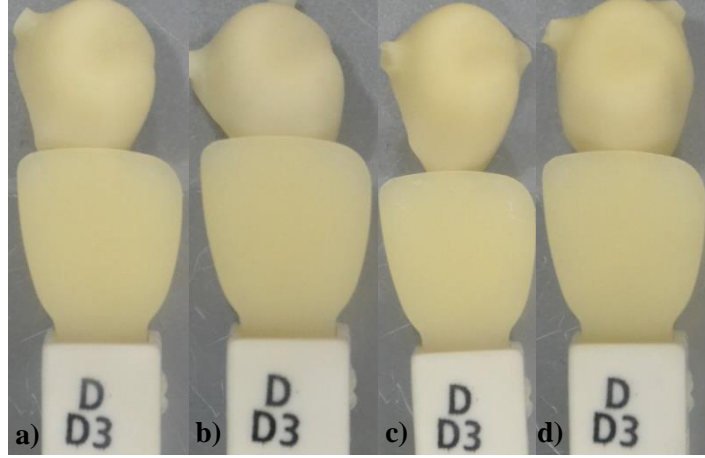
**Şekil 9.86.** D3 kodlu (a), D4 kodlu (b), D7 kodlu (c), D8 kodlu (d) ve D11 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D3 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Analiz sonucunda, D3 kodlu numunenin istenilen D3 Dentin rengine göre sarılığının azaltılması, yeşilliğin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda D4 kodlu numune hazırlanmıştır ve D4 kodlu numune renginin istenilen D3 Dentin rengine göre sarılığının azaltılması, yeşilliğin eklenmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile D7 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. D7 kodlu numune renginin istenilen D3 Dentin rengine göre sarılığının artırılması gerektiği, diğer renk tonları içinde sarılığının belirledikten sonra bakılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Buna istinaden D8 kodlu numune üretilmiştir. D8 kodlu numunenin istenilen D3 Dentin rengine göre kahvemsî bir sarılığın eklenmesi gerektiği, diğer renk tonları içinde bahsedilen rengi belirledikten sonra bakılmasının uygun olduğu kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda D11 kodlu numune hazırlanmıştır ve D11 kodlu numune renginin istenilen D3 Dentin rengine göre kızılığının azaltılması ve yeşilliğinin eklenmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile D12 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir.



**Şekil 9.87.** D12 kodlu (a), D13 kodlu (b), D18 kodlu (c), D23 kodlu (d) ve D24 kodlu (e) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D3 Dentin rengine göre kıyaslanması.

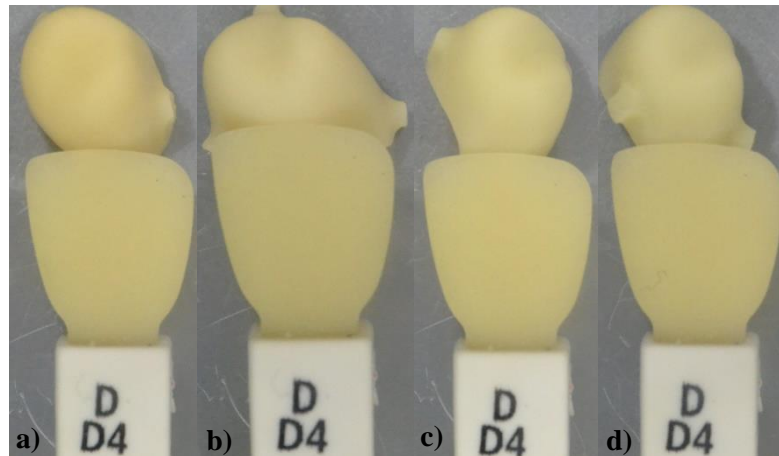
Analiz sonucunda, D12 kodlu numunenin istenilen D3 Dentin rengine göre kızılığının azaltılması ve yeşilliğinin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda D13 kodlu numune hazırlanmıştır ve D13 kodlu numune renginin istenilen D3 Dentin rengine göre renginin açılması, ayrıca yeşillik ve grilik eklenmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile D18 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. D18 kodlu numune renginin istenilen D3 Dentin rengine göre sarılığının azaltılıp, yeşilliğinin eklenmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile D23 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. D23 kodlu numune renginin istenilen D3 Dentin rengine göre sarılığının azaltılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden D24 kodlu numune üretilmiştir. D24 kodlu numunenin istenilen D3 Dentin rengine göre sarılığının azaltılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda D28 kodlu numune hazırlanmıştır.



**Şekil 9.88.** D28 kodlu (a), D30 kodlu (b), D31 kodlu (c) ve D29 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D3 Dentin rengine göre kıyaslanması.

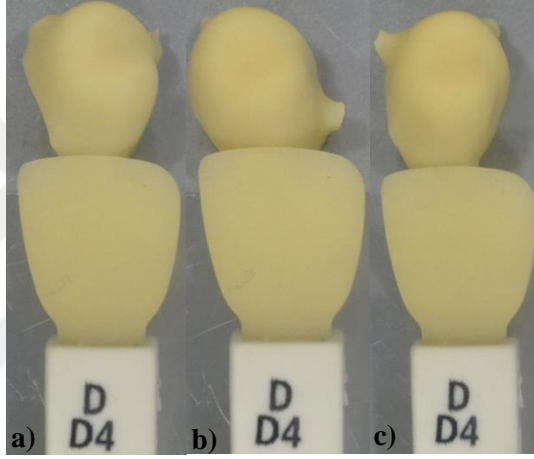
İnceleme sonucunda; D28 kodlu numune renginin istenilen D3 Dentin rengine göre açık kaldığı, sarılığının artırılması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile D30 kodlu numunenin üretimi gerçekleştirilmiştir. D30 kodlu, numune renginin istenilen D3 Dentin rengine göre yeşilliğinin ve griliğinin azaltılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden D31 kodlu numune üretilmiştir. D31 kodlu numunenin istenilen D3 Dentin rengine göre yeşilliğinin ve griliğinin azaltılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda D29 kodlu numune hazırlanmıştır. Analizi tamamlanan D29 kodlu numunenin, istenilen D3 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı sonucuna varılmıştır.

#### *Dentin D4 rengine ait sonuçlar ve değerlendirmeler*



**Şekil 9.89.** D17 kodlu (a), D22 kodlu (b), D27 kodlu (c) ve D32 kodlu (d) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D4 Dentin rengine göre kıyaslanması.

Analiz sonucunda, D17 kodlu numunenin istenilen D4 Dentin rengine göre sarılığının azaltılması, yeşilliğin ve griliğin eklenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda D22 kodlu numune hazırlanmıştır ve D22 kodlu, numune renginin istenilen D4 Dentin rengine göre tonunun iyi durduğu ancak yeşilliğinin eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden D27 kodlu numune üretilmiştir. D27 kodlu numune renginin istenilen D4 Dentin rengine sarılığının iyi durduğu, yeşillik ve grilik eklenmesi gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile D32 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. D32 kodlu numune renginin istenilen D4 Dentin rengine göre tonunun iyi olduğu ancak sarılığının azaltılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna istinaden D33 kodlu numune üretilmiştir.

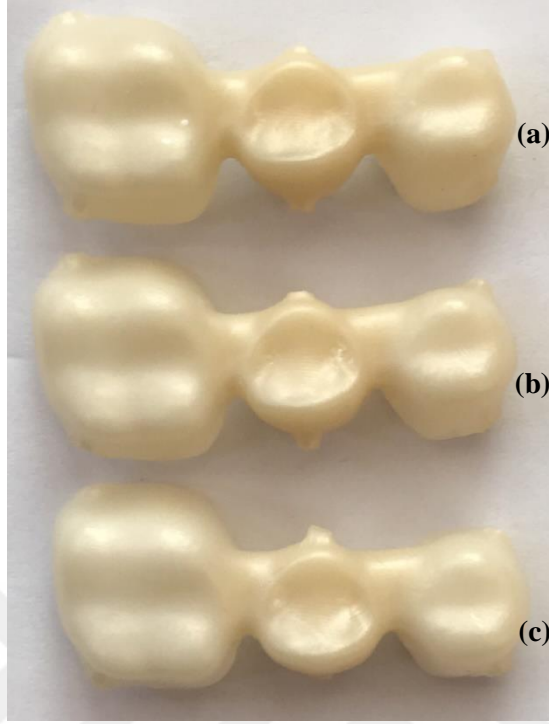


**Şekil 9.90.** D33 kodlu (a), D34 kodlu (b) ve D35 kodlu (c) numunelerin IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasının D4 Dentin rengine göre kıyaslanması.

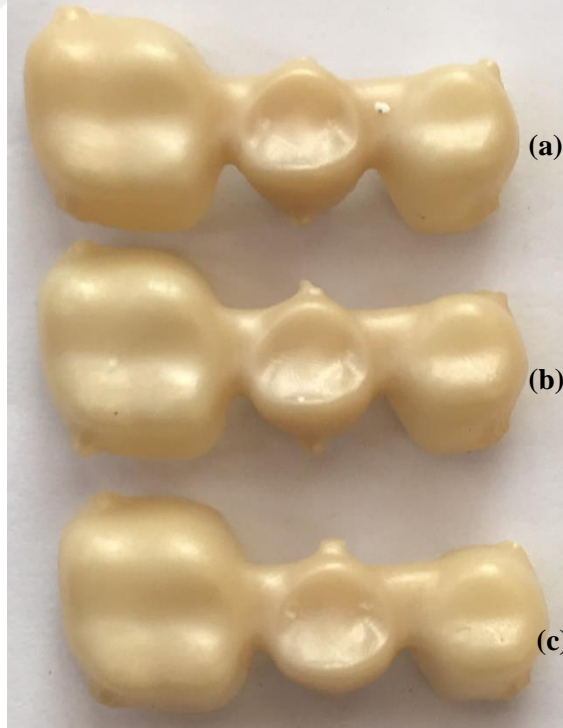
Analiz sonucunda, D33 kodlu numunenin istenilen D4 Dentin rengine göre sarılığının artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. Bu kanı doğrultusunda D34 kodlu numune hazırlanmıştır ve D34 kodlu, numune renginin istenilen D4 Dentin rengine göre sarılığının artırılması gerektiğine kanaat getirilmiştir. Bu sonuç ile D35 kodlu numunenin üretimi gerçekleşmiştir. Analizi tamamlanan D35 kodlu numunenin, istenilen D4 Dentin rengine ulaşıldığı ve tam uyum sağladığı sonucuna varılmıştır.

### 9.3.2. Köprü üyelere ait sonuçlar ve değerlendirmeler

Tek kuron üyeler için uygun olarak görülen A1 ve A3 renk solüsyonları üzerinden yapılan çalışmada; sadece saf su içerikli, %5 organik çözücü-2 ve %25 organik çözücü-2 içerikli olarak renk solüsyonları tekrar üretilip renklendirme işlemine tabii tutulmuştur. A1 ve A3 rengine ait görsel sonuçlar Şekil 9.91 ve Şekil 9.92’de verilmiştir.



**Şekil 9.91.** Köprü üyeler için renklendirilen A1 solüsyonları; a) sadece saf su içerikli, b) %5 organik çözücü-2 içerikli ve c) %25 organik çözücü-2 içerikli.



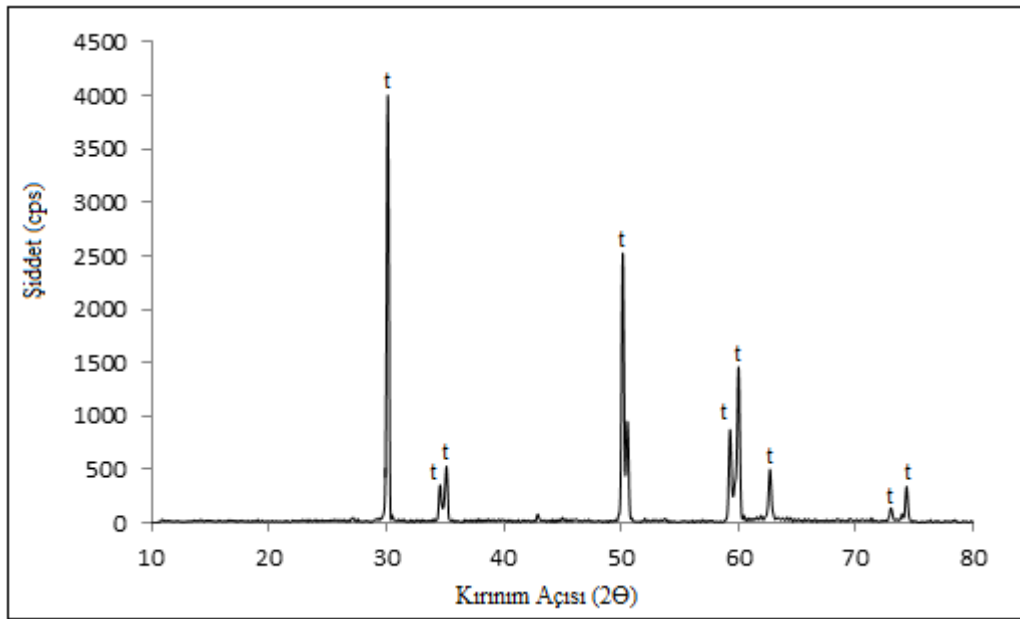
**Şekil 9.92.** Köprü üyeler için renklendirilen A3 solüsyonları; a) sadece saf su içerikli, b) %5 organik çözücü-2 içerikli ve c) %25 organik çözücü-2 içerikli.



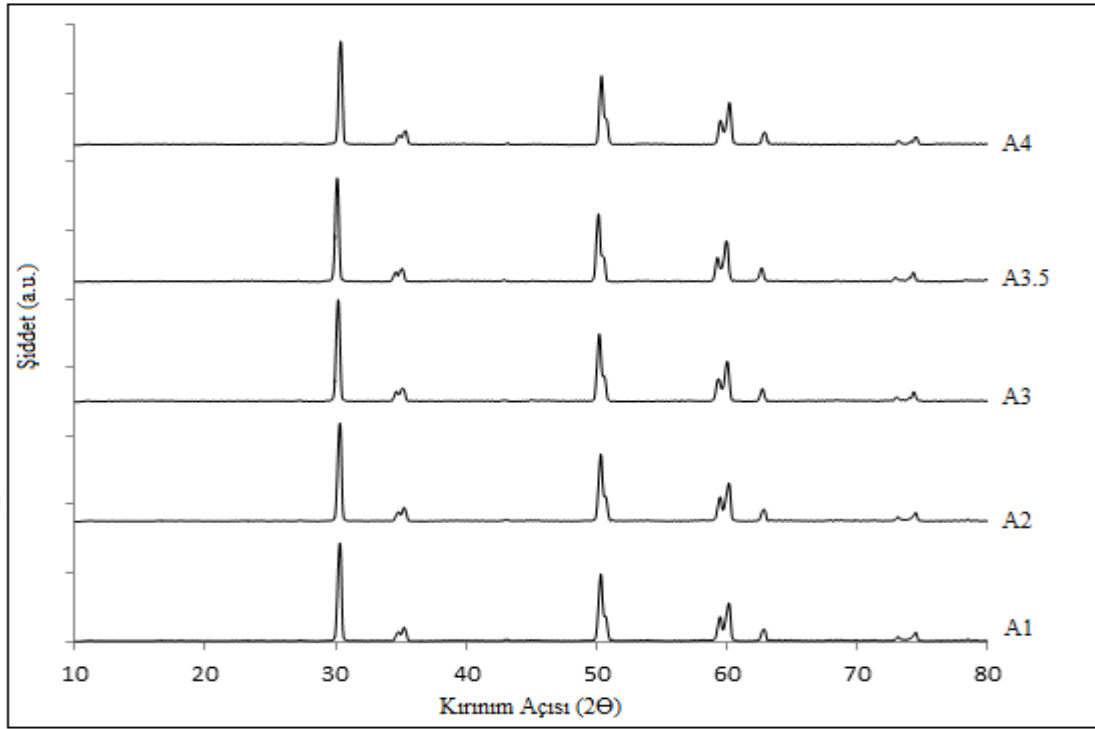
Sonuçlar göz önüne alındığında köprü modellerin sağ – sol ayakları ve ara gövde kısmında sadece saf su içerikli ve %5 organik çözücü-2 içerikli olan renklendirmelerde bariz renk değişimi söz iken, %25 organik çözücü-2 içerikli olan renklendirmede bir farklılık görülmektedir. Bu sonuç doğrultusunda dış renklendirmeleri için kullanılan renk solüsyonlarında %25 organik çözücü-2 içerikli çözdürücünün bulunması avantaj teşkil etmektedir.

### 9.3.3. XRD analiz sonuçları

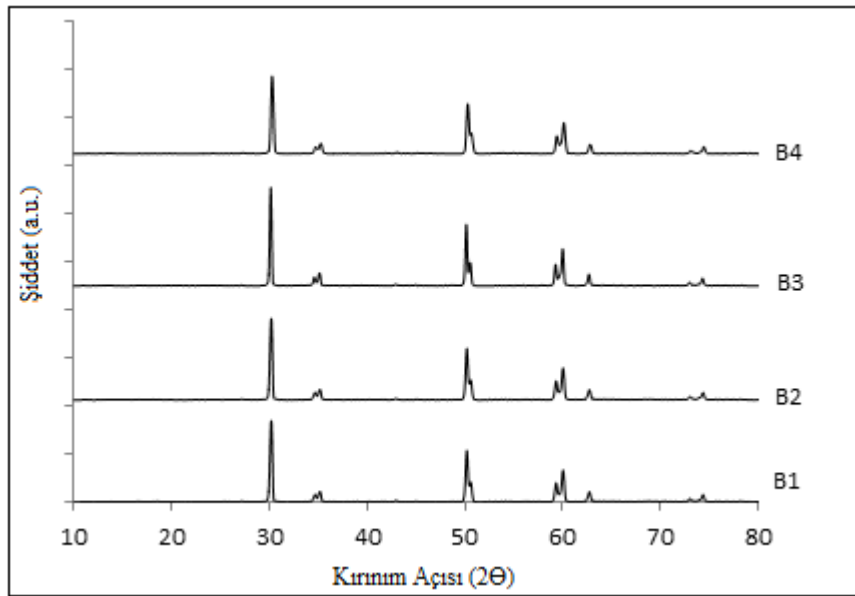
Renklendirme solüsyonlarının zirkonya peletler üzerindeki faz değişimini incelemek adına bu test uygulanmıştır. IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasına uygun olarak renk tespiti gerçekleşen ürünlere (tek kuron üyelere) ait renklendirme solüsyonları zirkonya pelet formundaki ürünlerle renklendirme işlemine tabii tutulup XRD analizi yapılmıştır. Bir adet renklendirilmemiş zirkonya peletin ve 16 adet (A1-A2-A3-A3.5-A4-B1-B2-B3-B4-C1-C2-C3-C4-D2-D3-D4) renklendirilmiş zirkonya peletin XRD sonuçları Şekil 9.93 ve Şekil 9.97 arasında verilmiştir. Pelet formundaki örnekler, zirkonya W kodlu tozdan üretilerek yapılmıştır.



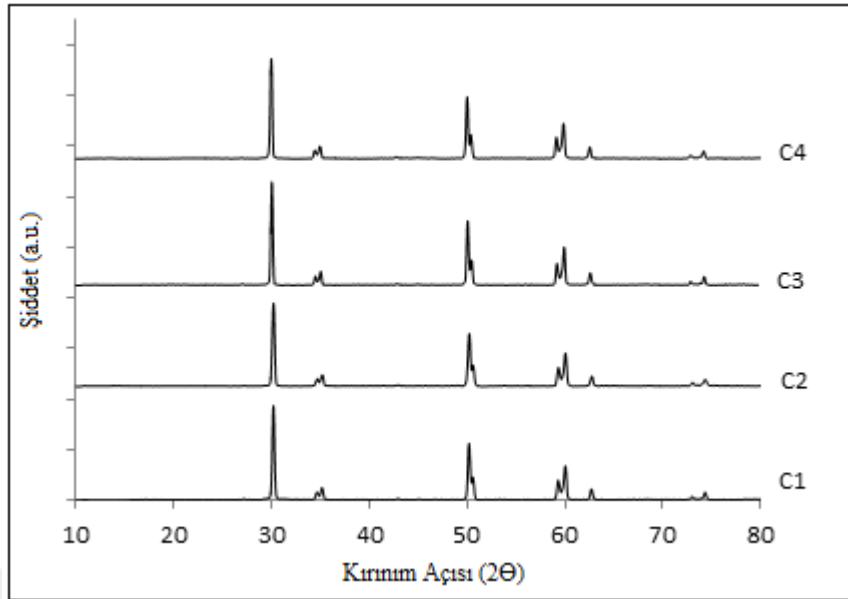
Şekil 9.93. Renklendirilmemiş olan zirkonya pelete ait XRD deseni (t: tetragonal  $ZrO_2$ ).



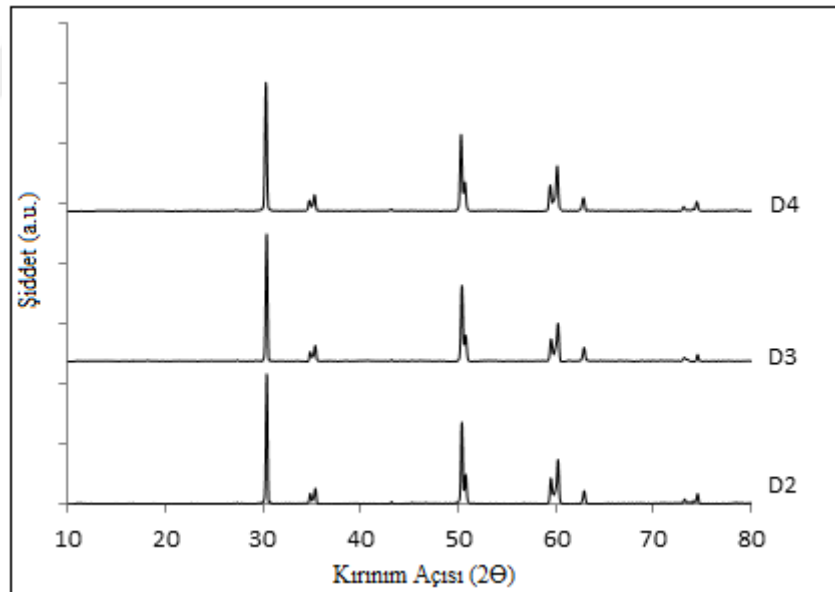
**Şekil 9.94.** A1-A2-A3-A3.5-A4 renk solüsyonları ile renklendirilmiş zirkonya peletlere ait XRD desenleri.



**Şekil 9.95.** B1-B2-B3-B4 renk solüsyonları ile renklendirilmiş zirkonya peletlere ait XRD desenleri.



**Şekil 9.96.** C1-C2-C3-C4 renk solüsyonları ile renklendirilmiş zirkonya peletlere ait XRD desenleri.



**Şekil 9.97.** D2-D3-D4 renk solüsyonları ile renklendirilmiş zirkonya peletlere ait XRD desenleri.

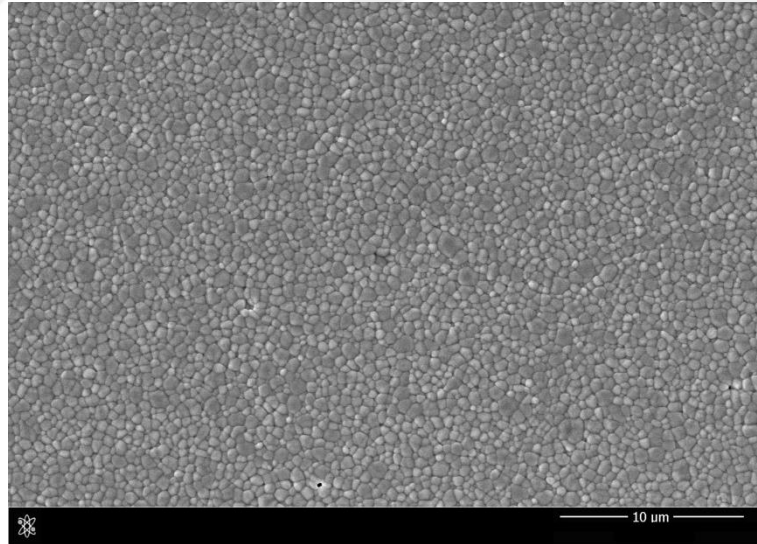
Renklendirilmeden sinterlenen ve renklendirilerek sinterlenmiş olan ürünlerin XRD desenleri incelendiğinde bütün ürünlerin yapılarının kararlı olduğu ve tetragonal fazın üstünlüğü ön plana çıkmaktadır. Ayrıca renklendirme solüsyonlarının farklı bir faz oluşumuna sebep olmadığı görülmektedir.

### 9.3.4. SEM ve EDX analiz sonuçları

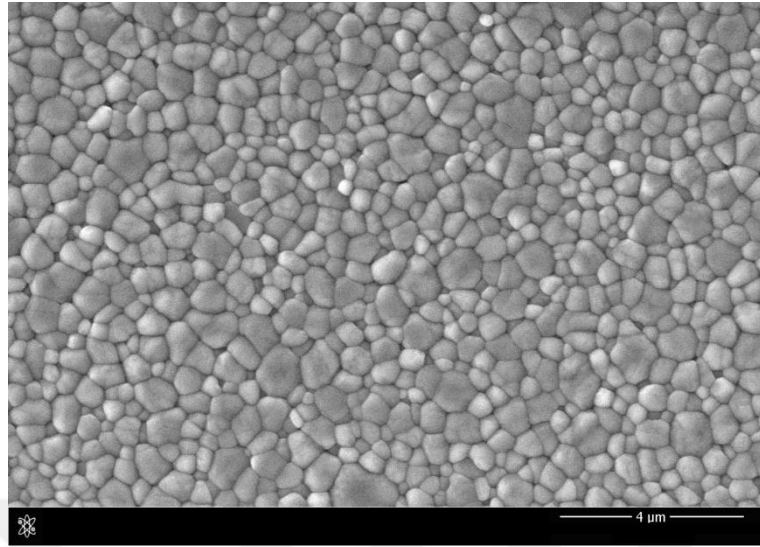
Nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait SEM görüntüleri ve EDX analizi sonuçları Şekil 9.98 ve 9.110 arasında verilirken, IPS e.max Ceram Dentin D3 skalasına uygun olarak renklendirilen pelete ait SEM görüntüleri ve EDX analizi sonuçları ise Şekil 9.111 ve 9.122'de gösterilmektedir.

Analiz sonuçlarına göre renksiz ve renkli ürünlerin ilgili sıcaklıkta sinterlendiği ve yoğunlaştığı görülmektedir. Renksiz pelet ve IPS e.max Ceram Dentin D3 skalasına uygun olarak renklendirilen pelete ait SEM görüntüleri incelendiğinde her iki kompozisyonun tane boyutları ve yoğunlukları benzerlik göstermiştir. Bu sonuçla birlikte renklendirme solüsyonlarının, zirkonya mikro yapısı üzerine olumsuz etki göstermediği kanıtlanmıştır.

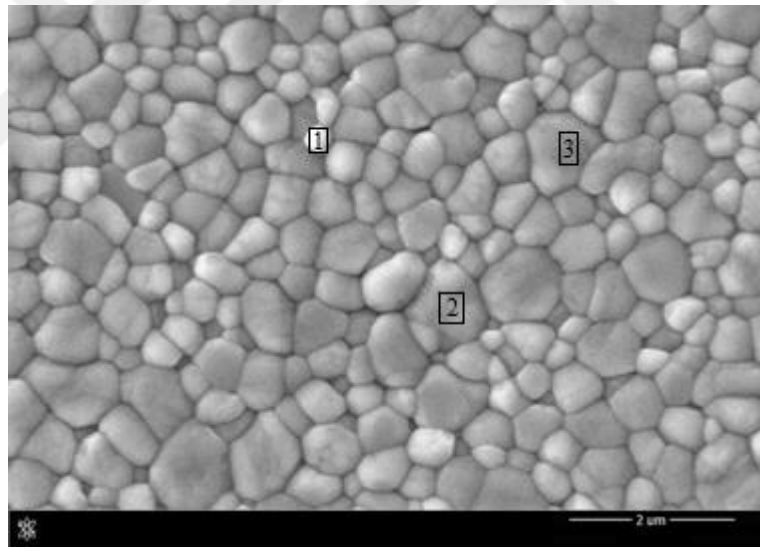
Renksiz peletin tanelerine uygulanan EDX analizi ile elde edilen elementsel analiz sonuçlarına bakıldığında,  $ZrO_2$  ve  $Y_2O_3$  geldiği tespit edilmiştir. Renklendirilmiş pelet tanelerine uygulanan EDX analizi ile elde edilen elementsel analiz sonuçlarına bakıldığında,  $ZrO_2$  ve  $Y_2O_3$  tespit edilmiştir.



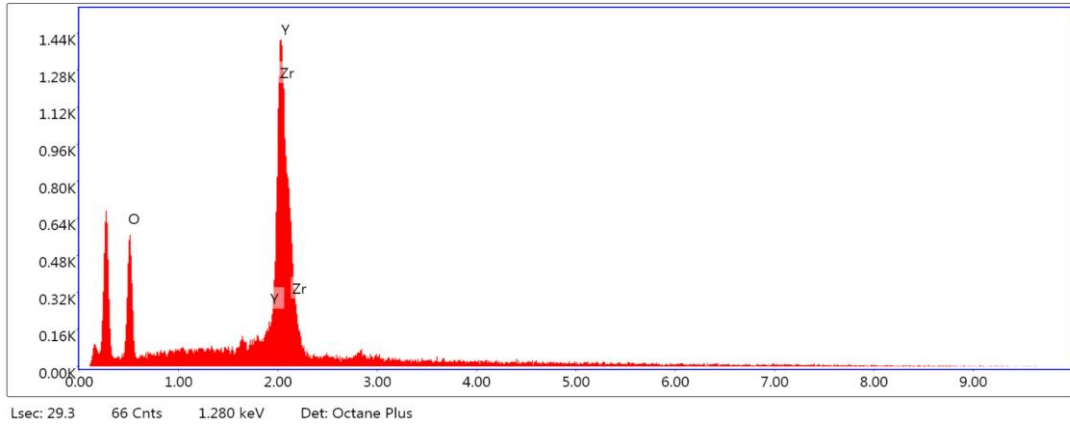
Şekil 9.98. Nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait SEM görüntüsü.



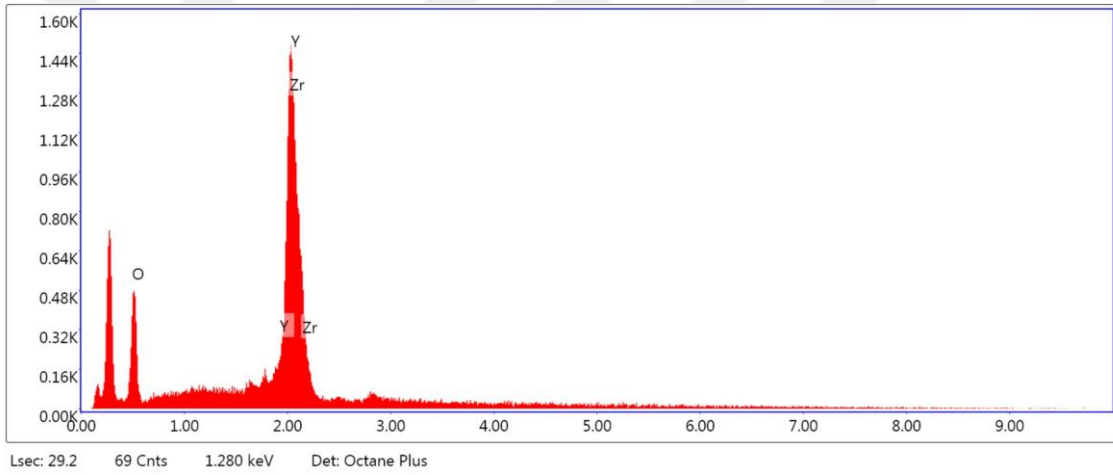
Şekil 9.99. Nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait SEM görüntüsü.



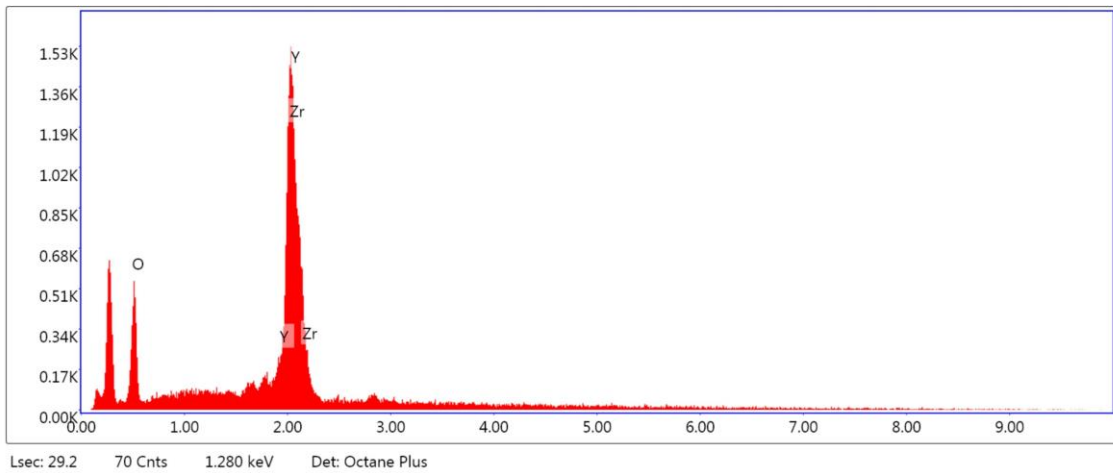
Şekil 9.100. Nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait SEM görüntüsü.



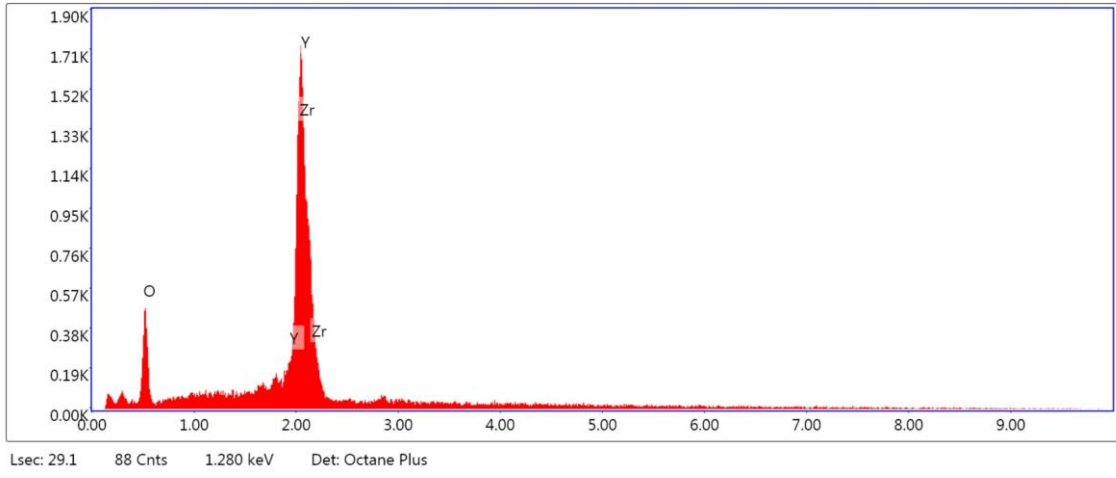
**Şekil 9.101.** 1. Bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu.



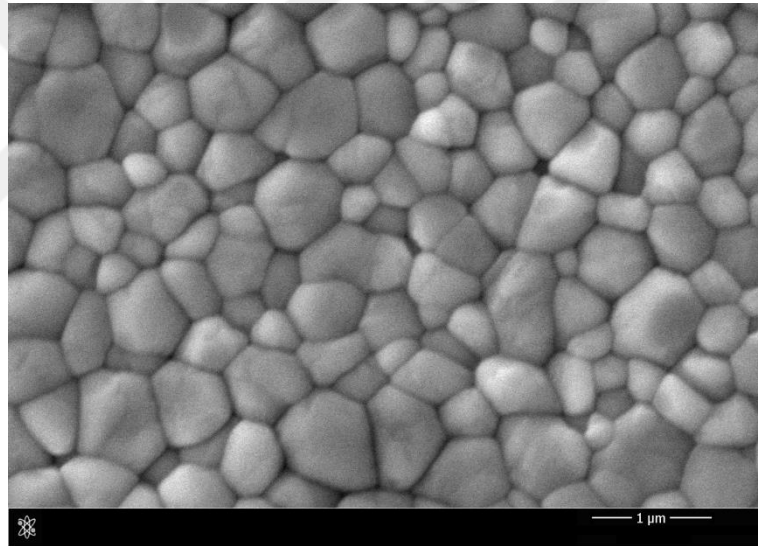
**Şekil 9.102.** 2. Bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu.



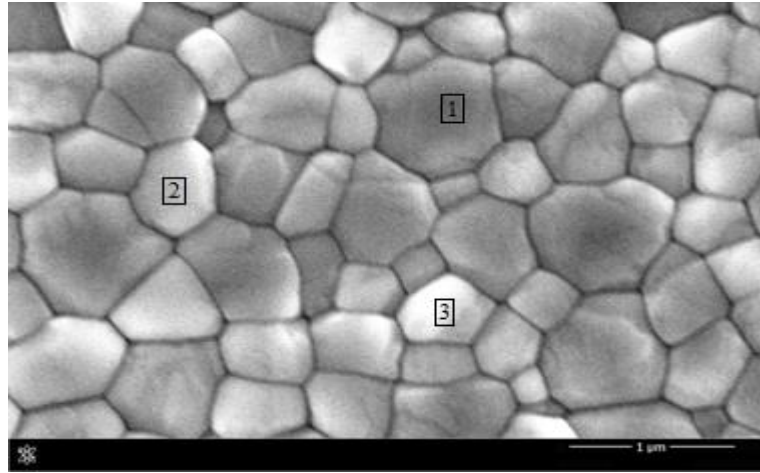
**Şekil 9.103.** 3. Bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu.



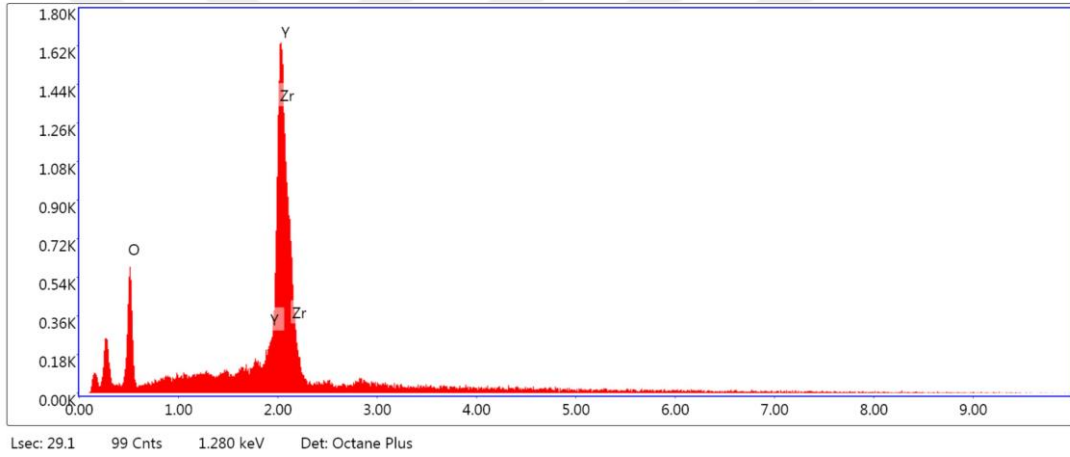
**Şekil 9.104.** Görseldeki bütün bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu.



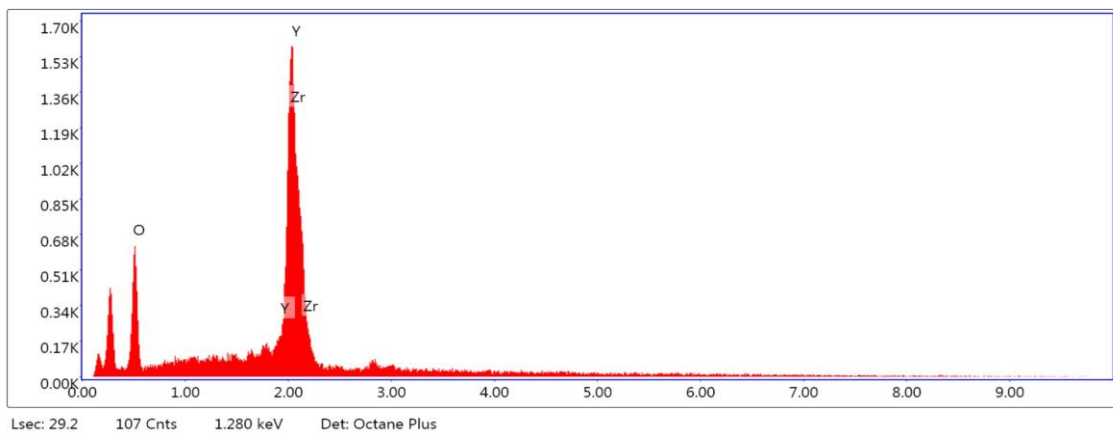
**Şekil 9.105.** Nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait SEM görüntüsü.



Şekil 9.106. Nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait SEM görüntüsü.

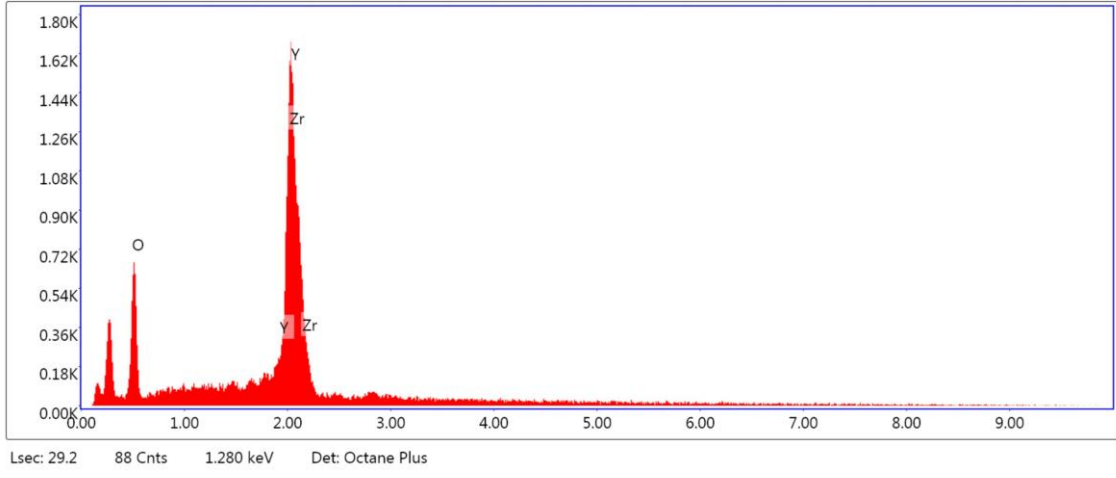


Şekil 9.107. 1. bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu.

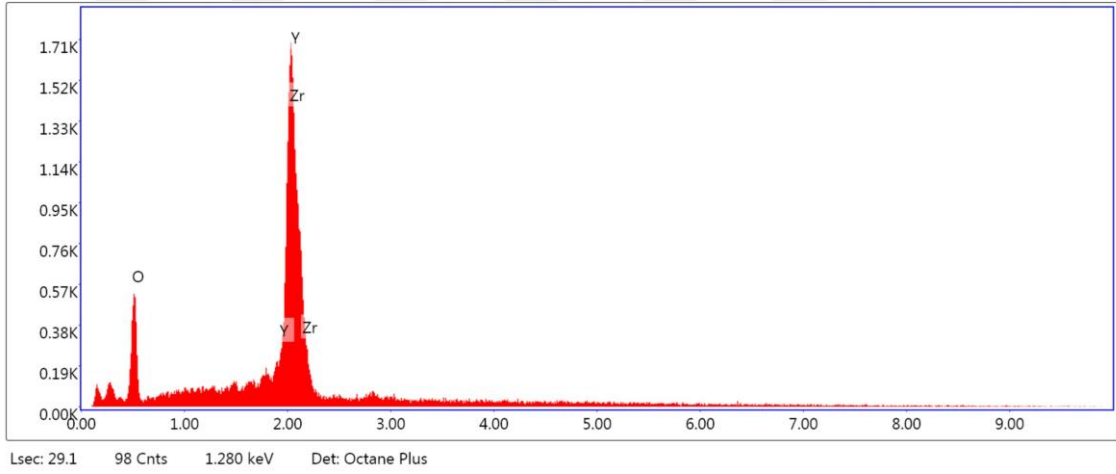


Şekil 9.108. 2. bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu.

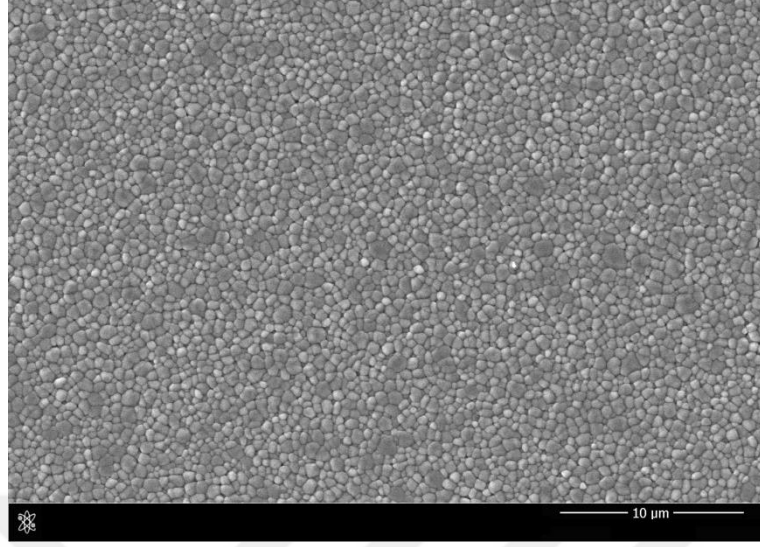




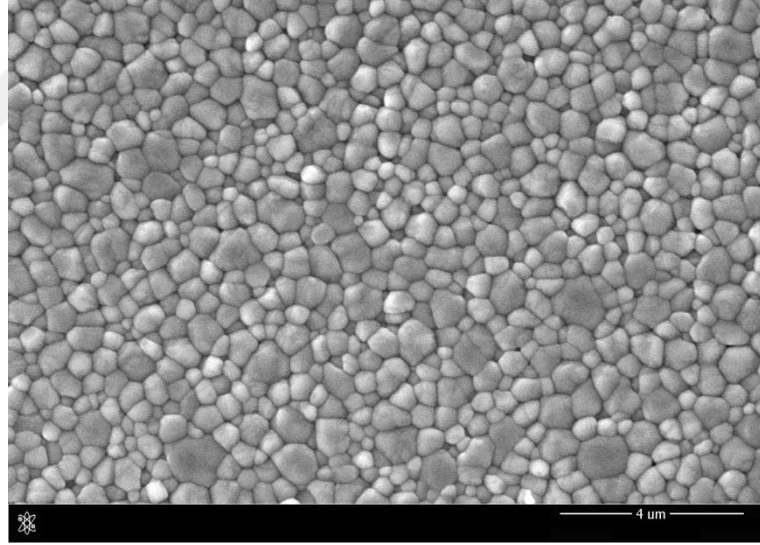
**Şekil 9.109.** 3. bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu.



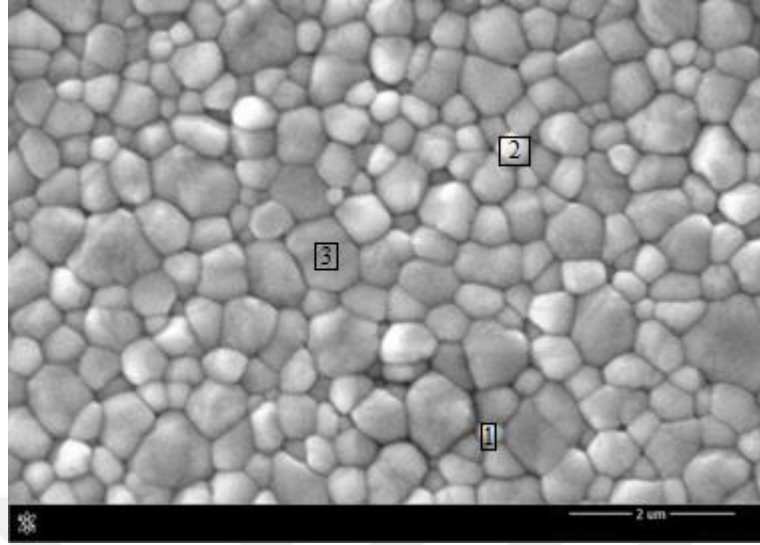
**Şekil 9.110.** Görseldeki bütün bölgeye ait nihai sinterlenmiş renksiz pelete ait EDX analiz sonucu.



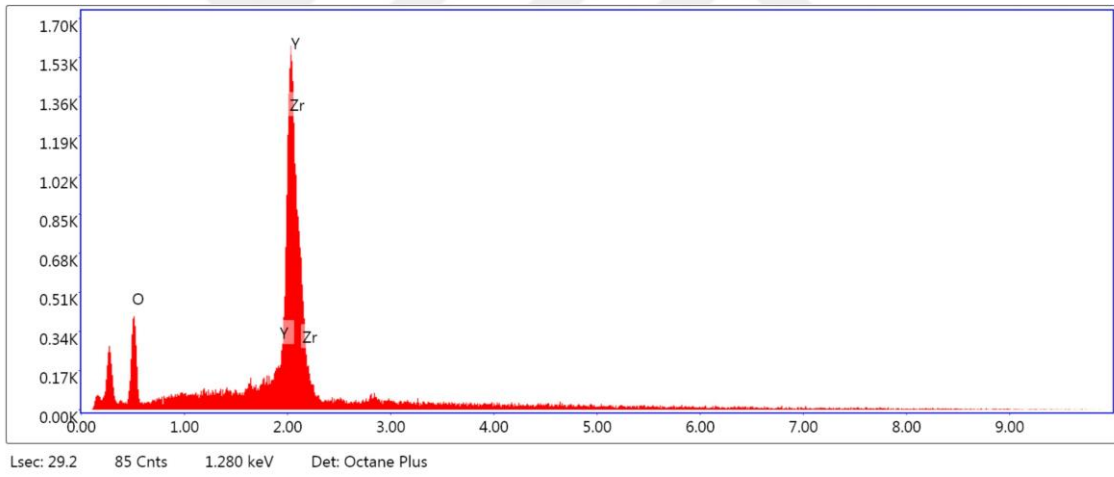
**Şekil 9.111.** Nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait SEM görüntüsü.



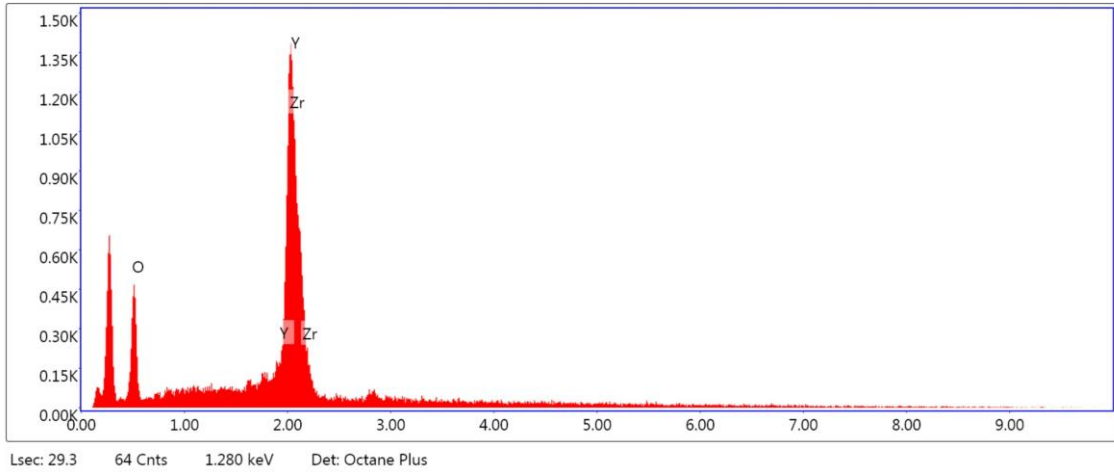
**Şekil 9.112.** Nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait SEM görüntüsü.



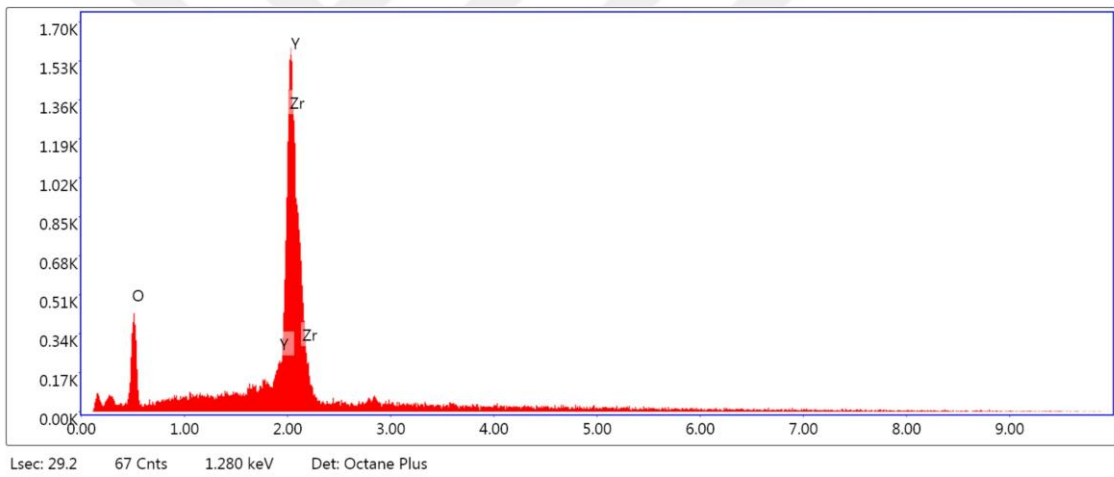
**Şekil 9.113.** Nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait SEM görüntüsü.



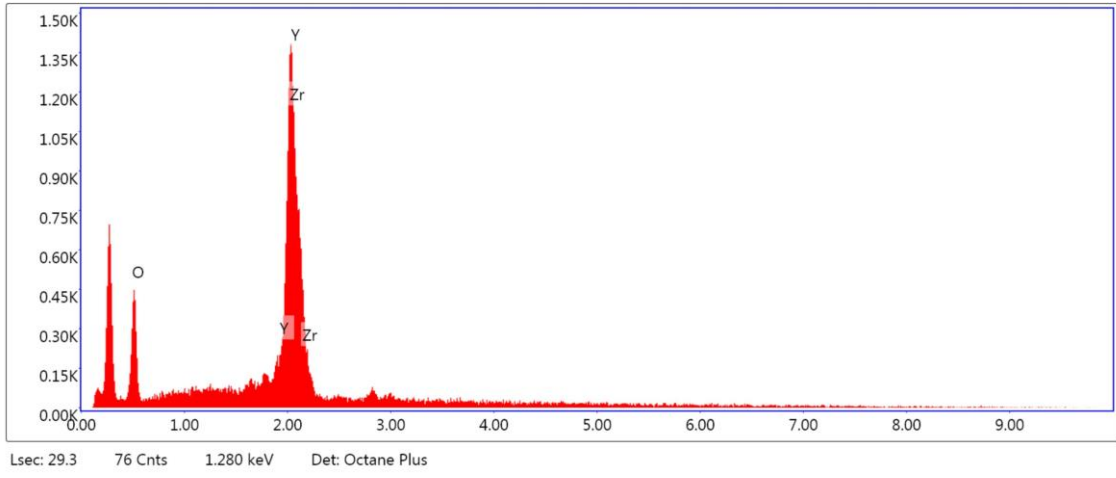
**Şekil 9.114.** 1. bölgeye ait nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait EDX analiz sonucu.



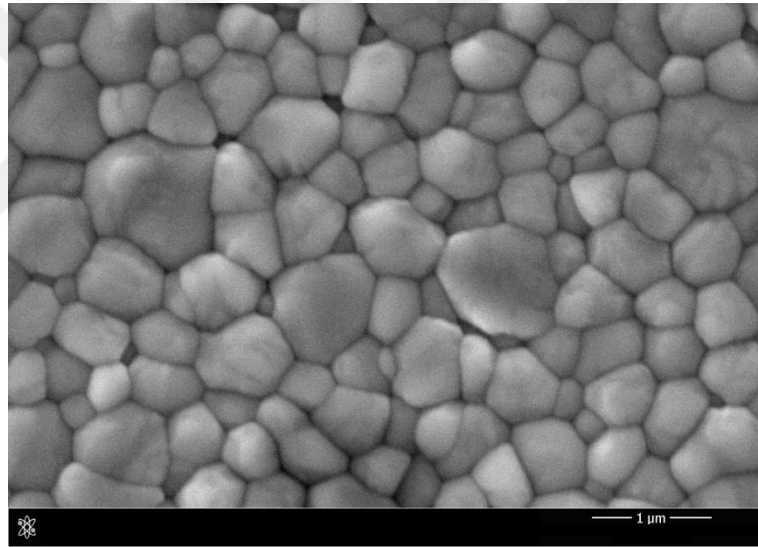
**Şekil 9.115.** 2. bölgeye ait nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait EDX analiz sonucu.



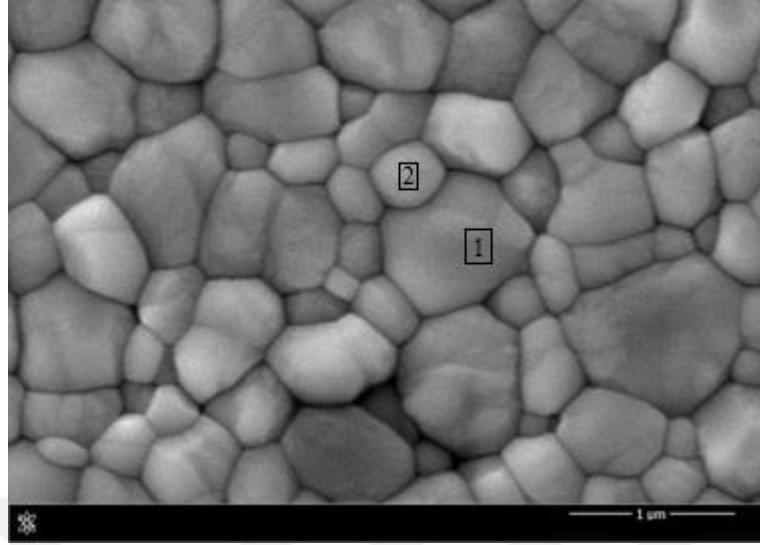
**Şekil 9.116.** 3. bölgeye ait nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait EDX analiz sonucu.



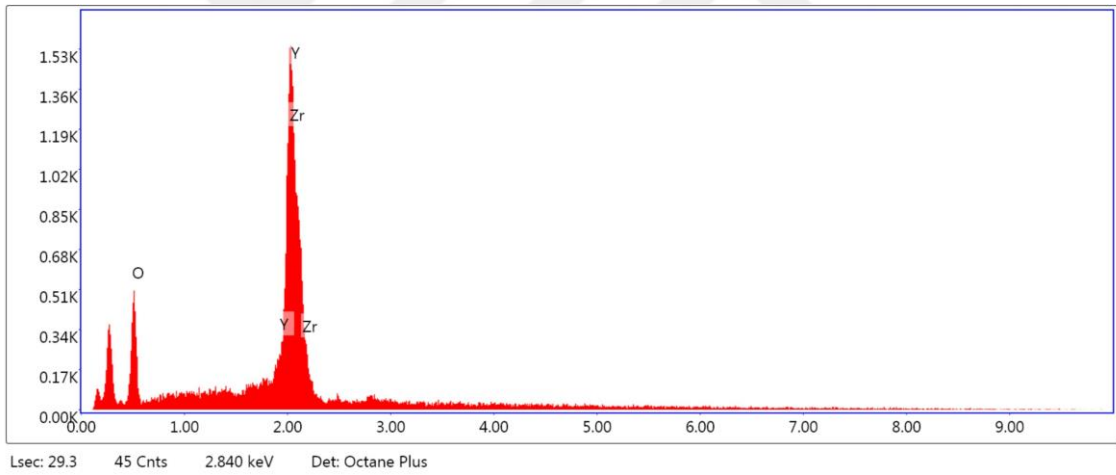
**Şekil 9.117.** Görseldeki bütün bölgeye ait nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait EDX analiz sonucu.



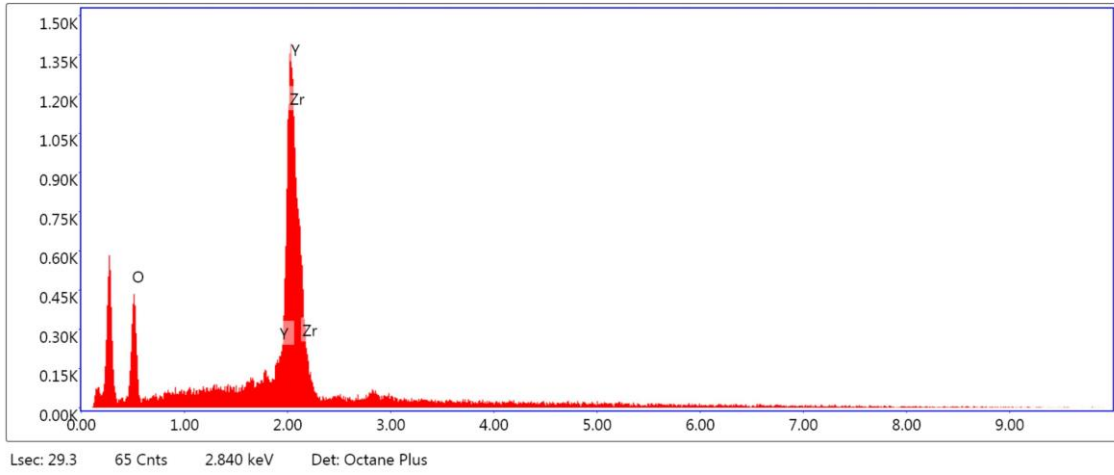
**Şekil 9.118.** Nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait SEM görüntüsü.



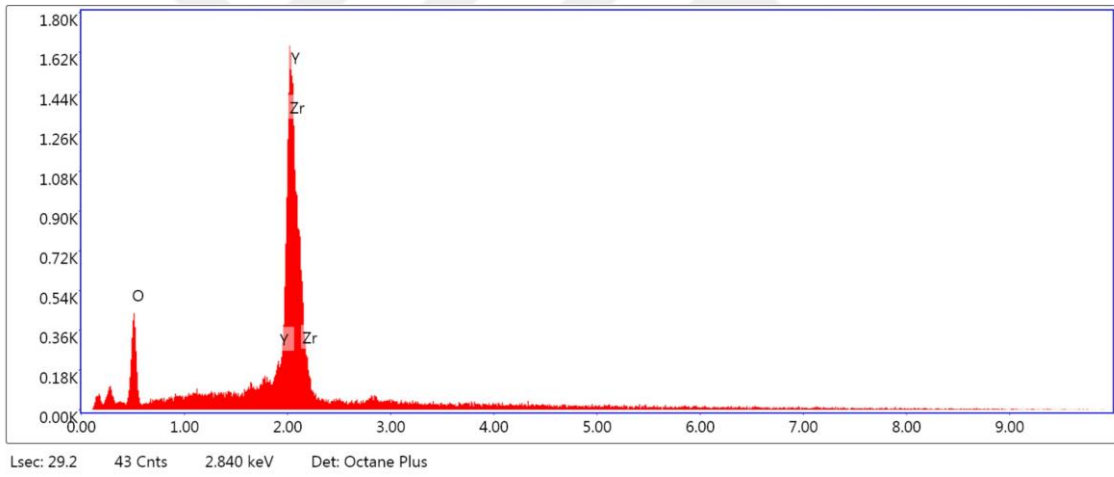
**Şekil 9.119.** Nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait SEM görüntüsü.



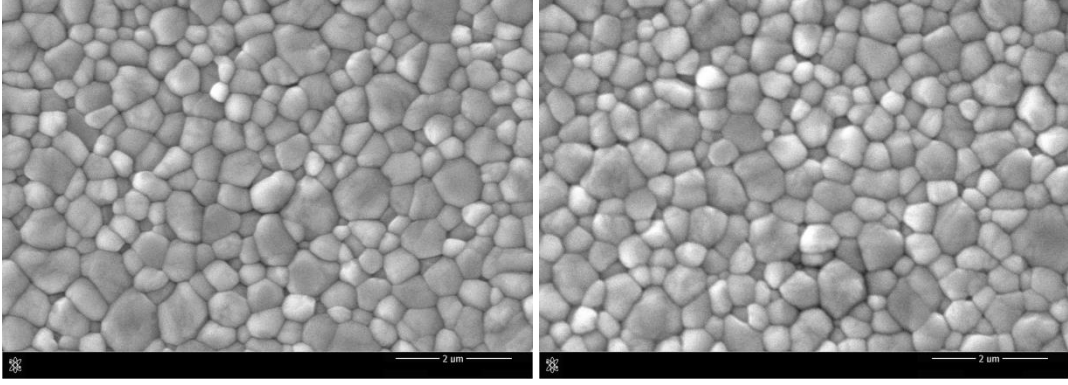
**Şekil 9.120.** 1. bölgeye ait nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait EDX analiz sonucu.



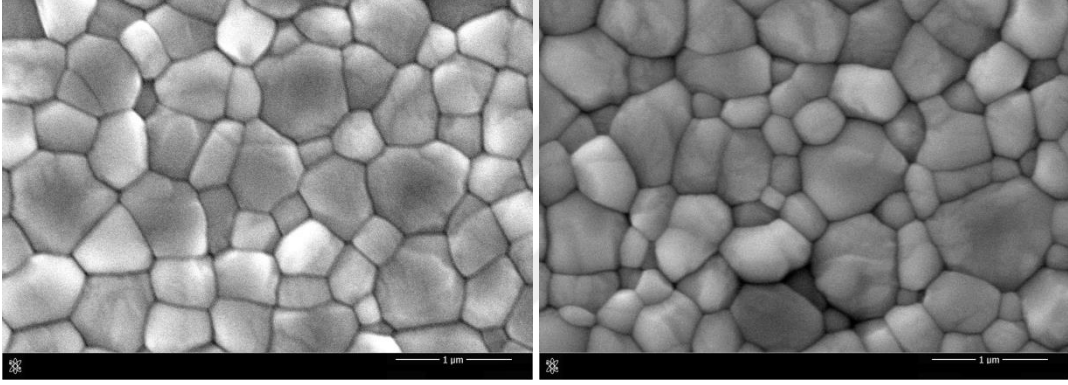
**Şekil 9.121.** 2. bölgeye ait nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait EDX analiz sonucu.



**Şekil 9.122.** Görseldeki bütün bölgeye ait nihai sinterlenmiş Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete ait EDX analiz sonucu.



**Şekil 9.123.** Aynı büyütmelere ait nihai sinterlenmiş renksiz pelet (solda) ve Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete (sağda) ait SEM görüntüleri.



**Şekil 9.124.** Aynı büyütmelere ait nihai sinterlenmiş renksiz pelet (solda) ve Dentin D3 renklendirme solüsyonu ile renklendirilen pelete (sağda) ait SEM görüntüleri.



## 10. GENEL DEĞERLENDİRMELER

- Zirkonya S ve W kodlu tozlardan elde edilen peletlerin pişme küçülmesi değerleri incelendiğinde, zirkonya W kodlu peletlerin ön şekillendirmeden ön sinterleme sonrasına kadar giden süreçte çap ve kalınlıktaki pişme küçülme değerleri birbirine daha yakındır.
- Hazırlanan renklendirici solüsyonlarda zamanla, içeriğinde sadece saf su ve organik çözücü-1 bulunan bütün solüsyonlarda çökme ve bulanıklık gözlemlenirken, içeriği organik çözücü-2 olan solüsyonlarda çökme gözlemlenmemiş ve berrak kalmıştır.
- pH değerleri karşılaştırıldığında; asitlik derecesi en yüksek olan solüsyonlar organik çözücü-2 içerikli olanlarken, asitlik derecesi en düşük olan solüsyonlar ise sadece saf su içeriklidir.
- Zirkonya S ve W kodlu peletlerin renklendirme solüsyonlarında 60 saniye süre renklendirilmesi ile peletlerin solüsyonu daha iyi emmesi sağlanmıştır.
- Zirkonya S ve W kodlu peletlerin ticari solüsyonlarda renklendirilmesi ile ilgili XRD desenlerine bakıldığında,  $ZrO_2$ 'de herhangi bir faz değişimi gözlemlenmemiştir.
- Farklı gramajlarda ve basınç değerlerinde üretilen pelet formundaki ürünlerin farklı sinterleme fırınlarında pişirilmesi sonucunda, nihai ürünün çap ve kalınlık değerlerinin değiştiği kanıtlanmıştır.
- Farklı gramaj ve basınç değerlerinde üretilen peletlerin, nihai sinterleme sonucuna göre yoğunluk bazında en yüksek değere 0,4 gram / 250 PSI basınç değerindeki peletlerde ulaşılırken, en düşük değer 5 gram / 3000 PSI basınç değerindeki peletlerde ulaşılmıştır.
- Renk solüsyonları için renklendirici tuzların miktarları değiştikçe, peletler üzerindeki renk farklılıkları gözle görülebilir derecede değişmiştir. Renklendirici tuzların ağırlıkça oranı yükseldikçe peletler üzerindeki renklerin koyulaştığı görülmüştür.
- Renklendirici tuzların ağırlıkça oransal değişimleri CIE  $L^* a^* b^*$  üzerinde önemli ölçüde etkili olmuştur.
- Farklı gramajlarda ve basınç değerlerinde üretilen peletler (1,5 gram / 500 PSI basınç değerindeki peletlere uygun olarak kabul edilen renklendirici solüsyonlar); B1, B2, A2, A3 renklendirici solüsyonları ile renklendirilmiş ve sonuçlar her ürün için farklı çıkmıştır.
- Pelet formundaki renklendirilmiş numunelere, üç farklı spektrofotometre cihazı ile CIE  $L^* a^* b^*$  ölçümü yapılmış ve sonuçlar birbirlerinden farklı çıkmıştır.

- Sadece saf su içerikli, organik çözücü-1 içerikli ve organik çözücü-2 içerikli olan solüsyonların farklarını ve etkilerini anlamak için CIE L\* a\* b\* ölçümü pelet formları üzerinde denenmiş ve sonuçları birbirine çok yakın çıkmıştır.
- Organik çözücü-2 miktarının etkisini ölçmek için CIE L\* a\* b\* ölçümü gerçekleştirilmiş ve sonuçlarda büyük bir farka rastlanmamıştır.
- Sadece saf su içerikli, %5 organik çözücü-2 içerikli ve %25 organik çözücü-2 içerikli olan A1 ve A3 solüsyonları, köprü modellerinde renklendirilmiştir. Her bir ürün için sol – sağ ayaklar ve ara gövde karşılaştırıldığında renk farklılığı minimum olan %25 organik çözücü-2 içerikli olan solüsyonların daha başarılı olduğu görülmüştür.
- Zirkonya tek kron üyeler için gerçekleştirilen çalışmanın neticesinde IPS e.max Ceram Dentin A-D skalasına uygun olarak bütün renkler başarılı bir şekilde üretilmiştir.
- Zirkonya W kodlu toz, standart şartları sağlanacak şekilde pelet formuna getirilip, tek kron üyeler için uygun olan renklendirici solüsyonlarda renklendirilmiş ve XRD desenleri incelenmiştir. XRD desenlerine bakıldığında ise renklendirici solüsyonların, farklı bir faz oluşumuna sebep olmadığı anlaşılmıştır.
- Nihai sinterlenmiş renklendirilmemiş pelet ve IPS e.max Ceram Dentin D3 rengine uygun olarak hazırlanıp nihai sinterlenen renklendirilmiş peletin SEM görüntülerine bakıldığında, ürünlerin tamamının iyi sinterlendiği ve yoğunlaştığı; ayrıca tane boyutlarının birbirlerine yakın olduğu tespit edilmiştir.

## 11. ÖNERİLER

Tamamlanmış yüksek lisans çalışmasında tek bir markaya ait zirkonya bloklar için özel olarak geliştirilen renklendirme solüsyonlarının üretimi ve karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda oluşturulan bu temel üzerine daha kapsamlı çalışmaların yapılması uygun olacaktır. Örneğin;

Renklendirme solüsyonlarında belirli bir zaman zarfında oluşan çökelmelerin (katı hammadde) sebebi ve çöken katı hammaddelerin hangi formlarda olduğunun anlaşılabilmesi için daha detaylı analizler gerçekleştirilebilir.

Zirkonya desteklerin renklendirilmesi için kullanılan renk solüsyonlarının, zirkonya yapısında nereye ve/veya nerelere nüfus ettiği üzerine çalışmalar yapılabilir.

Tek kuron ve köprü üyelerin, renklendirme sonrasındaki mekaniksel ölçümleri incelenebilir. Bunun yanında, renklendirilmiş olan tek kuron ve köprü üyelerin hasta ağızdaki tedavilerinde ne kadar süre ile kullanılabilirdiği üzerine çalışmalar yapılabilir.

Renklendirilmiş olan zirkonya desteklere özel porselen kaplama çalışmaları gerçekleştirilebilir.

Dental uygulamalar için kullanılan renk solüsyonlarının büyük bir kısmının ithal edilmesi sebebiyle, bu çalışmada üretimini gerçekleştirdiğimiz renklendirme solüsyonlarının Türkiye pazarındaki yerinin ekonomik açıdan detaylı bir şekilde araştırılabilir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

Aboushelib, M.N., de Jager, N., Kleverlaan, C., Feilzer, A. (2005). Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. *Dental Materials*, 21, 984-91.

Adolfi, D. (1881). Natural esthetics. *Quintessence Publishing Company*.

Ahmad, I. (2006). Protocols for predictable aesthetic dental restorations. 1st Edition, Navarra; Blackwell Munksgaard, 77-97.

Ahmet, K. (2006), Farklı oranlarda Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> katkılı %8 mol yitria ile dengelenmiş kübik zirkonyada mikroyapı-elektriksel iletkenlik ilişkisi.

Ahn, J.S., Lee, Y.K. (2008). Color distribution of a shade guide in the value, chroma, and hue scale. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Jul, 100(1), 18-28.

Akdemir, K. (2010). Seramik mürekkep formülasyonlarında kullanılan pigmentlerin kararlılığını etkileyen parametrelerin belirlenmesi, Yüksek lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 144.

Akgungor, G., Olcer, Y., Sen, D., Tuncelli, B. (2011). Occlusal surface reconstruction with chairside ceramic onlay using cerec biogeneric design mode: case report. *Key Engineering Materials*, 493-494, 594-598.

Aladağ, A. (2003). "Vitapan Classical" ve "Vitapan 3-D Master" renk anahtarları kullanılarak renk seçimi yapılmış metal destekli seramik kronların, doğal dişe göre renk uyumlarının araştırılması. Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Doktora Tezi.

Al-Amleh, B., Lyons, K., Swain, M. (2010). Clinical trials in zirconia: a systematic review. *Journal of Oral Rehabilitation*, 37, 641-652.

Anderrson, M., Oden, A. (1993). A new all-ceramic crown: A dense-sintered, high purity alumina coping with porcelain. *Acta Odontologica Scandinavica*, 51, 59-64.

Anusavice, K.J., Brantley, L.A. (2003). Physical properties of dental materials. In: Anusavice K.J., editor. *Phillips, Science of Dental Materials*, 11th Edition, St. Louis; WB Saunders Company, 41-72.

Ardlin, B.I. (2002). Transformation-toughened zirconia for dental inlays, crowns and bridges: chemical stability and effect of low-temperature aging on flexural strength and surface structure. *Dental Materials*, 18(8), 590-595.

Arikawa, H., Kanie, T., Fujii, K., Takahashi, H., ve Ban, S. (2007). Effect of filler properties in composite resins on light transmittance characteristics and color. *Dental Materials*, 26(1), 38-44.

Ayyıldız, S., Güler, A.U., Özdemir, O.S., Dede, D.Ö. (2011). Farklı renk skalalarının ve ışık kaynaklarının renk seçimine etkisinin incelenmesi. Türkiye Klinikleri, *Journal Dental Science*, 17(1), 30-5.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ballı, C. (2015). Biokütle kullanılarak renkli pigment üretiminin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, 61.
- Basu, B. (2005). Toughening of Yttria-Stabilised Tetragonal Zirconia Ceramics. *International Materials Reviews*, 50(4), 239-256.
- Bayındır, F., Wee, A.G. (2006). Diş rengi seçiminde bilgisayar destekli sistemlerin kullanımı. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 30(3), 40–46.
- Berns, R.S. (2000). Billmeyer and Saltzman's *Principles of Color Technology* (3rd edition). USA: John Wiley Press., 153-239.
- Besimo, C., Spielmann, H., Rohner, H. (2001). Computer-assisted generation of all ceramic crowns and fixed partial dentures. *International Journal of Computerized Dentistry*, 4, 243-262.
- Beyoğlu, B. (2007). Yüksek sıcaklıklarda kararlı inorganik seramik pigmentlerin üretimi ve karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze, 93.
- Billmeyer, F.W., Saltzman, M. (1981). *Principles of color technology*. 3rd Edition, New York; John Wiley & Sons, Incorporated.
- Blatz, M.B., Sadan, A., Martin, J. (2004). In vitro evaluation of shear bond strengths of resin to densely-sintered high purity zirconium oxide ceramic after long-term storage and thermal cycling. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 91, 356-362.
- Brewer J.D., Wee A., Seghi R. (2004). Advances in color matching. *Dental Clinics of North America*, 48(2), April, 341-58.
- Cales, B. (1998). Colored zirconia ceramics for dental applications. *Bioceramics*, 11, 591-594.
- Cercon Eye Brochure, <http://www.cerconsmartceramics.com>.
- Chaiyabutr, Y., Kois, J.C., Lebeau, D., Nunokawa, G. (2011). Effect of abutment tooth color, cement color, and ceramic thickness on the resulting optical color of a CAD/CAM glass ceramic lithium disilicate-reinforced crown. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 105(2), 83-90.
- Chevalier, J., Deville, S., Munch, E., Jullian, R., ve Lair, F. (2004). Critical effect of cubic phase on aging in 3mol% yttria-stabilized zirconia ceramics for hip replacement prosthesis. *Biomaterials*, 25, 5539-45.
- Chevalier, J., Gremillard, L., Deville, S. (2007). Low-temperature degradation of zirconia and implications for biomedical implants. *Annual Review of Materials Research*, 37, 1–32.
- Chevalier, J., Gremillard, L., Virkar, A.V., Clarke, D.R. (2009). The tetragonal monoclinic transformation in zirconia: lessons learned and future trends. *Journal of the American Ceramic Society*, 92(9), 1901–1920.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chevalier, J. (2006). What future for zirconia as a biomaterial. *Biomaterials*, 27, 535-43.
- Chintapalli, R.K., Rodriguez, A.M., Marro, F.G., Anglada, M. (2014). Effect of sandblasting and residual stress on strength of zirconia for restorative dentistry applications. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 29, 126 – 137.
- Christel, P., Meunier, A., Heller, M., Torre, J.P. ve Peille, C.N. (1989). Mechanical properties and short-term in-vivo evaluation of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia. *Journal of Biomedical Materials Research*, 23, 45-61.
- Christensen, G.J. (2001). Computerized restorative dentistry: state of the art. *The Journal of the American Dental Association*, 132, 1301.
- Christie, T., Brathwaite, B. (1999). Mineral commodity report 19: Beryllium, gallium, lithium, magnesium, iranium and zirconium. Institute of geological and nuclear sciences limited, No. 19, New Zealand Mining.
- Chu S.J., Devigus, A., Mieleszko, A. (2004). Fundamentals of color shade matching and communication in esthetic dentistry, *Quintessence Publishing Company Incorporated*.
- Chu, S.J., Trushkowsky, R.D., Paravina, R.D. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry*, 38 Supple 2,e,2,16.
- Craig, R.G. (2002) Ceramic-metal systems. In: Craig R.G., Powers J.M., editors. *Restorative dental materials*. 11th Edition, St Louis; Mosby-Year Book Incorporated, 575-92.
- Craig, G.R., Powers, J.M. (1989). *Restorative Dental Materials*. (8th edition). St. Louis: The Mosby, Incorporated.
- Crispin, B.J., Seghi, R.R., Globe, H. (1991). Effect of different metal ceramic alloys on the color of opaque and dentine porcelain. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 65, 351-356.
- Culpepper, W.D. (1970). A comparative study of shade matching procedures. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 24, 166-173.
- Curtis, A.R., Wright, A.J., Fleming, G.J.P. (2006). The influence of surface modification techniques on the performance of a Y-TZP dental ceramic. *Journal of Dental Research*, 34, 195-206.
- Çal, E., Güneri, P., Bıçakçı, A. (2005). An esthetic dilemma in dentistry: tooth color. *Eskişehir Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 26, 117-25.
- Çelik, G., Uludağ, B., Üşümez, A., Şahin, V., Öztürk, O., ve Göktuğ, G., (2008). The effect of repeated firings on the color of an all-ceramic system with two different veneering porcelain shades, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 99(3), 203–208.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Da Silva, J.D., Park, S.E., Weber, H.P., Ishikawa-Nagai, S. (2008). Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 99(5), 361-8.

Dancy, W.M.K., Yaman, P., Dennison, J.B., O'Brien, W.J., ve Razzoog, M.E. (2003). Color measurements as quality criteria for clinical shade matching of porcelain crowns. *Journal of Esthetic Restorative Dentistry*, 15, 114-22.

De Azevedo Cubas, G.B., Camacho, G.B., Demarco, F.F., Pereira-Cenci, T. (2011). The effect of luting agents and ceramic thickness on the color variation of different ceramics against a chromatic background. *European Journal of Dental Education*, 5(3), 245-52.

Dede, D.Ö. (2011). Yapıştırma simanının renginin tam seramik restorasyonların sonuç rengi üzerindeki etkisinin incelenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Doktora Tezi.

Denry, I., Kelly, R. (2008). State of the art of zirconia for dental applications. *Dental Materials*, 24, 299-307.

Denry, I.L., Holloway, J.A. (2006). Microstructural and crystallographic surface changes after grinding zirconia-based dental ceramics. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomater*, 440-448.

Dérand, P., Dérand, T. (2000) Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *The International Journal of Prosthodontics*, 13(2), 131-136.

Deville, S., Chevalier, J., Gremillard, L. (2006). Influence of surface finish and residual stresses on the ageing sensitivity of biomedical grade zirconia. *Biomaterials*, 27, 2186–2192.

Douglas, R.D. (2008). Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *The Journal Prosthetic Dentistry*, 83(2), 166-70.

Drouin, J.M., Cales, B., Chevalier, J., Fantozzi, G. (1997). Fatigue behavior of zirconia hip joint heads: experimental results and finite element analysis. *Journal of Biomedical Material Research*, 34, 149-155.

Ertan, A.A., Sahin, E. (2005). Color stability of low fusing porcelains: an in vitro study. *Journal of Oral Rehabilitation*, 32, 358-61.

Fabris, S., Paxton, A.T., Finnis, M.W. (2002). A stabilization mechanism of zirconia based on oxygen vacancies only. *Acta Materialia*, 50(20), 5171–5178.

Fischer, J., (1999). Esthetics and prosthetics, *Quintessence Books*, Germany, 31-70, 71-100.

Fondriest, J. (2003). Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *International Journal of Periodontics Restorative Dentistry*, 23(5), 467-80.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

Fonseca, V.G., Abi-Rached, F.O., Reis, J.M.S.N., Rambaldi, E., ve Baldissara, P. (2013). Effect of particle size on the flexural strength and phase transformation of an airborne-particle abraded yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal ceramic. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 110, 510-514.

Fu-Kang, F., Kuznetsov, A.K., Keler, É.K. (1963). Phase relationships in the system Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub> Part 2. solid solution. Institute of silicate chemistry, Academy of sciences of the USSR 4, 601-610.

G. D. Landgarf (1997). Keramische Farbelösung (grau) und ihre Verwendung, Publication number: DE19619168C1.

Garvie, R.C., Hannink, R.H. ve Pascoe R.T. (1975). Ceramic steel. *Nature*, 258, 703-704.

Giordano, R. (2002). CAD/CAM: An overview of machines and materials. *Journal of the Massachusetts Dental Society*, 51(1), 12-5.

Goldstep, F., Freedman, G. (2012). Color and shade. In: Freedman G., Edition, Contemporary esthetic dentistry, St. Louis; *Mosby-Year Book Inc*, 135-67.

Green, D., Hannink, R., Swain, M. (1988). Transformation toughening of ceramics. Boca Raton, FL: CRC Press.

Grigoriadou, M. (2006). Fracture resistance of three, unit posterior zirconium dioxide fixed partial dentures: an in vitro study, Doktora Tezi, Albert Ludwings University, Freiburg.

Groh, C.L., O' Brien, W.J., Boenke, K.M. (1992). Differences in color between fired porcelain and shade guides. *The International Journal of Prosthodontics*, 5(6), 510-4.

Guazzato, M., Albakry, M., Quach, L., ve Swain, M.V. (2005). Influence of surface and heat treatments on the flexural strength of a glass-infiltrated alumina/zirconia-reinforced dental ceramic. *Dental Materials*, 21, 454-63.

Guess, P.C., Schultheis, S., Bonfante, E.A., Coelho, P.G., Ferencz, J.L., ve Silva, N.R. (2011). All ceramic systems: laboratory and clinical performance. *Dental Clinics North America*, April, 55(2), 333-52.

Guler, A.U., Kurt, S., Kulunk, T. (2005a). Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *Journal Prosthetic Dentistry*, 93(5), 453-8.

Guler, A.U., Yilmaz, F., Kulunk, T., Guler, E., ve Kurt, S. (2005b). Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *Journal Prosthetic Dentistry*, 94(2), 118-24.

Gupta, T.K., Lange, F.F., Bechtold, J.H. (1978). Effects of stress-induced phase-transformation on properties of polycrystalline zirconia containing metastable tetragonal phase. *Journal of Materials Science*, 13, 1464-1470.



### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gümüşderelioğlu, M. (2002). Biyomalzemeler, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Yeni Ufuklara Eki.
- Haraguchi, K., Sugano, N., Nishii, T., Miki, H., Oka, K., ve Yoshikawa, H. (2001). Phase transformation of a zirconia ceramic head after total hip arthroplasty. *The Bone Joint Journal*, 83(7), 996–1000.
- Hegebarth, E.A. (1989). Creative Ceramic Color: A Pratical System, *Quintessence Books*, Chicago, 43-65.
- Heimann, R.B. (2002). A review of basic properties and applications. *Materials Science of Crystalline Bioceramics*.
- Heiserman, D.L. (1992). Exploring chemical elements and their compounds, McGraw Hill, New York.
- Helmer, J.D., Driskell, T.D. (1969). Symposium on use of ceramics as surgical implants. *Research on bioceramics*, Clemson, South Carolina, Clemson University.
- Herzfeld, H. (1916). German Patent 290,878 (May 29, 1914). *Journal of The Society of Chemical Industrial*, 35, 634.
- Heymann, H.O., Bayne, S.O., Sturdevant, J.R., Wilder, A.D., ve Roberson, T.M. (1996). The clinical performance of CAD-CAM generated ceramic inlays: a four-year study. *Journal of The American Dental Association*, 127, 1171-1181.
- Hjerppe, J., Narhi, T., Froberg, K., Vallittu, P.K., ve Lassila, L.V. (2008). Effect of shading the zirconia framework on biaxial strength and surface microhardness. *Acta Odontologica Scandinavica*, 66, 262–267.
- Hill, A.R. (1987). How we see colour. In: Mc Donald R, ed. Colour physics for industry. Huddersfield; H. Charlesworth&Company Limited. 1-34.
- Hint-Els Products. [web page on the Internet], <http://www.hintel.de>; <http://www.hintel.de/en/produkte/index.php>.
- Hisbergues, M., Vendeville, S., Vendeville, P.M. (2009). Zirconia: Established facts and perspectives for a biomaterial in dental implantology. *Journal of Biomedical Materials Research Part B Applied Biomaterials*, 88(2), 519–29.
- [http://e-wiki.org/ja/images/Colors\\_and\\_numbers](http://e-wiki.org/ja/images/Colors_and_numbers).
- <http://vident.com/products/shade-management/vita-3d-master-shade-guide/>.
- <http://www.incidisim.com/hizmetlerimiz/kozmetik-dis-hekimligi/porselen-kaplamalar/>.
- <http://www.mht.ch/index.php?uri=micro.html>.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

[http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1046](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1046).

<http://www.vita-zahnfabrik.de>.

[https://en.wikipedia.org/wiki/CIE\\_1931\\_color\\_space](https://en.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_color_space).

<https://www.dentalproductshopper.com/chromascop-shade-guide-bleach>.

<https://www.dentalproductshopper.com/vita-easyshade-compact>.

<https://www.fenodevi.com/8sinif-fen-konulari/fen-isigin-kirilmasi>

[https://www.kirupa.com/design/little\\_about\\_color\\_hsv\\_rgb.htm](https://www.kirupa.com/design/little_about_color_hsv_rgb.htm).

<https://www.msxlabs.org/forum/x-sozluk/88845-renk-nedir.html>.

[https://www.researchgate.net/figure/ShadeScan-Cynovad-Montreal-Canada-display\\_fig3\\_231740151](https://www.researchgate.net/figure/ShadeScan-Cynovad-Montreal-Canada-display_fig3_231740151).

<https://www.semanticscholar.org/paper/A-Review-of-Color-Science-in-Dentistry%3A-Shade-in-Ragain/91259bf6986342155672151854e65ab4bd0a70a5/figure/3>.

<https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/techbriefs/bio-medical/13285>.

<https://www.vitanorthamerica.com/en-US/VITA-classical-A1-D4-shade-guide-123.html>.

Jahangiri, L., Reinhardt, S.B., Mehra, R.V., Matheson, P.B. (2002). Relationship between tooth shade value and skin color: an observational study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(2), 149-52.

Johnston S.F. (2001). A history of light and color measurement. Philadelphia, USA Institute of Physics Publications Incorporated.

Johnston, W.M., Kao, E.C. (1989). Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *Journal of Dental Research*, 68(5), 819-22.

Joiner, A. (2004). Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32(1), 3–12.

Jones, D.W. (1985). Development of Dental Ceramics. *Dental Clinics of North America*, 29, 621-644.

Kahramanoğlu E., Özkan Y.K. (2013). Diş hekimliğinde estetik ve renk. *Cumhuriyet Dental Journal*, 16(4), 339-47.

Kanchana, S., Hussain, S. (2013). Zirconia a bio-inert implant material. *Journal of Dental and Medical Sciences*, Volume 12, Issue 6 (November- December), 66-67.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Kao C., Tuan W., Liu C., Chen S. (2017). Effect of iron oxide coloring agent on the sintering behavior of dental yttria-stabilized zirconia, *Ceramics International*, <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.12.049>.

Karaagaclioglu L., Yilmaz, B. (2008). Influence of cement shade and water storage on the final color of leucite-reinforced ceramics. *Operative Dentistry*, 4, 386-91.

Karamouzos, A., Papadopoulos, M.A., Kolokithas, G., Athanasiou, A.E. (2007). Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *Journal of Oral Rehabilitation*, 34(8), 613-21.

Kavo Everest. (2009). CAD-CAM system and everest elements brochure.

Kelly, J.R. (2004). Dental ceramic: current thinking and trends. *Dental Clinics of North America*, 48, 513-530.

Kern, M., Neikes, M.J., Strub, J.R. (1991). Tensile strength of the bond to in-ceram after varying modes of surface conditioning. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 46 (11), 758-61.

Kern, M., Wegner, S.M. (1995). Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: adhesive methods and their durability. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 73 (3), 240-9.

Kern, M., Wegner, S. (1998). Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dental Materials*, 14, 64-71.

Kırmalı, Ö., Özdemir, A.K. (2012). Zirkonya esaslı seramikler. *İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2, 15-18.

Kim, H.K., Kim, H.S. (2014). Effect of the number of coloring liquid applications on the optical properties of monolithic zirconia. *Dental Materials*, 30, 229-237.

Kim, H.K., Kim, H.S. (2016). Optical properties of pre-colored dental monolithic zirconia ceramics, *Journal Of Dentistry*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2016.10.001>, 0300-5712.

Kim-Pusateri, S., Brewer, J.D., Davis, E.L., Wee, AG. (2009). Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(3), 193-199.

Knispel, G. (1991). Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth. 1th edition. *Quintessence International*, 22, 525-31.

Kockhard, Z.A., Razzoog, M.E., Yaman, P. (1991). Color stability of restorative resins. *Quintessence International*, 22(9), 733-737.

Kohal, R.J., Klaus, G. (2004). A zirconia implant-crown system: a case report. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 24, 147-153.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

Kohal, R.J., Klaus, G., Strub, J.R. (2006). Zirconia-implant-supported all-ceramic crowns withstand long-term load: a pilot investigation. *Clinical Oral Implants Research*, 17, 565-571.

Kohorst, P., Borchers, L., Stempel, J., Stiesch, M., Hassel, T., ve Bach, F.W. (2012). Low-temperature degradation of different zirconia ceramics for dental applications. *Acta Biomaterialia*, 8, 1213-1220.

Kondoh, J., Shiota, H., Kawachi, K., Nakatani, T. (2004). Yttria concentration dependence of tensile strength in yttria-stabilized zirconia. *Journal of Alloys Compounds*, 365(1), 253-258.

Kosmac, T. (1999). The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dental Materials*, 15, 426-435.

Kosmac, T., Kocjan, A. (2012). Ageing of dental zirconia ceramics, *Journal of the European Ceramic Society*, 32, 2613-2622.

Köksal, T., Dikbaş, İ. (2008). Color stability of different denture teeth materials against various staining agents. *Dental Materials Journal*, 27(1), 139-144.

Kreidl, N.J. (1942). Zirconium oxide and thorium oxide in ceramics. *Journal of the American Ceramic Society*, 25, 129-141.

Kucukesmen, H., Usumez, A., Ozturk, N., Eroğlu, E. (2008). Change of shade by light polymerization in a resin cement polymerized beneath a ceramic restoration. *Journal of Dentistry*, 36, 219-21.

Kuehni, R.G. (2002). The early development of the munsell system. *Color Research and Application*, 27, 20-27.

Kuroda, S., Shinya, A., Yokoyama, D., Gomi, H., ve Shinya, A. (2013). Effects of coloring agents applied during sintering on bending strength and hardness of zirconia ceramics, *Dental Materials Journal*, 32(5), 793-800.

L'Eclairage Cid. (2004). A colour appearance model for colour management systems: CIECAM02. Viena, Austria: Central Bureau of CIE.

Lawson, S. (1995). Environmental degradation of zirconia ceramics. *Journal of European Ceramic Society*, 15(6), 485-502.

Lee, Y., Lim, B., Kim, C., Powers, J.M. (2001). Comparison of color of resin composites of White and translucent shades with two shade guides. *Journal of Esthetic Restorative Dentistry*, 13(3), 179-86.

Lee, Y.K. (2008). Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. *Dental Materials*, 24(9), 1243-7.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

Lee, Y.K., Cha, H.S., Ahn, J.S. (2007). Layered color of all-ceramic core and veneer ceramics, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 97(5), 279–86.

Leinfelder, K., Isenberg, B.P., Essig, M.E. (1989). A new method for generating ceramic restorations: A CAD-CAM system. *Journal of American Dental Association*, 118, 703-707.

Lothar, V. (2001). Cercon the all ceramic CAM system by degussa dental. *Quintessence of Dental Technology*, 52, 811-814.

Lou, M.R. (2004). Esthetic color training in dentistry. Colorimetry. In: Paravina R., Powers J., editors. 1st Ed., St. Louis; Mosby Inc, 17-38.

Louis (2001). The mosby incorporated company.

Lughi, V., Serg, V. (2010). Low temperature degradation -aging- of zirconia: A critical review of the relevant aspects in dentistry. *Dental Materials*, 26, 807–820.

Luthardt, R.G. (2004). CAD/CAM-machining effects on Y-TZP zirconia. *Dental Materials*, 20, 655-662.

Luthardt, R.G., Sandkuhl, O., Reitz, B. (1999). Zirconia-TZP and alumina-advanced technologies for the manufacturing of single crowns. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 7, 113-119.

Löthy, H., Filser, F., Loeffel, O., Schumacher, M., Gauckler, L., ve Hammerle, C. (2005). Strength and reliability of four-unit all-ceramic posterior bridges. *Dental Materials*, 21, 930-937.

Mamivand, M., Zaeem, M.A. ve El Kadiri, H. (2014). Phase field modeling of stress-induced tetragonal-to-monoclinic transformation in zirconia and its effect on transformation toughening. *Acta Materialia*, 64, 208–219.

Manicone, P.F., Iommetti, P.R., Raffaelli, L. (2007). An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *Journal of Dentistry*, 35(11), 819–826.

Matinlinna, J.P., Lassila, L.V.J., Ozcan, M., Yli-Urpo, A., ve Vallittu, P. (2004). An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. *The International Journal of Prosthodontics*, 17, 155-64.

Maurizio, Sedda, Alessandro, Vichi, Michele, Carrabba, Alessandro, Capperucci, Chris, Louca, ve Marco, Ferrari. (2015). Influence of coloring procedure on flexural resistance of zirconia blocks. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 114, 98-102.

Mayekar, S.M. (2001). Shades of a color. Illusion or reality. *Dental Clinics of North America*, January, 45(1), 155-72.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

McLaren, E.A., White, S.N. (1999). Glass-infiltrated zirconia/alumina-based ceramic for crowns and fixed partial dentures. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*, 11, 985-994.

McLean, J.W. (1979). The science and art of dental ceramics. Vol:1 *Quintessence Publishing Company Incorporated*, Chicago.

McLean, J.W. (2001). Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 85, 61-66.

Melis Kaplan, Park, J., Kim, S.Y., Öztürk, A. (2018). Production and properties of tooth colored yttria stabilized zirconia ceramics for dental applications, *Ceramics International*, 44, 2413-2418.

Meyenberg, K.H., Lüthy, H., Scharer, P. (1995). Zirconia posts: a new all-ceramic concept for nonvital abutment teeth. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 7, 73-80.

Mochales, C., Maerten, A., Rack, A., Cloetens, P., Mueller, W.D., ve Zaslansky, P. (2011). Monoclinic phase transformations of zirconia-based dental prostheses, induced by clinically practised surface manipulations. *Acta Biomaterialia*, 7, 2994–3002.

Mollon, J.D. (2003). The science of color. 2nd Edition, London, UK, Elsevier Ltd.

Mörmann, W.H., Bindl, A. (1996). The new creativity in ceramic restorations: Dental CAD/CAM. *Quintessence International*, 27, 821-828.

Muia, P.J. (1985). The Four Dimensional Tooth Color System. Chicago: Quintessence Publishing Company Incorporated.

Mulla, F.A., Weiner, S. (1991). Effects of temperature on color stability of porcelain stains. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 65(4), 507-12.

Muñoz-Saldaña, J., Balmori-Ramírez, H., Jaramillo-Vigueras, D., Iga, T., ve Schneider, G.A. (2003). Mechanical properties and low-temperature aging of tetragonal zirconia polycrystals processed by hot isostatic pressing. *Journal of Materials Research*, 18(10), 2415-2426.

Nakamura, K., Harada, A., Ono, M., Shibasaki, H., Kanno, T., Niwano, Y., Adolfsson, E., Milleding, P., ve Ortengren, U. (2016). Effect of low-temperature degradation on the mechanical and microstructural properties of tooth-colored 3Y-TZP ceramics. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 53, 301-311.

Nam, J.Y., Park, M.G. (2017). Effects of aqueous and acid-based coloring liquids on the hardness of zirconia restorations. *Journal of Prosthetic. Dentistry*, 117, 662–668.

Nassau, K. (2001). The physics and chemistry of color: The fifteen causes of color (2nd edition). USA: Wiley Press 250-350.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Nohl, F.S.A., Steele, J.G., Wassell, R.W. (2002). Crowns and other extra coronal restorations: Aesthetic Control. *British Dental Journal*, 192, 443-50.

O'Brien, W.J. (1997). Color appearance, dental materials and their selection (second edition), *Quintessence Books*, Chicago 25-37.

O'Brien, W.J. (2002). Color and appearance. In: O'Brien W.J., editor. Dental materials and their selection, 3rd edition, Canada: *Quintessence Publishing Company Incorporated*, 24-36.

Oh, G.J., Lee, K., Lee, D.J., Lim, H.P., Yun, K.D., Ban, J.S., Lee, K.K., Fisher, J.G., ve Park, S.W. (2012). Effect of metal chloride solutions on coloration and biaxial flexural strength of yttria-stabilized zirconia. *Metals and Materials International*, 18, 805–812.

Okubo, S.R., Kanawati, A., Richards, M.W., Childress, S. (1998). Evaluation of visual and instrument shade matching. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 80(6), 642-8.

Omar, H., Atta, O., El-Mowafy, O., Khan, S.A. (2010). Effect of CAD-CAM porcelain veneers thickness on their cemented color. *Journal of Dentistry*, 38(2), 95-9.

Ota, M., Ando, S., Endo, H., Ogura, Y., Miyazaki, M., ve Hosoya, Y. (2011). Influence of refractive index on optical parameters of experimental resin composites. *Acta Odontol Scandinavica*, 25.

Ottl, P., Piwowarczyk, A., Lauer, H.C., Hegenbarth, E.A. (2000). The Procera AllCeram system. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 20(2), 61-151.

Öngül, D. (2006). İki güncel renk anahtarının renk seçimindeki üstünlüklerinin spektrofotometrik analiz ile klinik olarak değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Doktora Tezi.

Özel, E. (2004). Seramik pigmentlerin üretimi, karakterizasyonu ve uygulaması, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 215.

Özgür, B., Değer, Ö., Pınar, T. (2010). Zirkonyanın mikroyapılarına ve üretim şekillerine göre sınıflandırılması. *İstanbul Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 44(2), 197-204.

Öztürk, O., Uludağ, B., Üşümez, A., Şahin, V., ve Çelik, G. (2008). The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of two all-ceramic systems, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 100(2), 99–106.

Palla, E. S., Kontonasaki, E., Kantiranis, N., Papadopoulou, L., Zorba, T., Paraskevopoulos, K. M., ve Koidis, P. (2018). Color stability of lithium disilicate ceramics after aging and immersion in common beverages. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 119, 632–642.

Papanagiotou, H.P., Morgano, S.M., Giordano, R.A., Pober, R. (2006). In vitro evaluation of low-temperature aging effects and finishing procedures on the flexural strength and structural stability of Y-TZP dental ceramics. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 96, 154-64.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

Paravina, R.D., Powers, J.M. (2004a). Color, other appearance attributes. In: Rudolph P, ed. *Esthetic Color Training in Dentistry*. 1st Edition, China; Elsevier-Mosby, 3-47.

Paravina, R.D., Powers, J.M. (2004b). *Esthetic Color Training in Dentistry*. Elsevier Mosby, St. Louis.

Park, J.W. (2011). Understanding of the color in composite resin. *Journal of Korean Academy of Conservative Dentistry*, 36(4), 271. doi:10.5395/jkacd.2011.36.4.271

Paul, S.J., Peter, A., Rodoni, L., Pietrobon, N. (2004). Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain fused to metal crowns: a clinical comparison. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 24(3), 222-31.

Piconi, C., Maccauro, G. (1999). Zirconia as a ceramic biomaterial. *Dental Materials*, 20, 1-25.

Piconi, C., Burger, W., Richter, H.G., Cittadini, A., Maccauro, G., ve Covacci, V. (1998). Y-TZP ceramics for artificial joint replacements. *Biomaterials*, 19, 1489-1494.

Pittayachawan, P., McDonald, A., Young, A., Knowles, J.C. (2009). Flexural strength, fatigue life, and stress-induced phase transformation study of y-tzp dental ceramic. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Appl Biomater*, 88B, 366-377.

Piwowarczyk, A., Lauser, H.C., Sorensen, J.A. (2005). The shear bond strength between luting cements and zirconia ceramics after two pre-treatments. *Operative Dentistry*, 30(3), 382-388.

Pizzamiglio, E. (1991). A color selection technique. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 66, 592-6.

Polansky, R. (1999). The production of Cerec restorations from a plaster cast. *International Journal of Computerized Dentistry*, 2, 37-44.

Powers, J.M. ve Sakaguchi, R.L. (2006). *Craig's Restorative Dental Materials*. (12th ed.) St Louis: C.V. Mosby.

Prasad, H.A., Pasha, N., Hilal, M., Amarnath, G.S., Kundapur, V., Anand, M., ve Singh, S. (2017). To evaluate effect of airborne particle abrasion using different abrasives particles and compare two commercial available zirconia on flexural strength on heat treatment. *International Journal of Biomedical Science*, 13, 93-103.

Procera AllCream Bridge Material, 2010.

Product Catalog Technical Catalog 2018.

Properties and Applications, CMU Journal 1, 23-46.

Publication Number: DE19619168A1.



### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Raigrodski, A.J. (2004). Contemporary all-ceramic fixed partial dentures: a review. *Dental Clinics of North America*, 48(2), 531–544.
- Reis, M. (2000). Shade selection and colour, report-research and development Ivoclar-Vivadent, 13, 18-24.
- Richerson, D., Richerson, D.W., Lee, W.E. (2005). Modern ceramic engineering: properties, processing, and use in design. Third edition. CRC press.
- Rieth, P.H., Reed, J.S., Naumann, A.W. (1976). Fabrication and flexural strenght od ultra-fine grained yttria-stabilised zirconia. *American Ceramic Society Bulletin*, 55, 717.
- Rifka Rubin (2007). Zirkonya altyapılı restorasyonların dişe bağlantı özelliklerinin incelenmesi. 195382, 18-19.
- Rinke, S., Fischer, C. (2013). Range of indications for translucent zirconia modifications: clinical and technical aspects. *Quintessence International*, 44(8), 557-566.
- Rosenstiel, S.F., Porter, S.S., Johnston, W.M. (1989). Color measurement of all ceramic crown Systems. *Journal of Oral Rehabilitation*, 16, 491-501.
- Ruiz, L., Readey, M.J. (1996). Effect of heat-treatment on grain size, phase assemblage, and mechanical properties of 3mol% Y-TZP. *Journal of the America Ceramic Society*, 79, 2331-40.
- Russell, M.D., Gulfraz, M., Moss, B.W. (2000). In vivo measurement of colour changes in natural teeth. *Journal of Oral Rehabilitation*, 27(9), 786-92.
- Russell, M.M., Andersson, M., Dahlmo, K., Razzoog, M.E. ve Lang, B.R. (1995). A new computer-assisted method for fabrication of crowns and fixed partial dentures. *Quintessence International*, 26(11), 757-63.
- Shah, K., Holloway, J.A., Denry, I.L. (2008). Effect of coloring with various metal oxides on the microstructure, color, and flexural strength of 3Y-TZP. 2008 wiley periodicals, *Journal Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 87, 329-337.
- Saldana, J.M., Ramirez, H., Viguera, D.J. (2003). Mechanical properties and low temperature aging of tetragonal zirconia polycrystals processed by hot isostatic pressing. *Journal of Materials Research*, 18, 10.
- Sarıdağ, S., Tak, O., Alnaçık, G. (2013). Basic properties and types of zirconia: an overview, *World Journal of Stomatology*, 2(40), 40–47.
- Sarıkaya, I., Güler, A.U. (2009). Diş hekimliği uygulamalarında renk kavramı. Türkiye Klinikleri, *Journal of Dental Science*, 15(2), 118-29.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sato, H., Ban, S., Nawa, M., Suehiro, Y., ve Nakanishi, H. (2007). Effect of grinding, sandblasting and heat treatment on the phase transformation of zirconia surface. *Key Engineering Materials*, 330-332, 1263-1266.
- Sato, T.S., Shimada, M. (1985). Transformation of yttria-doped tetragonal ZrO<sub>2</sub> polycrystals by annealing in water. *Journal of the America Ceramic Society*, 68, 356-359.
- Saygili, G., Sahmali, S. (2003). Effect of ceramic surface treatment on the shear bond strengths of two resin luting agents to all-ceramic materials. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30, 758-64.
- Scharer, P., Rinn, L.A., Kopp, F.R. (1982). Esthetic guidelines for restorative dentistry, *Quintessence Publishing Company Incorporated*, Chicago, 13-26.
- Seghi, R.R. (1990). Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. *Journal of Dental Research*, 69(5), 1180-3.
- Seghi, R.R., Johnston, W.M., O'Brien, W.J. (1986). Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 56, 35-40.
- Shimizu, K., Oka, M., Kumar, P., Kotoura, Y., Yamamuro, T., ve Makinouchi, K. (1993). Time-dependent changes in the mechanical properties of zirconia ceramic. *Journal of Biomedical Materials Research*, 27, 729-734.
- Shotwell, J.L., Johnston, W.M. ve Swartz, R.G. (1986). Color comparisons of denture teeth and shade guides. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 56(1), 31-34.
- Sjölin, R., NDH, A., Bergman, M. (1999). The Decim system for the production of dental restorations. *International Journal of Computerized Dentistry*, 2, 197-207.
- Smith, A.W., Cooper, J.N. (1964). Elements of physics. Tosho Printing, Tokyo, 405-419
- Son, H.J., Kim, W.C., Jun, S.H., Kim, Y.S., Ju, S.W., ve Ahn, J.S. (2010). Influence of dentin porcelain thickness on layered all-ceramic restoration color, *Journal of Dentistry*, 38, 71-77.
- Sproull, R.C. (2001). Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. 1973. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 86(5), 453-7.
- Stanford, C., Oates, T., Beirne, R. (2006). Zirconia as an implant and restorative biomaterial. *The International Journal of Oral Maxillofac Implants*, 21, 841-844.
- Stepheni, J. (2004). Porselen laminate veneerler bilim ve sanatı, 5. Bölüm Renk. Edition: Galip Gürel, Vol:1, *Quintessence*, İstanbul.
- Stockman, A., Sharpe, L.T. (1998). Human cone spectral sensitivities: a progress report. *Vision Research*, 38(21), 3193-206.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Strub, J.R., Rekow, E.D., Witkowski, S. (2006). Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *The Journal of the American Dental Association*, 137(9), 1289-1296.

Studart, A.R., Filser, F., Kocher, P., Gauckler, L.J. (2007). Fatigue of zirconia under cyclic loading in water and its implications for the design of dental bridges. *Dental Materials*, 23(1), 106-14.

Subbarao, E.C. (1981). Zirconia-an overview. In: Heuer A.H., Hobbs L.W., editors. Science and technology of zirconia. Columbus, OH: *The American Ceramic Society*, 1-24.

Suttor, D., Hauptmann, H., Schnagl, R., Frank, S. (2004). Coloring ceramics by way of ionic or complex-containing solutions, United States Patent, Patent No: US 6,709,694 B1, Date of Patent: Mar, 23.

Swab, J.J. (1991). Low temperature degradation of Y-TZP materials. *Journal of Materials Science*, 26, 6706-6714.

Şahin, E., Sarioğlu, B. (1983). Diş hekimliğinde ışık ve renk. *Hacettepe Diş Hekimliği Dergisi*, 2, 141-153.

Tabatabaian, F., Ehsan, M., Mahasti, S., Hassan, T., ve Mahshid, N. (2018). Effect of thickness of monolithic zirconia ceramic on final color. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 120, 257-62.

Takamura, K., Hayashi, K., Ishinishi, N., Yamada, T., ve Sugioka, Y. (1994). Evaluation of carcinogenicity and chronic toxicity associated with orthopedic implants in mice. *Journal of Biomedical Materials Research*, 28(5), 583-589.

Tanışan, B. (2018). Kamaralı ve döner fırınlarda siyahseramik pigment üretimi ve karakterizasyonu, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 128.

Tekin, Y.H. (2017). Zirkonya esaslı tam seramik ve metal destekli seramik kronların marjinal uyumlarının ve çiğneme simülatörü sonrası aşınma miktarlarının değerlendirilmesi, Uzmanlık Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Tokat, 21-23.

Tinschert, J., Natt, G., Mautsch, W., Augthun, M., ve Spiekermann, H. (2001). Fracture resistance of lithium disilicate-, alumina-, and zirconia- based three-unit fixed partial dentures: a laboratory study. *The International Journal of Prosthodontics*, 14, 231-238.

Touati, B., Miara, P., Nathanson, D. (1999). Esthetic dentistry and ceramic restorations. New York: Martin Dunitz, 139-161.

Tunçdemir A. (2008). Hızlandırılmış yaşlandırmadan sonra konvansiyonel kompozit ve fiberle güçlendirilmiş kompozit materyallerinin renk ve translusensi değişikliklerinin incelenmesi. Konya, Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı. Doktora Tezi.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

Tung, F.F., Goldstein, G.R., Jang, S., Hittelman, E. (2002). The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 88(6), 585-90.

Ubassy, G. (1995). Shape and color, the key to successful ceramic restorations. 17-30, 41-50, 109-115.

Vagkopoulou, T. (2009). Zirconia in dentistry: Part 1. Discovering the nature of an upcoming bioceramic. *The European Journal of Esthetic Dentistry*, 4(2), 130-151.

Van der Burgt, T.P., Ten Bosch, J.J., Borsboom, P.C., Plasschaert, A.J. (1985). A new method for matching tooth colors with color standards. *Journal of Dental Research*, 64(5), 837-41.

Venetskii, S. (1965). The "clothing" of uranium rods. *Metallurgist*, 9, 38-39.

Vert, M., Doi, Y., Hellwich, K.H., Hess, M., Hodge, P., Kubisa, P., ve Schue, F., (2012), Terminology for biorelated polymers and applications (IUPAC Recommendations 2012), *Pure and Applied Chemistry*, 84(2), 377–410.

VITA Product Brochure.

Vichi A., Louca C., Corciolani G., Ferrari M. (2011). Color related to ceramic and zirconia restorations: A review, *Dental Materials*, 27, 97-108.

Vleugels, J., Yuan, Z.X., Van der Biest, O. (2002). Mechanical properties of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-coated Y-TZP ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*, 22(6), 873–881.

Wall, J.G., Cipra, D.L. (1992). Alternative crown systems. *Dental Clinical of North America*, 36, 765-782.

Wang, H., Aboushelib, M.N., Feilzer, A.J. (2008). Strength influencing variables on CAD/CAM zirconia frameworks. *Dental Materials*, 24, 633–638.

Watts, A., Addy, M. (2001). Tooth dis colouration and staining: are view of the literature. *British Dental Journal*, 190(6), 309-16.

Wee, A.G., Monaghan, P., Johnston, W.M. (2002). Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *The Journal Prosthetic Dentistry*, 87(6), 657-666.

Wen, N., Yi, Y., Zhang, W., Liu, H., Shao, L., Deng, B., ve Tian, J. (2008). Study on dental colored zirconia restoration, *Key Engineering Materials*, 368-372, 1255-1257.

Winter, R. (1993). Visualizing the natural dentition. *International Journal of Esthetic Dentistry*, 5 (3), 102-117.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

Wozniak, W.T., Moser, J.B. (1981). How to improve shade matching in the dental operator. Council on Dental Materials, Instruments and Equipment. *The Journal of the American Dental Association*, 102, 209-210.

Yap, A.U., Sim, C.P., Loh, W.L., Teo, J.H. (1999). Human-Eye versus computerized color matching. *Operative Dentistry*, 24, 358-63.

Zaimoğlu, A., Can, G. (2004). Diş hekimliğinde maddeler bilgisi. 2nd edition. Ankara, *Ankara Üniversitesi Basım Evi*.

Zarone, F., Russo, S. ve Sorrentino, R. (2011). From porcelain-fused-to-metal to zirconia: Clinical and experimental considerations. *Dental Materials*, 27, 83–96.

ZENOTEC Products Brochure.

Zhu, Z.W., Zhang, X.B. (1999). Aging behavior of tetragonal zirconia polycrystal (TZP) ceramics in the temperature range of 200C to 350C in air. *Scripta Materialia*, 40(11), 1229-1233.

Zirkonzahn Product Brochure. <http://www.zirkonzahn.com>.

Zirkonzahn Working Instructions. [web page on the Internet], <http://www.zirkonzahn.com/en/download-section/instructions>.

Zühal, Ö. (2008). Nar kabuğu ile farklı mordanlar kullanarak yünlü kumaş boyama. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 38.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KÖK, Mesut  
Doğum tarihi ve yeri : 02/05/1993-Bursa  
e-mail : mstkk16@gmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	2020
Lisans	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	2017
Lise	Ertuğrulgazi Lisesi	2010

### İş Denevimi

<u>Yıl</u>	<u>Yer</u>	<u>Görev</u>
2017	Presimsan Hidrolik Makine Kalıp Yedek Parça S. Ve T. A.Ş.	Stajer
2017	Keramika	Stajer
2011	Jokerland	Satış Temsilcisi

### Yabancı Dil

İngilizce – Orta seviye

### Yayınlar

115M577 Alev Sprey Proliz Sistemi ile  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Tabanlı Lüster Pigment Üretimi ve Karakterizasyonu. (Araştırmacı)

Plaka Şekilli (Plate-Like)  $\alpha$ -Alümina ( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Toz Sentezi ve Karakterizasyonu (Bilimsel Araştırma Projesi) (Araştırmacı)

Lüster Pigment Üretimi ve Karakterizasyonu (Bilimsel Araştırma Projesi) (Araştırmacı)

Yaş Kimyasal Yöntemle  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Tabanlı Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Pigmentlerin Üretimi ve Karakterizasyonu (Bilimsel Araştırma Projesi) (Proje Çalışanı)

Dental Zirkonya Destekler İçin Özel Olarak Geliştirilen Renk Solüsyonlarının Üretimi ve Karakterizasyonu (Bilimsel Araştırma Projesi) (Proje Çalışanı)