



**CuO İÇEREN SIRLARDA
FİRİT BİLEŞİMİNİN RENK
ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

(Yüksek Lisans Tezi)

Ashhan HALİLOĞLU

Kütahya-2020

T.C.
KÜTAHYA DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
Birleşik Sanatlar Ana Sanat Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**CuO İÇEREN SIRLARDA FİRİT BİLEŞİMİNİN RENK
ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Danışman:
Doç. Dr. Keriman PEKKAN

Hazırlayan:
Aslıhan HALİLOĞLU

Kütahya-2020

Kabul ve Onay

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Birleşik Sanatlar Ana Sanat Dalında YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMA RAPORU olarak kabul edilmiştir.

Başkan..... (İmza)

Akademik Unvan , Adı-Soyadı

Üye..... (İmza)

Akademik Unvan , Adı-Soyadı

Üye..... (İmza)

Akademik Unvan , Adı-Soyadı

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

İmza

Prof. Dr. Şahmurat ARIK

Enstitü Müdürü

Bilimsel Etik Bildirimi

Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığım “CuO İçeren Sırlarda Firit Bileşiminin Renk Üzerindeki Etkisinin Araştırılması” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

22/10/2020

İmza

Aslıhan Haliloğlu

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler:

Adı Soyadı : Ashhan HALİLOĞLU
Doğum Tarihi : 19.04.1993
Öğrenim Durumu : Yüksek Lisans

Derece	Alan	Üniversite / Kurum	Yıl
Lise	Giyim Üretim Teknolojisi	Nevzat Ayaz Kız Teknik ve Meslek Lisesi	17.06.2011
Lisans	Seramik	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi	29.06.2016
Y. Lisans	Bileşik Sanatlar	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü	----

Yüksek Lisans Tez Başlığı ve Tez Danışmanı:

CuO İçeren Sırlarda Firit Bileşiminin Renk Üzerindeki Etkisinin Araştırılması, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kütahya, 2020.

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Keriman Pekkan

Geçmiş Mesleki Denevim

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Stajyer	Kayra Tekstil	2010-2011
Stajyer	Dostlar Çini Atölyesi	2016
Ücretli Öğretmen	Kütahya Küçük Şeyler Anaokulu	2018-2019

ESERLER

ULUSLARARASI BİLDİRİLER:

B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler:

- B1.** Gülaçtı N. , **Afacan A.**, “Farklı İnançlara Sahip Bazı Toplumlarda Din ve Sanat İlişkisi ve Dini İnançların Seramik Sanatına Etkileri” *XI. Uluslararası Türk Sanatı, Tarihi ve Folkloru Kongresi/Sanat Etkinlikleri*, 451-455, Konya, Mayıs 9-11, 2018 (Sözlü Sunum - Tam Metin).
- B2.** Pekkan K., **Afacan A.**, Taşçı E., “Çini Sırı ve Astarı İçin Pigment Üretimi ve Karakterizasyonu”, *3rd International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC'18)*, 420-425, Nevşehir, September 17-19, 2018 (Sözlü Sunum - Tam Metin).
- B3.** Pekkan K., **Afacan A.**, “Kolemanit ve Boraksın Sanatsal Etkili Akıcı Sır Üretimine Etkisi”, *4th International Conference on Material Science and Technology in Kızılcahamam (IMSTEC'19)*, 373-377 Ankara, October 18-20, 2019 (Sözlü Sunum - Tam Metin).
- B4.** Pekkan K., **Afacan A.**, “B₂O₃ ve PbO İçeren Farklı Firit Bileşimlerinin CuO İle Renklendirilen Çini Sırlarındaki Etkisinin Belirlenmesi”, *4th International Conference on Material Science and Technology in Kızılcahamam (IMSTEC'19)*, 373-377 Ankara, October 18-20, 2019 (Sözlü Sunum - Tam Metin).

ÖZET
CuO İÇEREN SIRLARDA FIRIT BİLEŞİMİNİN RENK ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Ashhan HALİLOĞLU

Yüksek Lisans Tezi, Birleşik Sanatlar Ana Sanat Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Keriman PEKKAN

Eylül, 2020, 80 sayfa

Çini; belirlenen bir reçete dâhilinde oluşturulan ve birleştirilen hammaddelerin şekillendirilerek belirli sıcaklıkta fırınlanmasıyla meydana gelen bünyenin sırlanıp pişirilmesi sonucunda elde edilen sanatsal seramik ürüne verilen addır. Seramik ürünlerde kolay temizlenebilme, hijyen sağlama, mukavemet, kalite ve estetik yönden destekleme amacıyla uygulanan, fırınlama esnasında bünyenin yüzeyini kaplayan camsı tabakaya sır denmektedir. Çini sırları genel olarak firit esaslı olarak üretilir. Firit seramik hammaddelerin belirli oranlarda tartılarak harmanlandıktan sonra eritilerek hızlı bir şekilde soğutulması sonucu üretilen cam yapılı yarı mamuldür. Seramik ürünler çeşitli yöntemlerle sırlanabilmekte ve metal oksitlerle renklendirilebilmektedir. Bakır oksit ilaveli oksitleyici atmosferde uygulanan alkalili bir sırda mavi ve tonları, kurşunlu bir sırda yeşilin her tonunu elde etmek mümkündür. Bu tez çalışmasında amaç, CuO'ın firit bileşiminde bulunan kurşun, bor veya alkaliye bağlı olarak firit esaslı çini sırlarındaki renk etkisinin araştırılmasıdır. Bu amaçla farklı ticari firitlerden geliştirilen çini sırları kullanılmıştır. Ayrıca bor oksit esaslı bir firit reçetesi laboratuvar şartlarında üretilerek reçete çalışmalarında denenmiştir. Geliştirilen firit esaslı kurşunlu, alkalili ve borlu sırlar çini bünyelere uygulanarak 920 °C de pişirilmiştir. Firit bileşimine bağlı olarak CuO' in sır içinde farklı renkler sergilediği tespit edilmiştir. Bakır oksit ilavesi alkalili ve borlu sırlarda mavi ve tonlarını, kurşunlu sırlarda ise yeşil ve tonlarını oluşturmuştur. Nihai sırların karakterizasyonu için L*a*b* renk analizi ve XRD (x-ışını difraktometresi) analizi yapılmıştır. Daha sonra, yüzey özellikleri açısından başarılı bulunan sırlar sanatsal çini duvar panolarında uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çini Sır, Firit, Bakır Oksit, Firit Bileşimi

ABSTRACT
INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FRIT COMPOSITION ON COLOR
OF CuO CONTAINING GLAZES

Ashhan HALILOĞLU

Master's Thesis, Department of Compound Arts

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Keriman PEKKAN

September, 2020, 80 pages

Traditional tile is the name given to the artistic ceramic product obtained as a result of firing the glazed body, which is formed by shaping and combining the raw materials created and combined within a specified recipe at a certain temperature. The glassy layer, which is applied onto ceramic products for easy cleaning, providing hygiene, supporting strength, quality and aesthetics, is called glaze and it covers the surface of the body during firing. Traditional tile glazes are generally produced as frit based. Frit is a semi-finished glass product produced as a result of ceramic raw materials being weighed in certain proportions and melted and then cooled quickly. Ceramic products can be glazed with various methods and colored with metal oxides. It is possible to obtain blue and shades in an alkaline glaze applied in an oxidizing atmosphere with copper oxide addition, and every shade of green in a leaded glaze. The aim of this thesis study is to investigate the color effect of CuO on the frit based traditional tile glaze according to the existence of the lead, boron or alkali in the frit composition. For this purpose, traditional tile glaze recipes developed from different commercial frits. Moreover, a boron oxide based frit recipe was produced under laboratory conditions and evaluated in recipe studies. The developed frit-based leaded, alkali and boron glazes were applied onto the tile bodies and fired at 920 C°. Depending on the composition of frit, CuO has been found to exhibit different colors in the glaze. L * a * b * color analysis and XRD (x-ray diffractometer) analysis were performed for characterization of the final glazes. After that, successful glazes in terms of surface properties are applied onto artistic traditional wall tile panels.

Keywords: Tile glaze, Frit, Copper Oxide, Frit Composition

Önsöz

Çalışmalarımın başından beri ve her aşamasında bilgi birikimiyle, donanımıyla, tecrübeleri, sabrı ve hoşgörüsüyle yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyerek bana yol gösteren, araştırmalarım süresince beni hassasiyet ve özveriyle sahiplenen, bana kattığı bütün güzellikler ve yıllarca verdiği emek ve destek için, danışman hocam Doç. Dr. Keriman Pekkan'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmalarım sırasında benden bilgilerini ve desteklerini eksik etmeyen Doç. Dr. Eda Taşçı'ya, paylaştığı tecrübe ve deneyimleri, bütün yardım ve destekleri için arkadaşım Yalçın Gün'e çok teşekkür ederim. Deneysel çalışmalarım sırasında sağlamış oldukları destekten dolayı Gizem Firit A.Ş ve Ferro Firit A.Ş' ne teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak tüm hayatım boyunca maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan bütün kararlarımda koşulsuz arkamda olduklarını hissettiğim, beni yetiştirip bugünlere getiren annem Neşe Afacan, babam Ayhan Afacan'a ve kardeşlerime emekleri, fedakârlıkları ve bana karşı olan sabırları için bütün kalbim ve içtenliğimle teşekkür ederim. Ayrıca hayatıma girdiği günden bu güne her konuda beni destekleyen, her adım ve zorlukta yanımda olan, azmi, çalışkanlığı ve başarılarıyla gıpta ettiğim sevgili eşim Burak Haliloğlu'na sonsuz teşekkürler.

Aslıhan HALİLOĞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
RESİMLER LİSTESİ.....	xii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

FİRİT VE FİRİT ÜRETİMİ

1.1. FİRİT TANIMI.....	4
1.2. FİRİT ÜRETİMİ.....	5
1.3. FİRİT KULLANIM ALANLARI.....	6

İKİNCİ BÖLÜM

ÇİNİ SIRLARI VE ÖZELLİKLERİ

2.1. FİRİTİN ÇİNİ SIRINDAKİ KULLANIMI.....	9
2.2. BİLEŞİMİNE GÖRE FİRİTLİ SIRLAR.....	9
2.3. SIR HAZIRLAMA.....	11
2.4. SIRLI PİŞİRİM.....	12

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

RENK KAVRAMI VE RENKLİ SIRLAR

3.1. RENGİN TANIMI.....	15
3.2. RENK OLUŞUM MEKANİZMASI.....	17
3.3. RENGİN ÖLÇÜMÜ.....	17
3.4. RENKLENDİRİCİ METAL OKSİTLER.....	19

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BAKIR OKSİTİN SIRDAKİ ETKİLERİ

4.1. BAKIR OKSİT.....	23
4.2. BİLEŞİMİNE GÖRE BAKIR OKSİTLİ SIRLAR.....	23
4.3. FIRIN ATMOSFERİNE GÖRE BAKIR OKSİTLİ SIRLAR.....	24

İÇİNDEKİLER (Devam)**Sayfa****BEŞİNCİ BÖLÜM
DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

5.1. YÖNTEM.....	26
5.1.1. Model Tasarımı ve Çini Bünyelerin Hazırlanması.....	26
5.1.2. Çini Sırlarının Hazırlanması ve Pişirimi.....	28
5.1.2.1. Çalışmada Geliştirilen Reçeteler.....	31
5.1.3. Sırların Karakterizasyonu.....	35
5.2. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	35
5.2.1. Kurşunlu Sırlarda CuO Etkisi.....	35
5.2.2. Kurşunsuz Sırlarda CuO Etkisi.....	43
5.3. ÇİNİ UYGULAMALARI.....	53
GENEL SONUÇLAR.....	59
KAYNAKÇA.....	61

TABLULAR LİSTESİ**Sayfa**

Tablo 1:	Renklerin dalga boyu ve titreşim değerleri.....	16
Tablo 2:	Kullanılan firitlerin kimyasal analizleri.....	28
Tablo 3:	Firitlerin ısı mikroskobu analizi sonuçları.....	29
Tablo 4:	Ağırlıkça (%) sır bileşimi.....	29
Tablo 5:	A kodlu kurşunlu firitle hazırlanan sır reçeteleri.....	33
Tablo 6:	B kodlu kurşunsuz firitle hazırlanan sır reçeteleri.....	34
Tablo 7:	Bakır oksit ilaveli örnek reçete bileşimi ve kodları (AB1 reçetesi)..	34
Tablo 8:	A1 sisteminde yer alan sırların L*a*b* renk analizi sonuçları.....	36
Tablo 9:	A2 sisteminde yer alan sırların L*a*b* renk analizi sonuçları.....	39
Tablo 10:	A3 sisteminde yer alan sırların L*a*b* renk analizi sonuçları.....	42
Tablo 11:	B1 sisteminde yer alan sırların L*a*b* renk analizi sonuçları.....	45
Tablo 12:	B2 sisteminde yer alan sırların L*a*b* renk analizi sonuçları.....	49
Tablo 13:	B3 sisteminde yer alan sırların L*a*b* renk analizi sonuçları.....	51

ŞEKİLLER LİSTESİ**Sayfa**

Şekil 1:	Firit üretimi akış şeması.....	6
Şekil 2:	Yarı geçirgen yapılı malzeme ile ışık demeti arasında oluşan etkileşimler.....	15
Şekil 3:	Elektromanyetik ışık tayfı çizelgesi ve ışığın dalga boyu boyut örneklemeşi.....	16
Şekil 4:	Munsel renk sistemi.....	18
Şekil 5:	CIELAB 1976 renk evren modeli.....	19
Şekil 6:	Sırların uygulanacağı bünyelerin dijital tasarımları.....	26
Şekil 7:	Sistemlerden seçilen sırların XRD analizi sonuçları.....	52



RESİMLER LİSTESİ

Sayfa

Resim 1:	Plakaların şekillendirilmesi.....	27
Resim 2:	Tasarımı yapılan modellerin kalıpları.....	27
Resim 3:	E kodlu firitin laboratuvar ortamında üretim aşaması.....	29
Resim 4:	Firitlerin uygulama ve fırınlama aşamasının görselleri.....	30
Resim 5:	A,B,C,D ve E firitlerden hazırlanan CuO içermeyen (a), % 3 CuO (b) ve %10 CuO (c) ilaveli sırların pişirim sonrası yüzey görünümleri.....	31
Resim 6:	A1 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümleri.....	35
Resim 7:	A2 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümleri.....	38
Resim 8:	A3 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümleri.....	41
Resim 9:	B1 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümleri.....	44
Resim 10:	B2 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümleri.....	47
Resim 11:	B3 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümleri.....	50
Resim 12:	AB9-C10 sırnın 20x20 boyutundaki duvar panosu uygulaması.....	53
Resim 13:	AC9-C10 sırnın 20x20 boyutundaki duvar panosu uygulaması.....	54
Resim 14:	AD9-C10 sırnın 20x20 boyutundaki duvar panosu uygulaması.....	55
Resim 15:	BC1-C10 sırnın 20x20 boyutundaki duvar panosu uygulaması.....	56
Resim 16:	BD1-C10 sırnın 20x20 boyutundaki duvar panosu uygulaması.....	57



TEZ METNÍ

GİRİŞ

Çini; hammaddelerin belirlenen miktarlarda karıştırılmasıyla meydana gelen çamurun şekillendirilerek astarlanması ve ilk pişirimin ardından üzerine desen işlenmesi ve sırlanarak ikinci pişirime girmesi sonucu ortaya çıkan üründür (Yılmaz, 2011: 4,5). Firit; öğütülerek toz haline getirilen seramik hammaddelerinin belirli bir reçeteye göre ayarlanarak karıştırılması daha sonra eritilmesi ve eritilen bu karışımın hızla soğutulması sonucu meydana gelen cam yapılı yarı mamuldür (Özenoğlu, 2013: 38). Sır; seramik bir bünyeye, düzgün bir yüzey kazandırmak, geçirgensiz duruma getirmek, mukavemet sağlamak gibi amaçlar için uygulanan, kuvars, firit gibi hammaddelerin belirli tane boyutuna ulaşınca dek karıştırılması sonucunda ortaya çıkan bileşime verilen addır (Yılmaz, 2011: 33). Belirlenen bir reçeteye göre hazırlanarak oluşturulan çininin sırlanmasında genellikle şeffaf sır kullanılmaktadır ve yaklaşık 850-900 °C ısılarında pişirilmektedir. Çini karo üretiminde dekor ve renk etkisini ön plana çıkarmak için çoğunlukla şeffaf firitlerden üretilen sırlar kullanılmaktadır. (Pekkan, vd, 2015: 250; Pekkan, vd., 2017: 21; Gün, 2018: 1). Sırlara, içerdiği kurşun ve alkalilere göre kurşunlu, alkalili ve kurşun alkalili sır gibi isimler verilmektedir. Sır hazırlanırken zehirli ergitici oksitler suda yüksek miktarlarda çözünürler bu nedenle camlaştırma işlemi olan firitleştirme yapılmaktadır. Sonrasında uygulanacak bünyenin sır pişirim sıcaklığı da göz önünde bulundurularak firitleştirilen formüle gerekli ilaveler yapılır ve öğütülür (Güler, 2014: 46). Sırları renklendirmek için çoğunlukla renk sağlayan oksitler ya da bu oksitlerden özel olarak hazırlanan boyalardan yararlanılmaktadır (Arcasoy, 1983: 189). Çözünmez durumdaki kristal yapıya sahip renkli pigmentlerin matris kompozisyonunda dağılması camsı matris dâhilinde renk elde etme yöntemidir. Bir sırlın renk kazanması için kristal pigmentin rengi dağılarak transparan matrise geçer (Taşçı, vd., 2014: 213).

Antik çağlardan itibaren sırlarda yeşil ve mavi renk tonları elde edebilmek için bakır oksit kullanılmaktadır. Bakır oksidin en geniş kaynağı $CuCO_3$ formülünde, yeşilin açık tonlarındaki bakır karbonat ve siyah renkte, CuO formüllü bakır oksittir. Pişirim sırasında sırlarda oldukça güçlü çözünürlük sağlamaktadır. Alkalili sırda bakır oksit katkısı ile mavi ve tonları üretilirken, kurşunlu sırlarda kullanılmasıyla yeşil ve tonları elde edilir. Ayrıca turkuaz renklerin ortaya çıkması için bakır oksit tercih edilmektedir. Yüksek oranda ilave edilmesiyle aventurin ve metalik sırları meydana getirir. İndirgeme

ile yapılan sırlı pişirimlerde ise Çin kırmızısı diğer adıyla öküz kanı adı verilen sırlar elde edilir (Kayalıoğlu, 2016: 22).





BİRİNCİ BÖLÜM
FİRİT VE FİRİT ÜRETİM

1.1.Firit Tanımı

Belirli bir reçeteye göre hazırlanarak öğütülen seramik hammaddeleri, 1400 °C ve üzeri sıcaklıklarda özel firit fırınlarında eritilmesi ve bu eriyiğin aniden suya boşaltılarak soğutulmasıyla meydana gelen ara mamüle firit denir. (Güvenç, 2017: 3; Genç, 2013: 26). Firitin sırlarda kullanımındaki asıl amaç düşük sıcaklık sınırlarındaki bileşenleri çözünmez hale getirmektir (Sacmi, 2005: 143). Suda çözünebilen nitratlar, boratlar ve alkali karbonatlar gibi maddeler, firiti oluşturan diğer hammaddelerle birleştirilip ergitildiğinde çözünmeyen bir cam meydana getirilir. Firitleştirilmenin diğer amaçları;

- Firitleştirme, sır hazırlarken direk olarak temasın zararlı olduğu zehirli hammaddelerin bahsedilen zararlarını yok etmektedir.
- Kimyasal olarak aktifliği daha azdır. Bunun sebebi reaksiyonlar ve ayrışmanın ısıl süreçlerinin tamamlanmış olmasıdır. Böylelikle firit kullanılarak sır altı renklerinde ve bünyede sorunlar en aza indirilir.
- Firit sır yığınının temelini oluşturmaktadır ve denk geldiği hammadde miktarından daha az yer kaplar.
- Hammaddeler boyut, yoğunluk ve sertlik gibi özellikler bakımından farklıdırlar ve bu farklılıklar nedeniyle yığında ayrışma (segregasyon) oluşur. Firitleştirme bu gibi eğilimlerin önüne geçerek homojenlik sağlar ve sıranın renkleri daha güzel ve parlak çıkar.
- Sır firitleştirilerek daha ince bir tabaka olarak uygulanır ve böylece bünyenin şekline daha iyi uyum sağlar.
- Ön ergime ile sır içerisindeki gazların oluşturduğu gözeneklerin giderilme problemleri ortadan kalkar (Pekkan, 2009: 4).

Firitlerin sır malzemesi olarak kullanılması için öğütülerek belirli tane boyutuna getirilmesi gerekmektedir. Genellikle düşük sıcaklıkta pişirilen sıranın % 70-90'ı firitten oluşmaktadır. Çini teknolojik özelliği ve üretim prosesini, kullanılan firit direk olarak etkilemektedir.

Firit kompozisyonları farklı miktarda oksitlerden hazırlanır ve bir firit reçetesi sırdan istenen estetik ve teknik özelliklere göre oluşturulmaktadır. Aranılan nihai sır özelliklerini elde etmek için sır bileşim mikroyapı ve özelliklerinin dengesinin

kurulması ve bileşimlerin bu dengeye göre tasarlanması oldukça önemlidir (Yılmaz, 2011: 28).

Termodinamik yönden kararsız cam türevi bu malzeme 1200 °C ısılarında ve daha düşük sıcaklıklarda pişirilen mamulleri sırlamak için kullanılmaktadır. Firit oranının artışı ısı düşüşüne bağlıdır. Yüksek sıcaklıklarda pişirilen porselen gibi ürünlerde kullanılan sırlarda firitin bulunmasına gerek yoktur. Uygun oranlarda birleşen magnezit, feldispat, kalsit, kaolin, dolomit ve kuvars gibi hammaddelerle bu sıcaklıklarda istenen özelliklere sahip sırları elde etmekte mümkündür (Karaca, 2014: 1).

Bilinen geleneksel sırlara göre cam-seramik sırları kullanılacak bünyeyi iyi kaplayabilme, yüksek yumuşama noktası, aşınma ve kimyasallara karşı güçlü dayanım ve düşük ısıl genleşme katsayısı gibi özelliklerin yardımıyla seçkin ve yeni sistemler seçeneği olmuştur. Bu şekil sistemlerde amaç ısıl işlem etkenlerini ve belirlenen cam bileşimini göz önünde bulundurarak camın yüzey kristallenmesini sinterlenmiş seramik ürünlerde kullanabilmek, dayanıklılık, sertlik ve kırılma tokluğu, çizilmeye karşı gösterdiği direnç ve istenen opaklığı seramik bünyeye kazandırabilmektir. Bu amaçlar doğrultusunda yüksek kristalleşme sergileyen firitler geliştirilmelidir (Karaveli, Karasu ve Önal, 2007: 809)

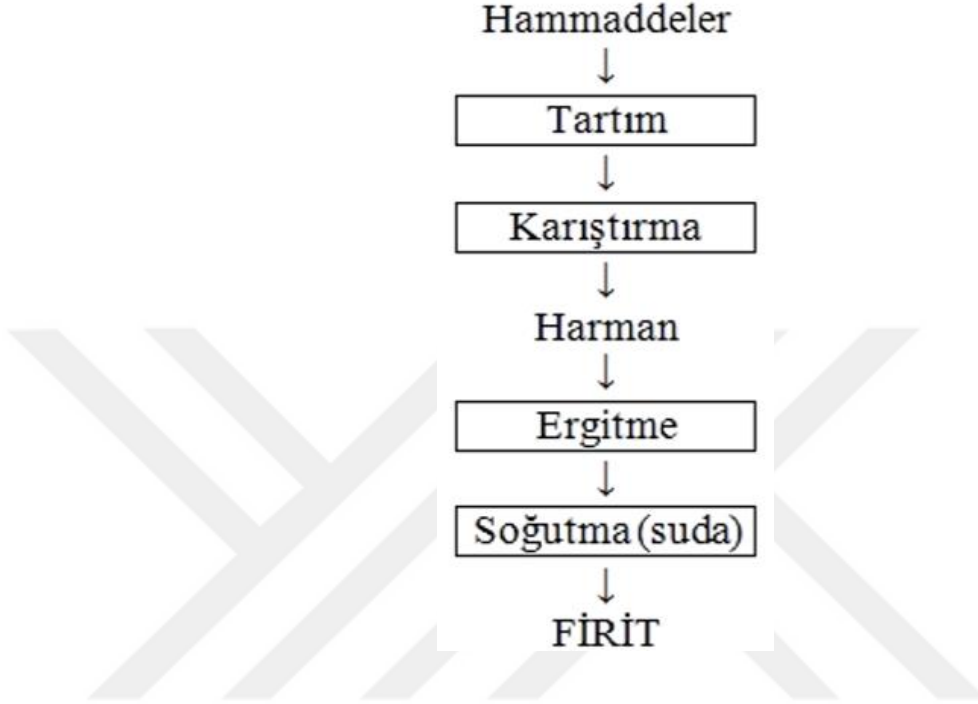
1.2. Firit Üretimi

Firit üretiminde kullanılan hammaddeler, matlaştırıcılar, refrakterler, renklendiriciler ve akışkanlar olarak dört gruba ayrılırlar. Refrakterler, kuvars, kil ve feldispat gibi malzemelerden oluşmaktadır. Firitin gövdesini meydana getirirler ve genellikle asidiktirler. Yapısal olarak basit olan flukslar asitli refrakterlerle reaksiyona girerek camı meydana getirirler. Bu malzemeler ise kriyolit, boraks, soda külü, fluorspar ve potasyum hidrat olarak sayılabilir (Güvenç, 2017: 4).

İşletmelerde büyük oranlarda kullanılan firitlerin üretimi genel olarak fabrikalarda bulunan firit fırınlarında yapılmaktadır. Firmalar firit üretiminde tercih ettiği hammaddeleri tedarikçilerden temin etmektedir. Belirlenen hammaddeler öğütülerek toz haline getirilir ve tartımı yapılır. Firit üretimi akış şeması Şekil 1'de verilmiştir. Tartılan hammaddeler homojen duruma gelene kadar karıştırılır. Hazırlanan bu karışım firit fırınında belirli bir sıcaklığa yükseltılarak tamamıyla ergimesi beklenir. Su içerisine dökerek soğutulabilen eriyiği, silindir aralarına döküp soğutmakta

mümkündür. Birçok sıran hazırlanmasında kullanılan firit bu aşamalardan geçerek meydana gelmektedir (Gün, 2018: 9).

Şekil 1: Firit üretimi akış şeması.



Kaynak: Kaya, 2010: 21

1.3. Firitin Kullanım Alanları

Sıra hammaddesi firit, elektronik bileşenler ve dekoratif seramik üretimi sürecinde kaplayıcı, cam-metal ve seramik-metal atıklarında yapıştırıcı ve özel bir aşındırıcı bağlayıcı görevinde kullanılmaktadır (Pekkan, 2009: 5).

Firit, duvar ve yer karosu sektöründe daha çok tercih edilmektedir. Firit kullanmayı tercih etmenin yüksek sır olgunlaşma sıcaklığını düşürmek, homojen sır elde etmek ve kimyasal tepkimelerin çabuklaşmasını sağlamak gibi avantajları vardır. Duvar karosu üretiminde % 90-95'i firit içerikli sır kullanılmaktadır. Bu oranda firit kullanmadaki en önemli faktör pişirim sıcaklığını düşürmesidir. Yeterli oranda boya ve kaolin eklenerek oluşturulan sır reçetesi değirmende öğütülür ve öğütülen bu sır bisküvi üzerine uygulanır. 35-40 dakika gibi kısa bir sürede firitli sır hızlı pişirim fırınlarında pişirilerek homojen sırlı bir ürün elde edilir (Karaca, 2014: 1).

En önemli firit kullanım alanlarından biri de çinidir. Yapılan kazılarda 12. yüzyıl Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde firit kullanılan çini bünyelerine rastlanmıştır. Günümüzde gerçekleştirilen analizlerde Anadolu Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde kullanılan sırlar tespit edilmiştir. Yapılan analizler doğrultusunda Osmanlı döneminde kullanılan sırların kurşunlu sırlar olduğu ortaya konmuştur. Kurşunlu sırların zehirli ve dayanıksız olması sebebiyle günümüz sırlarında tercih edilmemektedir. Fakat firitleştirme işlemiyle tekrar kullanılabilir duruma getirilmiştir. Şeffaf firit ile hazırlanmış sırlar günümüz çinilerinde genel olarak sır altı dekorunun daha iyi vurgulanması amacıyla kullanılmaktadır (Gün, 2018: 10).





İKİNCİ BÖLÜM
ÇİNİ SİRLARI VE ÖZELLİKLERİ

2.1. Firitin Çini Sırındaki Kullanımı

Çağdaş seramik sanatında kullanılan seramik sırları, çömlekçilikte üretilen gözenekli ürünleri su geçirmez duruma getirmek amacıyla hazırlanan bir çeşit camdır. Uygulandığı hamurdan daha düşük sıcaklıklarda eriyen bu camlar üzerine uygulandığı çeşitli bünyelere düzlük, sertlik, renk, estetik, canlılık ve parlaklık gibi özellikler kazandırır (Koyun, 2013: 52). Uygulandığı bünye ile kimya ve fiziki bakımdan birbirine uyum sağlıyor olması seramik sırlarında aranan en önemli özelliktir. Seramik hamurunun yüzeyini kavrama ve çatlama gibi hatalar olmadan kaplayabilen sır kaliteli sır olarak nitelendirilir (Doğanay, 2010: 183).

Yapılan araştırmalara göre düşük sıcaklık sırları olarak adlandırılan sırlar 900-950 °C arası sıcaklıklarda olgunlaşma sağlayan sırlardır. Yüksek sıcaklık sırları ise 1200-1300 °C arası sıcaklıklarda olgunlaşan sırlardır. Sırın kimyasal kompozisyonu pişirim sıcaklığını etkilemektedir. Bu gibi sırlar çoğunlukla az miktarda alümina, pigment ve silika gibi düşük sıcaklık ergiticileri içermektedir. Firit yüksek sıcaklıklarda olgunlaşan sırın daha düşük sıcaklıklarda gelişmesini sağlamak için kullanılmaktadır. Bu yardımcı ürün çini sıırı üretiminde % 90-95 gibi yüksek miktarlarda kullanılmaktadır (Gün, vd., 2017: 44)

2.2. Bileşimine Göre Firitli Sırlar

Firit içerdiği hammadde miktarına göre borlu, alkalili, alkali borlu ve kurşunlu gibi isimler alır ve seramik ürünlerde benzer amaçlar için kullanılırlar (Yarol, 2008: 25). Sırların kimyasal sınıflandırması ham ve firitli sırlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Bu sırların sınıflandırması aşağıda sunulmuştur: (Dewar, 2002: 6).

A. Ham Sırlar.

I. Kurşun içeren.

- a. İçerisinde alümina bulundurmeyen
 1. Yalnızca kurşun içerikli
 2. Diğer bazlarla
- b. İçerisinde alümina ve çeşitli bazlar bulunduran
 1. İçerisinde 0.5 mol oranında veya daha fazla kurşun bulunduran
 2. İçerisinde 0,5 mol oranından daha düşük kurşun bulunduran

3. Bor oksit içeren (firtsiz)

4. Alkali içermeyip, borik oksit içeren (firtsiz)

II., Kurşunsuz ve çeşitli bazlarla birlikte alümina içeren.

a. İçerisinde alkali toprak içeren, fakat alkali olmayan

b. İçerisinde alkaliler ve alkali topraklar bulunduran

1. Doğal kil kaynakları

2. Sentetik mineral karışımları

c. İçerisinde alkaliler, alkali topraklar ve çinko oksit bulunduran

d. Bor oksit içeren

e. Tuz sırları

B. Firitli Sırlar.

I. Diğer bazlara ek olarak kurşun içeren.

a. Alümina veya borik oksit içermeyen

b. Alümina ve borik oksit içeren

1. Alkali içermeyen

2. Alkali içeren

II. Kurşunsuz.

a. İçerisinde bor oksit bulundurmeyen

b. İçerisinde bor oksit bulunduran

1. Alkaliler, mevcut olan tek bazlar

2. Çinko olan veya olmayan alkaline topraklar

c. İçerisinde önemli miktarda baryum bulunduran (Dewar, 2002: 6)

Alkali oksitler sırlarda, diğer akışkanlaştırıcılara göre daha baskındır. Alkaliler genel olarak yüksek ısıl genleşmeli, düşük ergime sıcaklığına sahip ve yumuşak yapıdadırlar. Metal oksitlerin renk oluşumunda pozitif rol oynar ve yüksek parlaklığa sahiptir (Yılmaz, 2011: 38).

Bor oksit, sır üretiminde tercih edilen bütün hammaddeler için yüksek ergiticiliğe sahiptir. Firitli sırlarda genleşme katsayısını ve viskoziteyi düşürür. Cam yapıcılık bakımından silika olarak da tercih edilebilen tek oksittir. Sırın parlaklığını artırır ve fazla miktarlarda kullanılması örtücü beyazlık oluşturur. Bahsi geçen bu örtücülük CaO ve ZnO ile "Bor tülü" denen ve çok rastlanan beyazlığa sahiptir. Bor oksit ve tuzları suda çözümlerinden dolayı her zaman firtleştirilerek kullanılmaktadır.

Firit üretiminde, borik asit ($H_3B_3O_3$), kolemanit ($Ca_2B_6O_{11.5}H_2O$), üleksit ($NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$) ve boraks ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) kullanılan başlıca bor bileşikleridir (Kula, 2003: 18).

Kurşun oksit, fritli sır üretiminde ilk olarak maliyet bakımından düşük olması gibi birçok açıdan en çok tercih edilen ergiticilerden biridir. Kurşun oksitin çok kuvvetli bir ergitici oluşu, kırınım indisinin yüksekliği sebebiyle frit ilaveli sırlarda oldukça parlak bir etki sağlar. Sırın yoğunluğunu artırır. Kurşun oksit yiyecek ve içecek seramik ürünlerinde kullanılmaz bunun sebebi seyreltilmiş asetik asit ve sıcak suda kurşun oksit içerikli sırların çözünmelerinin sağlık açısından zararlı oluşudur. Sıcaklığın artmasıyla kurşun buharlaşır ve solunum yoluyla vücuda nüfus edebilir. Ayrıca toksiktir (Sümer, 2005: 256).

2.3. Sır Hazırlama

Seramik çamurunun üzerine eriyen ve çamuru ince bir katmanla kaplayan cam ya da camsı oluşumlara “sır” adı verilmektedir. Sırların ergime sıcaklıkları üzerine uygulandığı çamurdan daha düşük olmalıdır. Sırın bünye üzerindeki en önemli görevleri; uygulandığı çamuru sıvı ve gazlara karşı korumak, bünye yüzeyinde kaygan ve parlak bir katman oluşturmak, sırın altındaki dekoru dış etkenlere karşı korumak ve yalıtım, bünyenin dış etkenlere karşı koyma verimini arttırmak ve çamur üzerinde örtücülük sağlamaktır (Arcasoy 1983: 162).

Seramik sırlarında kullanılan temel hammaddeler kaolin, dolomit, mermer, kuvars, suda çözünen maddeler (soda, potasyum karbonat, borax vb.) ve feldspatlardır (Çetin 2005: 3). Sırları meydana getiren malzemeler üç gruba ayrılır: bunlar sırlarda ergime sağlayan ergiticiler, cam oluşumu sağlayan asidik oksitler, gövdeyi meydana getiren amfoterik malzemelerdir. Yalnızca birtakım sır formülü dışında sırların geneli her grubun malzemeleri veya karışımı ile hazırlanabilir ve çoğu sır reçetesi incelendiğinde içerik olarak bu malzemelerden oluştuğuna rastlanır (Cooper, 2011: 13).

Sır hazırlama ilk olarak reçetede belirlenen bileşimlerin istenen ağırlıkça tartılmasıyla başlar. Tartım işleminin ardından hammaddeler su ve eklenen yardımcılarla beraber bilyalı değirmenlere aktarılır. (Çetin, 2005: 12). Tartımdan sonraki sır hazırlama aşaması ise öğütme işlemidir. Öğütme yapmaktaki amaç seçilen maddelerin mümkün olduğu kadar küçük taneler haline gelmesini sağlamaktır. Böylece

olası en iri yüzey alanı oluşur ve pişirim sürecinde parçacıklar arasındaki tepkime kolaylaşır. Yapılan bu işlem sır bileşenleri ile beraber safsızlıklarında parçacık boyutunu azaltır ve böylece hataya sebep olan ihtimaller azalır.

Öğütme işlemi bazen iki etaptan oluşur. Öğütülürken ilk önce sert maddeler sonrasında ise yumuşak ve az oranda katılacak olanlar eklenerek son öğütme gerçekleşir. Öğütülmüş bir sırın uygun cihazlar yardımıyla tane boyut dağılımı belirlenir (Gönül, 2005: 8).

Bir sırın bileşimi, tane büyüklüğü dağılımı ve pişme sıcaklığına bağlı olarak erime davranışlarında farklılıklar gösterir. Hazırlanan sırın tane boyu dağılımı, mikro yapı, yüzey oluşumu ve kabarcık dağılımını direk olarak etkiler genel olarak tane büyüklüğü 50 μ m'dan küçük boyutlara düşürülür ancak 10 μ m'dan daha küçük boyutlara düşürülürse reolojik özellikler büyük ölçüde olumsuz etkilenir. Bu durum kuruma çatlağı ve sırın akışkanlığının kötüleşmesi gibi pişirim olumsuzlukları meydana getirir ve pişirim sırasında sır toplanmasına yol açar. Öğütme yaparken önem verilmesi gereken bir diğer nokta ise sıra kirlilik karışmamasıdır. Özellikle firitli sırlar bilyaların aşınması ve değirmen astarından kaynaklanan kirlenmelere karşı fazlasıyla hasastır (Çetin, 2005: 12-13).

2.4. Sırlı Pişirim

Seramik ürün sırlanarak kurumaya bırakılır ve sonrasında pişirme işlemi gerçekleştirilir. Pişirme işlemi sırasında uygulanan sırın görevi sadece ergimek değildir. Bu sır tüm yüzeyi eşit olacak şekilde kaplamalı ve ısının da etkisiyle sır bileşiminden ayrılan bütün gaz kabarcıklarının da yok olmasını sağlamalıdır. Akıcılığı yüksek sırlar seramikçiler için büyük sorunlar yaratabilir. Çünkü bu tarz sırlarda fazla akan sırın refrakterlere ve diğer fırın aksesuarlarına eriyerek bulaşması ve yapışması gibi bir takım riskler barındırır. Tam tersi yeterince akıcılığı olmayan sırlarda ise kabuklanma ve kavlama gibi sır hataları meydana gelebilir.

Bir sırda eriyebilirlik çok önemli bir parametredir. Sırdaki amaç, olabildiğince düşük ısılarda olgunlaşan ve kılcal sır çatlama gibi hatalara karşı dayanımı yüksek olan bir sır elde edebilmektir. Uygulanan sırın genleşme kat sayısı ve tercih edilen bünyenin esnekliği de belli bir noktaya kadar uygulanabilecek sırın türünü belirler. Sırın içerisine katılan alkali oksit oranının artırılması sırın pişirim derecesini büyük ölçüde

düşürür. Fakat alkali oksitler genleşme kat sayısını yükselterek kılcal çatlama oluşma olasılığını arttırır (Singer & German, 1971: 41-43).





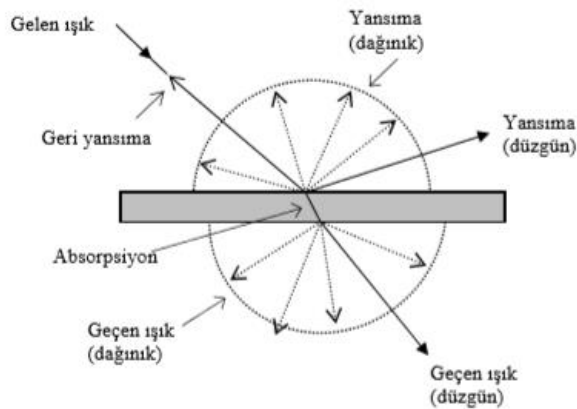
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
RENK KAVRAMI VE RENKLİ SIRLAR

3.1. Rengin Tanımı

Renk ışık yoluyla oluşan fiziksel bir olaydır. Öncelikle rengin meydana gelişini anlayabilmek için ışığı tanımlamak gerekir. Işık foton denilen elektromanyetik enerji (radyasyon) oluşturan küçük parçacıklardan meydana gelmektedir. Fotonlarında bütün parçacıklar gibi frekans ve dalga boyları vardır. Bir engelle karşılaşmayan fotonlardan oluşan bir ışık demeti düz istikamette sapmaya uğramadan yayılır. Bir nesneye çarpan fotonlar nesnenin geçirgen olup olmamasına bağlı olarak kırılır ya da yansır. Malzemenin renksiz veya renkli görünmesi bu olaylar sonucunda oluşur (Tanışan, 2008: 5). Beyaz ve siyah renk bütün renklerin birleşmesiyle oluşmaktadır ve aslında bu renksizliktir. Nesnelere, yüzeyine düşen ışınların bir bölümünü emer ve diğer bölümünü yansıtırlar. Rengi siyah olan nesnelere ışığı en fazla emer ve beyaz olan nesnelere ise en fazla yansıtan nesnelere (Erbaş, 1996: 3).

Cam ve geçirgenliği cam gibi olan bir ortamdan geçen ışığın bir bölümü emilir, bir bölümü renkten renge geçer ve bir bölümü yüzeyi yansıtarak dağılır. Yüzeyden yansıyan ışık ışını gelen ışınla aynı açıda olmaktadır. Işın pürüzlü bir yüzeye düşüyorsa saçılır veya dağılır (Şekil 2). Bütün ışının yüzey tabakasından geldiği tek yansıma metalik yansımadır. Katılarda yüzeyin altına sızan ışık saçılarak yansır ama bu olay anında bir kısım ışık tayfı emilir ve artık bu ışın renkli görünür (Ünlütürk, 2005: 3).

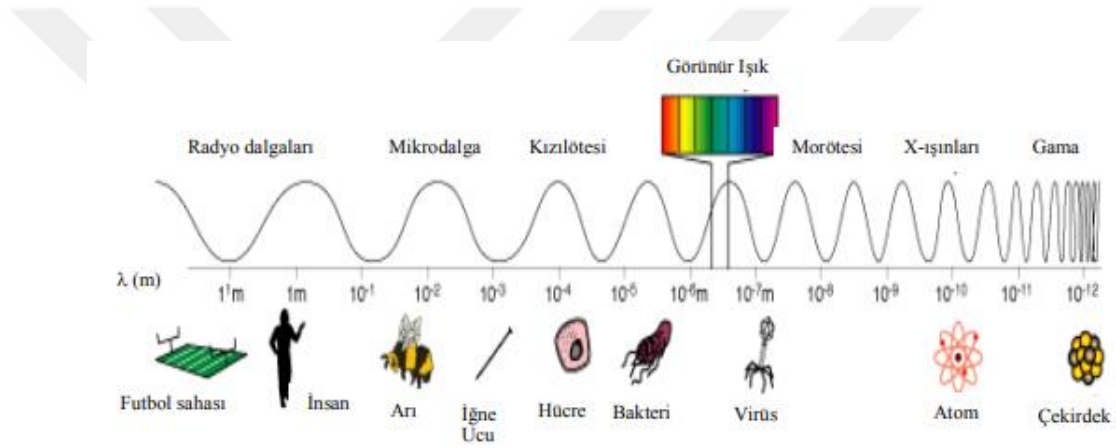
Şekil 2: Yarı geçirgen yapılı malzeme ile ışık demeti arasında oluşan etkileşimler.



Kaynak: Tanışan, 2008: 5

Elektromanyetik tayfın görünen kısmına (400-700 nm) oranla daha dar dalga boylarının emilimiyle renk oluşumu meydana gelmektedir. Elektromanyetik ışık tayfı ve ışığın dalga boyu örneklemesi Şekil 3'te verilmiştir. Beyaz bir ışık ışını renk tayflarının bütünüdür. Emilen bir dalga boyundan kalan diğer dalga boyları geçerek insan gözünün görebileceği dalga boylarını oluşturur. Renklerin dalga boyu ve titreşim değerleri Tablo 1'de sunulmuştur. Emilen rengin tamamlayıcı rengi görünür renk olarak bilinmektedir (Ünlütürk, 2005: 5).

Şekil 3: Elektromanyetik ışık tayfı çizelgesi ve ışığın dalga boyu örneklemesi.



Kaynak: Çelik, 2011: 5

Tablo 1: Renklerin dalga boyu ve titreşim değerleri.

Renk	Dalga boyu	Saniyedeki Titreşim Sayısı
Kırmızı	720-610	400-470 milyar
Turuncu	610-590	470-520 milyar
Sarı	590-570	520-590 milyar
Yeşil	550-510	590-650 milyar
Mavi	480-450	650-700 milyar
Çivit Mavi	450-430	700-760 milyar
Mor	430-380	760-800 milyar

Kaynak: Taşkın, 2012: 28

3.2. Renk Oluşum Mekanizması

Çağdaş bilim rengin elektromanyetik dalgalardan oluştuğu açıklamasını yapmış ve “Renk, ışığın kendi öz yapısına ve nesnelere üzerindeki yayılımına bağlı olarak göz üzerinde yaptığı etki” olarak tanımlamıştır (Erbaş, 1996: 2-3). Renk oluşumunda; titreşimler ve basit uyarımlar, moleküler orbitaller arası geçiş, lingat alan etkilerini içeren geçişler, geometrik ve fiziksel optik özellikler ve enerji bantları renk oluşum mekanizmalarıdır (Tanışan, 2008: 11).

Malzemelerde rengin meydana gelişine etki eden birçok sebep bulunmaktadır. Rengin meydana gelişini, ışık sağlayacak bir kaynak, ışığı alacak bir nesne ve nesnenin rengini almayı sağlayacak bir sistem olarak üç olay örgüsü gerektirir. Aynı sistem dâhilinde üç ayrı oluşumun bir diğerini izlemesiyle renk oluşmaktadır. Göz, bu sistemde beyin ile ışık arasındaki bağı oluşturan bir araçtır (Erbaş, 1996: 2-3). Seramik yüzey rengini tanımlamak için ise belirli bir kaynak ve yine belirli bir tespit metodu gerektirmektedir (Ünlütürk, 2005: 3).

3.3. Rengin Ölçümü

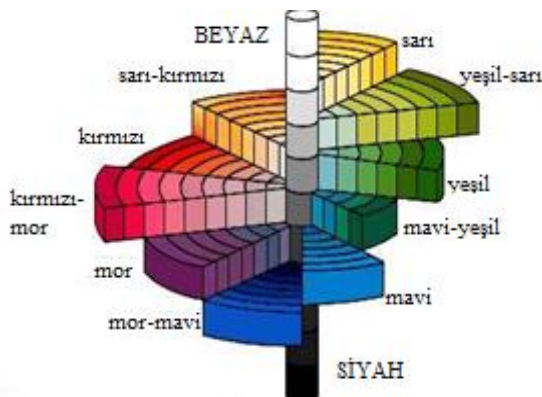
Sır yüzey görünümüne etki eden parametrelerden biri renktir. Uygulanan endüstriyel yöntemlerde referans noktaya göre rengin konumlandığı yerin belirlenmesi, çeşitli renklerin birleşmesiyle oluşan yeni renklerin tahmini ve devamlılığı bakımından renk ölçümüne gereksinim duyulmaktadır (Pekkan, 2009: 16). Bir cismin, boyu, ışıklandırması, çevresinde bulunan ve arka planındaki renkler gibi birçok etken rengin doğru olarak algılanabilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde renk ölçümlerinin neredeyse tamamı 1931 yılında oluşturulan renk spesifikasyonu, CIE (Commission Internationale d’Eclairage) sistemine dayanmaktadır. Oluşturulduğu günden beri temel yapı ve prensipleri değişikliğe uğramamış, düzenlemeler ve eklemeler yapılmıştır. CIE renk sistemi renk algılama teorilerinden çok deneyselliğe dayanmaktadır. Renklerin ölçümünde, yüzey, ışık kaynağı ve gözlemci her zaman dikkate alınmalıdır (Yeşil, 2010: 42).

Uluslararası Aydınlatma Komitesi CIE’nin görevi, temel aldığı insan gözüne göre oluşturduğu renk evren modeli ile mürekkep, boya gibi renk verici malzeme imalatçıları için renk iletişim standartlarının tekrarlanabilirliğini sağlamaktır. Bu standartların en önemli fonksiyonu renk eşleşmesi amacıyla evrensel bir şablon

oluşturabilmesidir. Bu şablonun kaynağı ise standart gözlemci ve XYZ renk uzayı olarak belirlenmekle beraber, XYZ uzayının balanssız doğası, XYZ kromatisite diyagramında belirtildiği gibi standartların kolaylıkla elde edilmesini güçleştirmiştir (Köse ve Şahinbaşkan, 2008: 367; Tutak, 2014: 59).

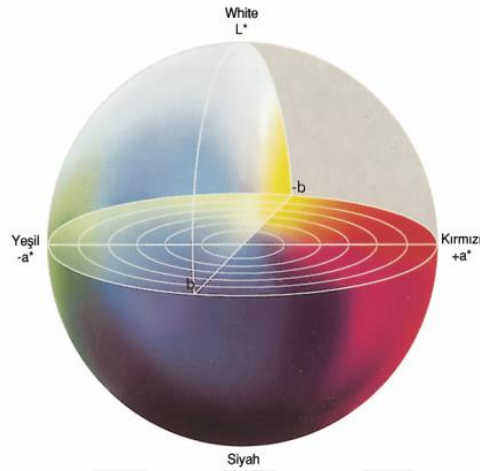
Renk uzayı olarak da bilinen bu sistemde renkler üç boyutlu koordinat sistemi olarak da ifade edilmektedir. Çoğunlukla tercih edilen CIE ve Munsel sistemleri özellikle seramik kaplamalarında çok renkli renk sistemi bulunuyorsa kullanılmaktadır. Munsel olarak bilinen sistem (Şekil 4) renk ağacından oluşmaktadır. Bu sistemin çapı renk doygunluğunu, çevresi ise renk tonunu vermektedir. Rengi doğruca ifade etme bakımından Munsel renk sisteminde eksiklikler tespit edilmiştir. Rengi üç boyutlu vektör olarak anlatan CIE ise uluslararası standardizasyon organizasyonlarındandır. 1946 yılında ilk önce CIE sisteminde renk parametrelerinin beraberinde ışık ve gözleyici standart duruma getirilmiştir. Sistemlerden ilk geliştirilende renkler at nalı biçimindeki düzlemde X ve Y koordinatlarındadır. Sistemin bu düzeninde siyah ve beyazın yeri kesin değildir ve ilerleyen yıllarda değiştirilmesi gerekmiştir. 1976 yılında CIE tarafından en son düzenlemesi yapılan (CIE $L^*a^*b^*$) ve CIEL*C*H* sistemi uluslararası renk ölçüm sistemi olarak seçilmiştir (Pekkan, 2009: 16-17). Şekil 5'te verilen (b) CIELAB modelinde görüldüğü üzere L beyazdan ($L^*=100$) siyaha ($L^*=0$), b maviden (-b) sarıya (+b) ve a yeşilden (-a) kırmızıya (+a) değişim göstermektedir (Kılınç Mirdalı, 2007: 15).

Şekil 4: Munsel renk sistemi.



Kaynak: Sarıkaya ve Güler 2009: 119

Şekil 5: CIELAB 1976 renk evren modeli.



Kaynak: Köse ve Şahinbaşkan, 2008: 367

3.4. Renklendirici Metal Oksitler

Renksiz sırlar renklendirilirken direk olarak doğada bulunan renk verme yetisine sahip metal oksitler ve endüstriyel yöntemlerle kazanılan seramik boyalar kullanılmaktadır (Ayta, 1976: 56). Bu metal oksitlerin direk olarak ya da kimyasal reaksiyonlarla oluşturdukları seramik boyalarının sıra eklenmesiyle sırlar renklendirilmektedir. Bazı metal oksitler sıra beyaz renk vermektedir veya bazıları renk verme yeteneğine sahip değildir ve bir takım oksitler ise ısı işlem karşısında renk kaybına uğramaktadırlar (Pekkan, Afacan ve Taşçı 2018: 421). Bu metal oksitler arasında en önemlileri bakır, krom, antimon, kalay, kobalt, mangan ve demir oksit olarak sayılabilir. Bu renklendiriciler kimi zaman oksit, kimi zaman bileşikler halinde kullanılmaktadır. Ayrıca uygulanacakları sırların kimyasal özellikleri üzerindeki etkileri büyüktür. Bu yüzden kalsiyum, magnezyum, kurşun, çinko, kalay, titan ve birtakım tuzlar, florürler ve fosfatlar sırların pişme renginde ve tonlarında farklılık ve çeşitlilik sağlamaktadırlar (Ayta, 1976: 56). Bir sırların renklendirilmesini renklendirilen sırların pişme sıcaklığı, renk verecek maddelerin çeşidi ve ne kadar eklendiği ve renklendirilen sırların fırın atmosferi gibi önemli faktörler etkilemektedir (Çetin, 2005: 7). Metal oksitlerin sıra homojen şekilde dağılmaları için sırlar hazırlanırken, öğütme ve karıştırma

sırasında ilave edilmelidirler. Bu durumda renk veren tanecikler sır içerisinde eşit ölçüde dağılırlar (Atagün, 2010: 39).

Sır içerisinde katılma oranına göre demir oksit tane boyuna göre renk farklılığı sergiler. Bu oksit aynı oranda farklı bazda hazırlanan sırlara katıldığında farklı etkiler sergilemektedir. Demir oksit sıra katıldığında dağılmadan kalırsa sıra kırmızı renk verir. Kurşunlu bir sırda çözünürse basit veya demir-kurşun-silikat meydana gelebilir. Hazırlanan bu sır bileşimi 1000 °C' nin altındaki sıcaklıklardan etkilenmeyen sarı veya sarımsı kahve renkte transparan bir sır oluşturmaktadır (Atasoy, 2011: 30; Gültekin, 2017: 866). Genellikle demir oksit ilaveli sırlarda sarı ve bakır renginden kızıl kahverengiye kadar çeşitli renk tonları elde edilmektedir (Genç, 1994: 17).

Antimon oksit tane boyu olarak ince taneli ve beyaz renkte bir oksittir. Bu oksit kullanılarak kurşun oksitli sırlarda Napoli sarısı olarak bilinen sır elde edilmektedir ve opaklaştırıcı özelliğe sahiptir. Farklı miktarlarda, farklı oksitler ile kullanılan antimon oksit ile çeşitli renk tonları elde edilmektedir. Antimonlu bir sır, kalsiyum oksit eklenerek kahverengi, stronsiyum oksit katkısı ile benekli yeşil ve lityum oksit katkısı ile limon sarısı gibi farklı renkler elde edilmektedir (Koç, 2019: 7).

Sır renklendirilmesinde kullanımı uzun yıllara dayanan mangan oksit özellikle mor, rengi yakalamak için kullanılmaktadır. Manganlı boyaların boyama ve renk etkisi biraz güçsüzdür bu yüzden hazırlanan reçetelerde yüksek oranda kullanılmaktadır. Pişirim sırasında mangan oksitten gaz çıkar ve sır yüzeyinde kirlilik ve hatalara sebep olur. Bu yüzden mangan kullanılan bir sır olgunlaşma sıcaklığına ulaştığında ısıyı sabitlemek gerekmektedir. Mor ve kahverengi tonlara düşük sıcaklık pişirimlerinde ulaşılır fakat kahverengi ve yeşil tonlarına ulaşmak için redüksiyon pişirimi uygulanır. Mangan oksidin % 2 oranında eklenmesiyle düşük sıcaklık sırlarında kahverengi ve tonları elde edilirken, ancak % 5 in üzerinde eklenmesiyle yüksek sıcaklıklarda renk elde edilebilmektedir (Genç, 2013: 80; Balyemez, 2017: 8). Mangan oksitle krem rengi renk elde edebilmek için ise % 0,05-% 0,08 oranlarında eklenmesi gerekmektedir (Çalışkan Güneş, 2015: 138).

Krom oksit genel olarak sırlarda % 0,5-2 oranlarında kullanılmaktadır ve opak yeşil renk elde edilmektedir (Copper, 2011: 19). Sıra yeşil renk vermek için kullanılan oksitlerden en önemlilerinden biridir. Pişirim derecesi ve sıra katılma oranına göre

zengin bir renk skalası oluşturur. Renk verme yetisini kaybetmeden rahatlıkla yüksek ısı pişirimlerine dayanmaktadır. Krom oksit sıra fazla oranlarda katıldığında mat, opak ve kabarcıklı bir yüzey meydana getirir. Seramik boyası üretiminde de çoğunlukla tercih edilmektedir ve koyu renkler redüksiyon pişirimiyle sağlanmaktadır. Sıra katıldığında kimyasal olarak alüminyum oksit gibi bir tutum sergileyerek sırn erime noktasını değiştirir. Krom kırmızısı ve kırmızının tonları düşük sıcaklıklarda (900 °C) bol kurşunlu sırlarda elde edilmektedir (Genç, 2013: 80; Balyemez, 2017: 8).

Kobalt oksit seramik sırnın renklendirilmesinde lacivert, mavi tonları ve siyah renk elde etmek için kullanılmaktadır. Kobalt oksit renk verme bakımından oldukça kararlı ve güçlüdür fakat bu özelliği ile sırlarda benekler meydana getirmek gibi bir dezavantaja sahiptir. İnce tanecik boyutuna sahip kobalt karbonat kıvamında kobalt oksit ile bu problem minimuma düşürülebilmektedir (Koç, 2019: 8). Güçlü renk verme kabiliyeti sebebiyle çamurlara fazla oranlarda ilave edilmemektedir. Çamur, sır ve astar renklendirmesinde lacivert ve mavi renk elde etmek için kullanılmaktadır. Kobalt oksit ile belirli hammaddelerin 1230 °C sıcaklıkta kalsine edilmesi ve ince toz haline gelinceye kadar öğütülmesiyle seramik boya üretmek mümkündür. Farklı renk tonları elde etmek için diğer oksitlerle beraber kullanılabilir. Krom ve ya bakır ile birlikte kullanıldığında yeşil-mavi, demir ve mangan ile kullanıldığında ise gri-mavi renkleri verebilmektedir. Kobalt oksidin ergime özelliği oldukça yüksektir ve yüzeyin doğal olarak parlak görünmesini sağlar (Kayalıoğlu, 2016: 19-20).

Kalay oksit kullanımı yüzlerce yıla dayanmaktadır ve genellikle % 15'e varan oranlarda kullanılan en etkili opaklaştırıcıdır. Bu oksit ile seramik bünyenin rengi açılarak daha beyaz bir renk elde edilebilmektedir. Redükleyici atmosfer pişirimlerinde ise opaklaştırma özelliğini kaybederek grimsi bir yüzey oluşturur (Taylor & Doody, 2014: 30). Seramik teknolojisinde örtücülüğü en yüksek oksittir ve seramik boyalarının ana malzemesi olarak boyalarda da renk açmak amacıyla kullanılmaktadır. Maliyeti yüksek olduğu için genel olarak aynı etkileri sağlayan zirkon oksit tercih edilmektedir. Zirkon oksidin ince taneler halinde öğütülerek kullanılmasıyla örtücülük özelliği artar. Zirkon silikat ($ZrSiO_4$) zirkon oksidin endüstriyel alanda en fazla tercih edilen şeklidir (Hatipoğlu, 2015: 20).



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
BAKIR OKSİDİN SİRDAKİ ETKİLERİ

4.1. BAKIR OKSİT

Siyahımsı bir renge sahip olan CuO 'ya doğada genellikle limonitle beraber ulaşılmaktadır (Sarı, 2010: 67). Bakır oksit melakonit, bakır II oksit, tenorit ve kuprik oksit gibi isimlerle de bilinmektedir. Bu mineral siyah-gri tonlarındadır ve sır içerisinde fazla oranlarda katıldığı takdirde çözünmez ve soğumada kristalleşerek sır rengini siyahlaştırır (Pekkan, Afacan ve Taşçı, 2018: 421). Katkısız metalik bakır pembemsi-portakal rengindedir yüzeyi parlaktır. Sırın yapısında bulunan bakır; bakır atomu sisteminde, çevresinde bulunan oksijen miktarına, düzenine, değerlerine ve polarizasyonuna, metalik bakır (Cu), bakır I iyonu (Cu^+) ve bakır II iyonu (Cu^{2+}) aralık dengesine, meydana getirdiği dağılıma veya çözelti seviyesine göre, ışığı emerek çok sayıda renk eldesi sağladığı gibi renksizde olabilmektedir (Behrens, 1998: 20).

4.2. BİLEŞİMİNE GÖRE BAKIR OKSİTLİ SIRLAR

Bakır oksidin renklendirici amaçla kullanılan üç temel bileşeni vardır. Bunlar, bakır karbonat (CuCO_3), kırmızı bakır oksit (Cu_2O) ve siyah bakır oksit (CuO)'tir. Renk verme yetisi güçlü olan kırmızı bakır oksit renklendirici özelliğiyle pek tercih edilmemektedir. Bakır karbonat sırda kullanılmaya uygundur. Sır yapımında çokça kullanılan siyah bakır oksit, genel olarak bakır karbonatın akıcılık yeteneğine sahip değildir. Sıra % 1 oranında eklenmesiyle çok az renk verme yetisine sahip bakır renklendiriciler, % 2 veya % 3 oranlarında eklendiği takdirde renk verme yetisi güçlenir. % 5 ve daha fazla miktarlarda katılmasıyla ise metalik koyu renkte yüzeyler elde edilir (Sevim, 2006: 54). CuO sırdaki bakırın ana kaynağıdır ve firitli veya ham sirlarda kullanılabilir. Ergiticiliği yüksektir ve eklendiği kompozisyonlarda pişirim aralığını düşürmektedir. Sıraltı olarak ve pişmemiş sıra direk olarak eklenerek uygulanabilir (Pekkan, Başkırkan ve Çakı, 2018: 4791).

Alkali sirlarda bakır oksit katkısı ile mavi ve yeşil renkler elde edilmektedir. Kurşun oksit içerikli bir sırda ise yeşil renk elde edilir ve yoğunlaşma arttıkça elde edilen yeşilin yoğunluğu da değişmektedir. Çinko, kalsiyum ve alkalileri de içeren borosilikat bir sırda, borik oksit içeriğinin artırılmasıyla renk hafifletilmektedir. İçerisinde bakır oksit bulunan sirlar karakteristik şeffaflığı olmadan opaklaşmaktadır (Dewar, 2002: 219). Alkali sirlarda yeşil renk elde edebilmek için bakır oksit yükselen mol oranlarında CuO , MgO ve BaO ile sağlanmaktadır. Bakır oksidin normal bir sıra

% 8-25 oranlarında katılması sonucu metalik mat siyah görünümlü sırlar elde edilmektedir. % 6 ve üzeri ilavesiyle bakır oksidin güçlü bir renk verici olmasından kaynaklı karışım içerisinde çöker ve metalik siyah bir tabaka meydana getirir (Sarı, 2010: 67). Bakır oksit ilaveli alkalili sırlara katılan bir miktar borik asit turkuaz rengi yeşile çevirir (Ayta, 1976: 57).

4.3. FIRIN ATMOSFERİNE GÖRE BAKIR OKSİTLİ SIRLAR

Sırlarda kullanılan bakır gerçek bir cüruftur ve bununla her çeşit mavi, yeşil, pembe ve kırmızı renkler üretilebilmektedir. Gerçek metalik bakır, altın sırlar ve hata neredeyse hiç rengi olmayan sırlar üretmek mümkündür. Bu renklerin oluşması, farklı atmosferde yapılan pişirime, kullanılan temel sıra ve uygulandığı bünyeye bağlı olarak oluşmaktadır (Bailey, 2004: 94).

Bakır ve bileşikleri sırlarda turkuaz, mavi, siyah, yeşil renklerini iki değeriyle yükseltgen durumda vermektedir. Kahverengi, mor, sarı ve kırmızının tüm tonlarını ise metalik bakır veya bakır bir değeriyle sağlamaktadır (Özalp, 2011: 26).

CuO katkılı indirgen atmosferde uygulanan sırlarda öküz kanı (Sang de Boeuf) olarak bilinen kırmızı renk elde edilmektedir (Ayta, 1976: 56). İndirgen sırlar, indirgen pişirim sırasında sırası renklendiren oksitlerin değerlerinin değişmesi ve bu sebeple farklı renkleri meydana getirmesi sonucu oluşmaktadır. Nötr ve yükseltgen atmosferde yeşil renk veren bakır oksitle, indirgen atmosferdeki değer değişikliği kırmızı ve tonlarının oluşmasını sağlamaktadır. Kırmızı rengin meydana gelişi indirgen pişirim esnasında bakır oksidin bakır oksidula (Cu_2O) dönüşmesi ve bir bölümünün de koloidal biçimde dağılmasıdır. Bu kırmızı sırlara elde edilen kırmızının tonuna göre; bakır kırmızısı, oxblood, sang de boeuf, peach bloom, flambé, chi hung, lang yao, gibi isimler verilmiştir. Sıra bileşeni sıranın renginin oluşmasındaki en önemli faktörlerden biridir. Bakır kırmızısı sırların genel olarak yüzey gerilimi yüksektir ve akıcılık göstermektedir. Bu sırlarda en iyi renk kapasitesi alkalili sırlarla elde edilmektedir (Sevim, 2006: 348).



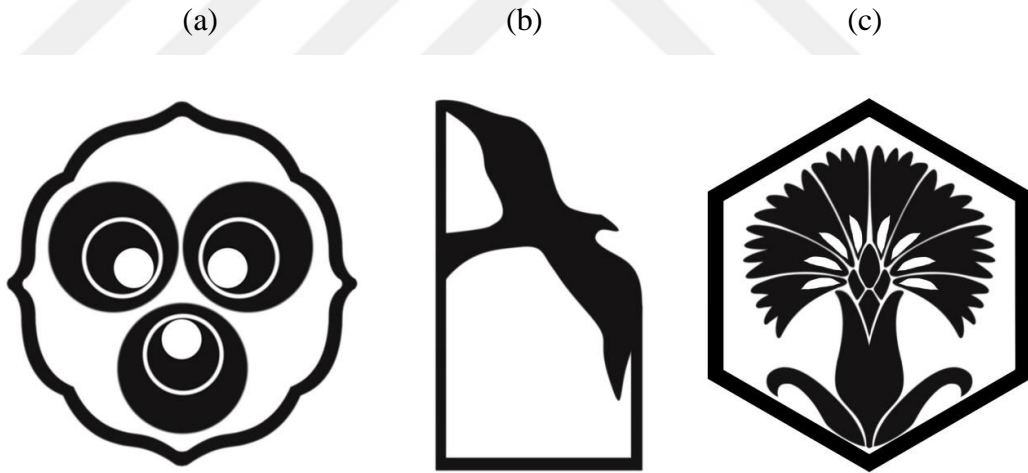
BEŞİNCİ BÖLÜM
DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. Yöntem

5.1.1 Model Tasarımı ve Çini Bünyelerin Hazırlanması

Bu çalışmada sırlar çini bünye üzerinde uygulanacağı için plaka tasarımları da geleneksel çini motiflerinden yola çıkılarak hazırlanmıştır. Sırların ön denemeleri için öncelikle düz karo tasarımı yapılmıştır. Geliştirilen sır sistemlerinde uygulama ve sonuçların rahat ayırt edilebilmesi ve kolaylıkla izlenebilmesi için farklı motif ve şekillere sahip plaka tasarımları yapılmıştır. Tasarımlarda çintemani, karanfil ve martı desenleri kullanılmıştır. Şekil 6'da bilgisayar ortamında çizilen tasarımlar yer almaktadır. Karanfil ve çintemani kabartmalı plakalara uygulanan bazı sırlarda birçok yüzey hatasına rastlanmıştır. Bu sebeple aynı karolar içinde kabartma desenleri olmadan tekrar şekillendirilmiştir. Ayrıca temin edilen fritlerin ve laboratuvarında üretilen frit miktarının azalması sebebiyle ve karakterizasyon yapabilmek amacıyla daha küçük yüzeyli 5x5 cm boyutunda düz plakalar da üretilmiştir.

Şekil 6: Sırların uygulanacağı bünyelerin dijital tasarımları. (a) çintemani, (b) martı, (c) karanfil.



Model hazırlama alçı ya da plastik çamur ile yapılabilmektedir (Gün, 2018: 27). Bu çalışmada modeller plastik çamur ile şekillendirilmiştir. Model hazırlama aşamasında plastik çini çamuru eşit kalınlıkta plaka şeklinde açılmıştır. Tasarlanan plaka çizimleri kâğıt üzerine çizim yoluyla aktarılarak plaka üzerine yerleştirilmiş ve desenler düz çamur yüzeyine sivri uçlu modelaj kalemi ile geçirilmiştir. Çini çamurunun yüzeyine geçirilen desenler çeşitli modelaj kalemleri ile rölyef (kabartma) şeklinde hazırlanmıştır. Plakaların şekillendirme aşaması Resim 1'de verilmiştir.

Resim 1: Plakaların şekillendirilmesi.



Şekillendirilen ve rötuşlanan plakalar bir kabın içerisine desenli yüzeyi üste gelecek şekilde yerleştirilmiştir ve kartonpiyer alçısından hazırlanan sulu alçı karışımı kabın içerisindeki plakanın üzerine dökülmüş ve alçı sertleşinceye kadar bekletilmiştir. Kalıbı alınan plaka modelleri alçı kalıbın içerisinden kabartma desenlerinin zarar görmemesi için dikkatle çıkarılmıştır. Hazırlanan alçı kalıplar birkaç gün kuruması için bekletilmiştir. Hazırlanan kalıpların fotoğrafları Resim 2’de verilmiştir.

Resim 2: Tasarımı yapılan modellerin kalıpları.



Kurutma işlemi tamamlanan kalıplarla üretimi yapabilmek için şekillendirmeye uygun vakumlu plastik çini çamuru temin edilmiştir. Çini çamuru gerekli miktarlara bölünerek kalıpların içerisine yerleştirilmiş ve tokmak yardımı ile sıkıştırılarak yüzeydeki kabartmalı desenlerin daha net bir şekilde çamur üzerinde oluşması sağlanmıştır. Kalıp içerisine sıkıştırılan çamurun kalıp dışına taşan fazla kısımları bir sistire yardımı ile alınarak plakaların tabanları düzleştirilmiştir. Kalıplar ters çevirilerek plakalar çıkarılmış ve kurumaya bırakılmıştır. Kurutma işlemi tamamlanan plakalar uygun sertlikte sünger zımparalar ile rötuşlanmıştır. Hazırlanan plakaların bisküvi pişirimleri laboratuvar ortamında 1000 °C’de gerçekleştirilmiştir.

5.1.2. Çini Sırlarının Hazırlanması ve Pişirimi

DeneySEL çalışmalar kapsamında Gizem Firit A.Ş ve Ferro A.Ş. firmalarından A, B, C ve D kodlu 4 ayrı firit temin edilmiştir. Bu ticari firitlere alternatif olarak laboratuvar ortamında borlu firit üretimi yapılmış ve E olarak kodlanmıştır. Temin edilen firitlerin kimyasal analizleri Tablo 2’de ve ısı mikroskobu analizi sonuçları Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 2: Kullanılan firitlerin kimyasal analizi

Oksitler	Ağırlıkça (%)				
	A	B	C	D	E
SiO ₂	29,46	54-59	52-57	45-50	43,26
Al ₂ O ₃	3,97	5-8	10-13	12-15	5,14
Fe ₂ O ₃	0,04	-	-	-	-
CaO	0,3	-	-	-	1,65
CaO-MgO	-	5-8	9-12	13-16	-
MgO	-	-	-	-	1,65
Na ₂ O-K ₂ O	-	17-20	4-7	5-8	-
Na ₂ O	-	-	-	-	8,63
K ₂ O	0,45	-	-	-	5,14
ZrO ₂	0,02	-	-	-	-
ZnO	0,07	-	1-4	17-22	-
P ₂ O ₅	0,22	-	-	-	-
BaO	0,07	-	-	-	-
B ₂ O ₃	-	11-14	15-20	-	34,53
PbO	65,4	-	-	-	-

Tablo 3: Firitlerinin ısı mikroskobu analiz sonuçları

Sıcaklık(°C)	A	B	C	D
Sinterleme	626	648	820	772
Yumuşama	760	736	878	1052
Küre	842	798	938	1104
Yarı küre	924	838	1042	1118
Erime	966	870	1064	1138

Isı mikroskobu analizi sonuçlarında en düşük yumuşama sıcaklığı 736 °C ile B kodlu firit ve en yüksek yumuşama sıcaklığına sahip olan ise 1052 °C ile D kodlu firittir. A ve C kodlu firitin yumuşama sıcaklıkları ise sırasıyla 760 ve 878 °C'dir. Laboratuvarında geliştirilen ve üretilen E kodlu firitin reçetesi Tablo 4'te gösterilmiş, üretim aşamasına ait görseller Resim 3'te sunulmuştur. Firitler, Tablo 5'te verilen oranlarda jet değirmene yüklenmiş ve 20 dakika boyunca sulu öğütmeye tabi tutularak sır haline getirilmiştir.

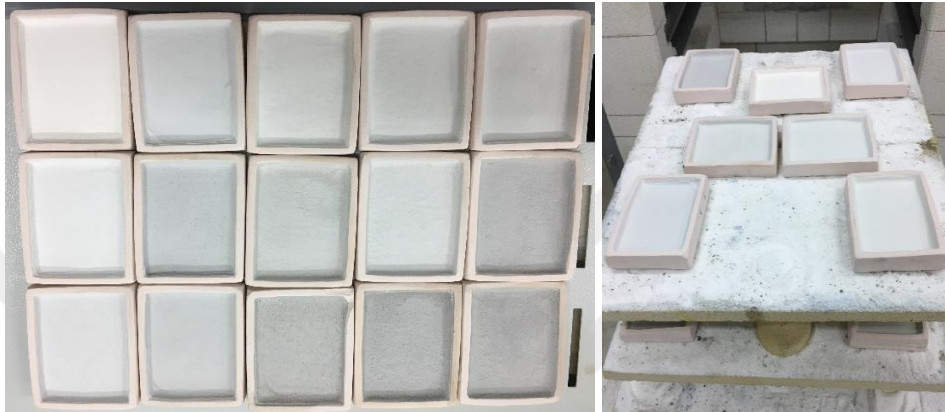
Tablo 4: Ağırlıkça (%) sır bileşimi

Malzeme	Ağırlıkça %
Firit	95
Kaolen	5
Su	50
Karboksimetilselüloz (CMC)	0,15
Sodyum tripoli fosfat (STPP)	0,25

Resim 3: E kodlu firitin laboratuvar ortamında üretim aşaması.

Firitlerin uygulama ve fırınlama aşamasının görselleri Resim 4’de gösterilmiştir. Öğütme işleminden geçen sırlar temiz bir kaba alınmıştır. Sırların uygulanacağı bisküvi halindeki plakalar nemli bir sünger ile temizlenerek sırlama işlemine hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan sırlar, plakalara akıtma yöntemiyle uygulanmıştır. Uygulama sırasında plaka kenarlarına akan sırlar ıslak sünger yardımıyla temizlenmiştir.

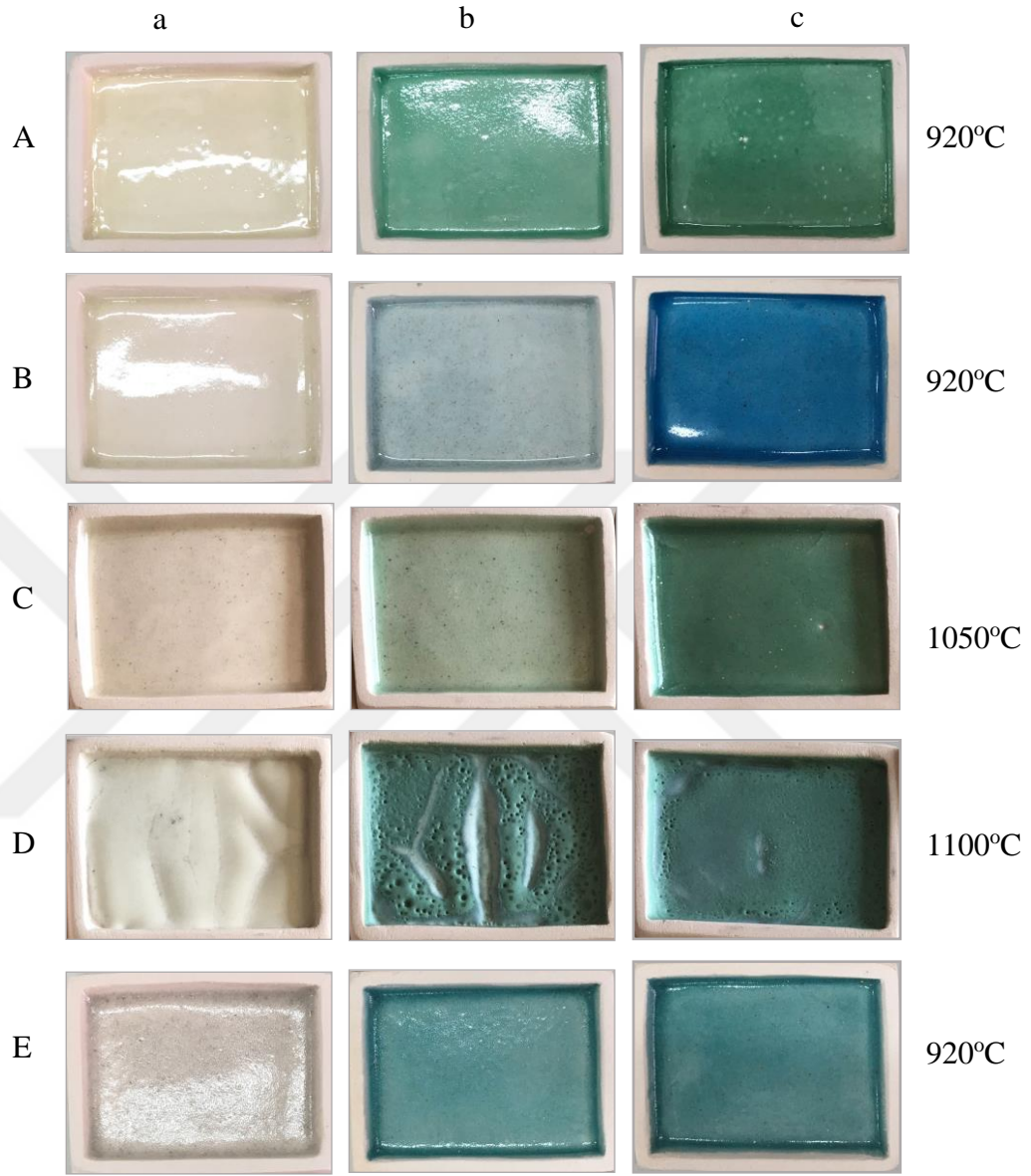
Resim 4: Firitlerin uygulama ve fırınlama aşamasının görselleri.



Sırlanan plakalar temizlenerek kurutulmasının ardından 920 °C’de laboratuvar ortamında pişirilmiştir. Pişirim sonrası yüzey özelliklerini görebilmek adına her bir firit ile hazırlanan sır CuO ilavesi olmadan, % 3 ve % 10 oranlarında CuO ilave edilerek hazırlanmış ve çini bisküvi bünyelere akıtma yoluyla uygulanmıştır. Sırlı plakalar 920, 1050 ve 1100 °C’de laboratuvar tipi fırında pişirilmiştir.

Sistemleri belirlemek için 920 °C’de pişirimi gerçekleştirilen ön denemelerde A, B ve E kodlu sırların olgunlaştığı ve parlak yüzeylere sahip oldukları gözlenmiştir. Pişirim sonrası yüzeyler incelendiğinde C ve D kodlu sırlar 920°C’de olgunlaşmadığından aynı sırlar sırasıyla 1050 ve 1100 °C’de tekrar pişirim işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen ön deneme sonuçlarının yüzey görünümleri Resim 5’te sunulmuştur. 1050 °C’de C kodlu sırların olgunlaştığı tespit edilmiştir. D kodlu sır 1050 ve 1100 °C’de olgunlaşmamış ve düzgün olmayan bir yüzey elde edilmiştir. Ön denemeler dikkate alınarak geliştirilen sistemlerde tüm sırların pişirim sıcaklığı 920 °C olarak belirlenmiştir.

Resim 5: A, B, C, D ve E fritlerinden hazırlanan CuO içermeyen (a), % 3 CuO (b) ve % 10 CuO (c) ilaveli ön deneme sırlarının pişirim sonrası yüzey görünümleri.



5.1.2.1. Çalışmada Geliştirilen Reçeteler

Çalışmada kullanılan fritler bor, kurşun ve alkali oksitler içermektedir. Firit bileşiminde yer alan bu oksitler yüzey özelliklerine etki etmektedir. Bu doğrultuda literatürden elde edilen bilgiler, ön denemelerden elde edilen yüzey özellikleri ve ısı mikroskobu analizi sonuçları göz önünde bulundurularak kurşunlu firit ile üç, kurşunsuz firit ile üç sistem olmak üzere 6 farklı sır sistemi hazırlanmıştır (Yılmaz, 2011: 38; Kula, 2003: 18; Sümer, 2005: 256). Ön deneme sonuçları incelendiğinde A ve B

firitlerinden hazırlanan sırlar tamamen olgunlaşmıştır. Bu fritlerin ısı mikroskobu analizleri incelendiğinde düşük yumuşama sıcaklığına sahip oldukları görülmektedir (Tablo 4). Bu bağlamda sırların yüzey görünümüleri, fritlerin ısı mikroskobu analizleri ve kimyasal analizleri dikkate alınarak ikili sistemler oluşturulmuştur. Bu sistemler için A ve B friti sabit tutulmuş ve A fritine ayrı ayrı B, C ve D fritleri artan oranlarda ilave edilerek A1, A2 ve A3 sistemleri, B fritine ise C, D ve E fritleri artan oranlarda ilave edilerek B1, B2 ve B3 sistemleri elde edilmiştir. A friti kurşun oksit içerdiğinden bu frit ile hazırlanan sırlar kurşunlu sırlar olarak ifade edilmektedir. B friti ile hazırlanan sırlar ise kurşunsuz sırlar olarak ifade edilmiştir. E kodlu frit kurşun içermediğinden B kodlu frit ile hazırlanan sistemde değerlendirilmiştir. Sonuç olarak üç adet kurşunlu ve üç adet kurşunsuz sır sistemi geliştirilmiştir. A kodlu frit ile tasarlanan sistemler Tablo 6'da ve B kodlu frit ile tasarlanan sistemler Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 5: A kodlu kurşunlu firitile hazırlanan sır reçeteleri

Sistemler	Reçete	%A	%B	%C	%D
A1 Sistemi	AB1	10	90	-	-
	AB2	20	80	-	-
	AB3	30	70	-	-
	AB4	40	60	-	-
	AB5	50	50	-	-
	AB6	60	40	-	-
	AB7	70	30	-	-
	AB8	80	20	-	-
	AB9	90	10	-	-
A2 Sistemi	AC1	10	-	90	-
	AC2	20	-	80	-
	AC3	30	-	70	-
	AC4	40	-	60	-
	AC5	50	-	50	-
	AC6	60	-	40	-
	AC7	70	-	30	-
	AC8	80	-	20	-
	AC9	90	-	10	-
A3 Sistemi	AD1	10	-	-	90
	AD2	20	-	-	80
	AD3	30	-	-	70
	AD4	40	-	-	60
	AD5	50	-	-	50
	AD6	60	-	-	40
	AD7	70	-	-	30
	AD8	80	-	-	20
	AD9	90	-	-	10

Tablo 6: B kodlu kurşunsuz firitle hazırlanan sır reçeteleri

Sistemler	Reçete	%B	%C	%D	%E
B1 Sistemi	BC1	10	90	-	-
	BC2	20	80	-	-
	BC3	30	70	-	-
	BC4	40	60	-	-
	BC5	50	50	-	-
	BC6	60	40	-	-
	BC7	70	30	-	-
	BC8	80	20	-	-
	BC9	90	10	-	-
B2 Sistemi	BD1	10	-	90	-
	BD2	20	-	80	-
	BD3	30	-	70	-
	BD4	40	-	60	-
	BD5	50	-	50	-
	BD6	60	-	40	-
	BD7	70	-	30	-
	BD8	80	-	20	-
	BD9	90	-	10	-
B3 Sistemi	BE1	90	-	-	10
	BE2	80	-	-	20
	BE3	70	-	-	30
	BE4	60	-	-	40
	BE5	50	-	-	50
	BE6	40	-	-	60
	BE7	30	-	-	70
	BE8	20	-	-	80
	BE9	10	-	-	90

Her reçeteye % 3 ve % 10 oranında CuO eklenerek bu sıklarda CuO' in farklı firit bileşenleri ile renk etkisi incelenmiştir. Tez içerisinde kolay takip edilebilmesi amacıyla CuO içrikli sıklar temsili olarak Tablo 8'de gösterildiği şekilde kodlanmıştır.

Tablo 7: Bakır oksit ilaveli örnek reçete bileşimi ve kodları (AB1 reçetesi)

	% Bakır oksit ilavesi		
	% 0	% 3	% 10
Kodlar	AB1-C0	AB1-C3	AB1-C10

5.1.3. Sırların Karakterizasyonu

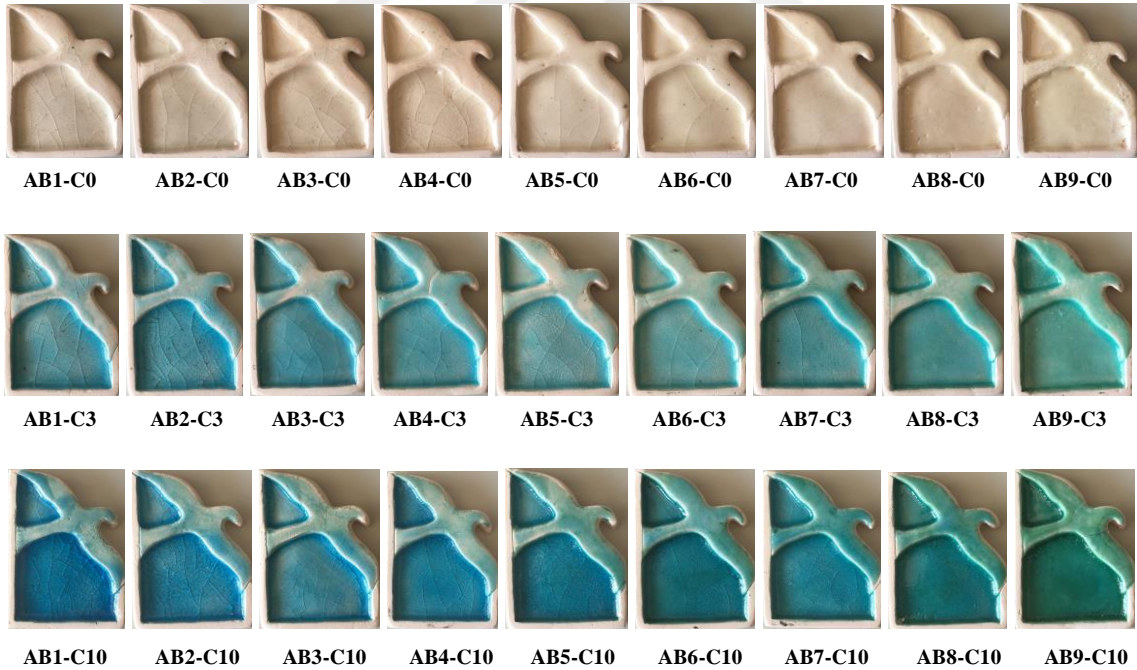
Elde edilen nihai sırların karakterizasyonu için sırlı pişmiş yüzeylerin $L^*a^*b^*$ renk değerleri Konica Minolta marka CM-2500d/2600d model spektrofotometre ile ölçülmüştür. Sırlı yüzeylerin XRD analizleri Rigaku marka Miniflex model X ışını difraktometresi cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

5.2. Bulgular ve Tartışma

5.2.1. Kurşunlu Sırlarda CuO Etkisi

A1 Sisteminde hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünüşleri Resim 6'da gösterilmiştir. Bu sistemde yer alan sırların tamamında ergime gerçekleşmiş ve sırlar olgunlaşmıştır. Bakır oksit katkısı olmayan ve şeffaf olan sırlarda kurşun oksit içerikli A kodlu firitin artışıyla sırlar hafif sarımsı bir renk almıştır.

Resim 6: A1 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünüşleri.



% 3 CuO ilave edilerek uygulanan sır yüzeylerinde genel olarak açık mavi tonlarda renkler elde edilmiştir. Yalnızca A kodlu kurşunlu firitin % 90 oranında kullanıldığı AB9-C3 kodlu sır hafif yeşil renktedir. % 10 CuO ilave edilerek uygulanan sır yüzeylerinde B kodlu alkali borlu firitin artış gösterdiği (AB1-C10, AB7-C10) sırlarda canlı turkuaz-mavi renk elde edilmiştir. A kodlu firitin % 80 ve % 90

oranlarında kullanıldığı AB8-C10, AB9-C10 kodlu sırlarda ise turkuaz-yeşil renkler görülmektedir. Bor ve kurşun içerikli sırlarda genel olarak yeşil ve tonları elde edilirken alkali-kalsiyumlu sırlar ile mavi renk geçişleri elde edilebilmektedir (Özalp, 2011: 27).

Sırların genelinde özellikle alkali bor oranının yüksek olduğu B kodlu firitin artışıyla birlikte sırların büyük bir kısmında sır çatlağı ve sırda baloncuk hataları meydana gelmiştir. Alkali oksit içeriğinin yükselmesi sırn olgunlaşma derecesini büyük ölçüde düşürür. Fakat böylelikle genleşme kat sayısı artış göstererek yükselen alkali oranı ile birlikte kılcal çatlama olasılığı da artmaktadır (Singer & German, 1971: 43). Kurşun oksitin yüksek olduğu A kodlu firitin artışıyla çatlak ve baloncukların azaldığı ve daha düzgün bir yüzey elde edildiği tespit edilmiş fakat yer yer iğne deliği hatalarına rastlanmıştır. A1 sisteminde yer alan sırların L*a*b* renk ölçüm sonuçları Tablo 9'da sunulmuştur.

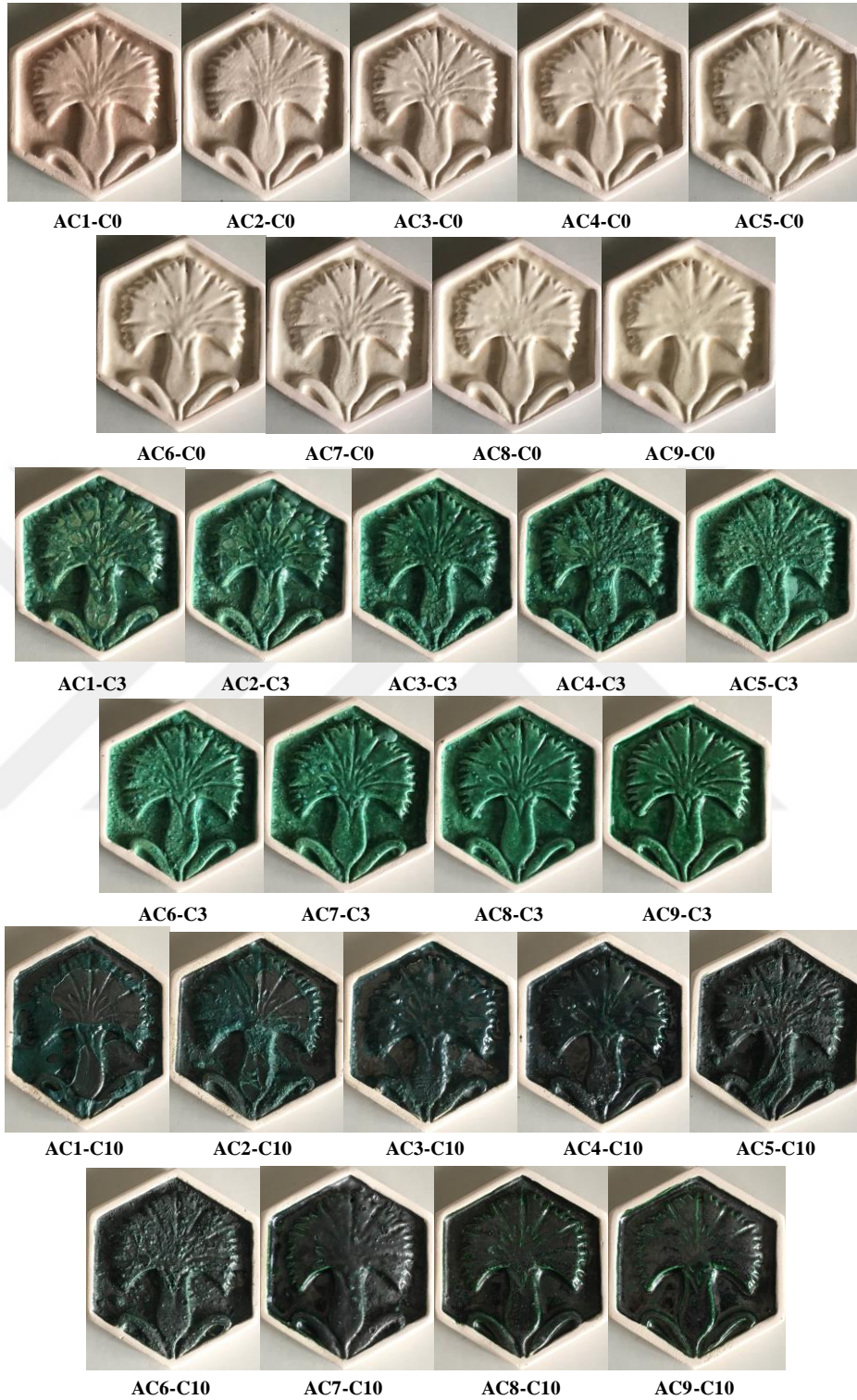
Tablo 8: A1 Sistemi'nde yer alan sırların L*a*b* renk analizi sonuçları

Sır	L*	a*	b*
AB1-C0	76,41	4,12	8,90
AB1-C3	63,65	-10,07	-4,91
AB1-C10	50,93	-19,83	-21,10
AB2-C0	72,41	4,12	9,21
AB2-C3	61,92	-12,53	-7,56
AB2-C10	55,90	-17,37	-15,52
AB3-C0	71,07	5,47	10,99
AB3-C3	62,84	-14,00	-7,21
AB3-C10	62,39	-15,20	-10,79
AB4-C0	73,26	5,34	10,71
AB4-C3	64,70	-11,53	-5,24
AB4-C10	53,32	-20,11	-15,04
AB5-C0	73,96	4,54	9,34
AB5-C3	66,88	-9,33	-2,81
AB5-C10	53,80	-22,94	-13,90
AB6-C0	76,55	3,88	10,92
AB6-C3	66,29	-10,18	-2,75
AB6-C10	52,17	-22,46	-10,78
AB7-C0	76,66	3,83	10,79
AB7-C3	64,68	-12,42	-3,76
AB7-C10	54,17	-20,79	-11,97
AB8-C0	77,33	4,27	12,10
AB8-C3	65,48	-15,52	-2,92
AB8-C10	53,66	-26,75	-6,47
AB9-C0	78,43	3,26	13,43
AB9-C3	62,77	-15,42	1,58
AB9-C10	51,91	-24,46	1,41

A1 sistemindeki sırlı yüzeylerin $L^*a^*b^*$ renk değerleri incelendiğinde, artan CuO oranına ve firit bileşenlerine bağlı olarak L^* değerinin 78,43'den 50,93'e kadar düştüğü gözlenmiştir. En yüksek L^* değeri 78,43 ile AB9-C0 kodlu CuO ilavesiz sırda, en düşük L^* değeri ise 50,93 ile AB1-C10 kodlu % 10 CuO katkılı sırda görülmektedir. a^* değeri -26,75 ile 5,47 arasında; b^* değeri ise -21,10 ile 13,43 arasında değişim göstermektedir. % 3 ve % 10 CuO ilaveli sırlarda B kodlu alkali borlu firitin artışı ile mavi renkler ortaya çıkmıştır. A kodlu firitin artan oranlarda kullanıldığı sırlarda (AB9-C3, AB1-C10, AB7-C10) yeşil renkler oluşmakta ve a^* değerinde düşüş görülmektedir. % 3 CuO ilaveli sırlarda a^* değeri -15,52 ile -9,33 arasına, b^* değeri ise -7,56 ile 1,58 arasındadır. % 10 CuO ilaveli sırlarda a^* değerinin -26,75 ile -15,20 arasında ve b^* değerinin ise -21,10 ile 1,41 arasında değiştiği görülmektedir.

A2 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümüleri Resim 7'de gösterilmiştir. A2 sisteminde yer alan CuO ilavesiz, alkali ve çinko içeren firitin yüksek olduğu AC1, AC2 kodlu sırlar tamamen ergimemiştir. Diğer sırlar ise ergiyerek olgunlaşma göstermiştir. A kodlu kurşunlu firitin artış gösterdiği (AC7-C0, AC8-C0, AC9-C0) sırlarda renk kırık beyazdan beyaza doğru bir değişimi göstermiştir. Genel olarak her sır yüzeyinde az miktarda iğne deliği hatası vardır. % 3 CuO ilaveli sırlarda yalnızca kurşunlu firitin yüksek olduğu AC9-C3 sırası olgunlaşmıştır ve düzgün bir yüzeye sahiptir. AC7-C3 ve AC8-C3 sırları da kısmen olgunlaşmıştır ama yer yer köpürme mevcuttur. Bütün sırlarda renk turkuaz yeşildir ve belirgin bir renk değişimi yoktur. % 10 CuO ilaveli reçetelerde AC8-C10 ve AC9-C10 sırları olgunlaşmıştır ve yüzeyleri düzgündür. Bu sistem içerisinde çalışılan diğer sırlarda ise köpürme ve farklı yüzey hataları gözlenmiştir. Genel olarak bütün sırlarda renk siyaha yakın koyu yeşildir ve metalik etki oluşmuştur. CuO' in sır içerisine ağırlıkça % 8-25 oranlarında ilave edilmesiyle camsı faz içerisinde bakır oksit çökerek metalik siyah sırlar elde edilir (Sarı, 2010: 67).

Resim 7: A2 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümleri.



A2 sistemi $L^*a^*b^*$ analiz sonuçları Tablo 10'da sunulmuştur. A2 sistemindeki sırlı yüzeylerin $L^*a^*b^*$ renk değerleri incelendiğinde, artan CuO oranına ve firit bileşenlerine bağlı olarak L^* değerinin 87,53'ten 37,02'ye kadar düştüğü gözlenmiştir.

En yüksek L* değeri 87,53 le AC9-C0 kodlu CuO ilavesiz sırda, en düşük L* değeri ise 37,02 ile AC5-C10 kodlu % 10 CuO katkılı sırda görülmektedir. a* değeri -22,76 ile 5,02 arasında; b* değeri ise -1,46 ile 13,62 arasında değişmektedir.

Tablo 9: A2 Sisteminde yer alan sırların L*a*b* renk analizi sonuçları

Sır	L*	a*	b*
AC1-C0	77,21	6,94	9,97
AC1-C3	55,98	-14,06	9,87
AC1-C10	44,75	-1,29	0,01
AC2-C0	78,79	5,02	9,58
AC2-C3	54,83	-16,20	10,27
AC2-C10	47,91	-1,50	0,37
AC3-C0	83,02	4,49	9,37
AC3-C3	48,48	-17,91	9,76
AC3-C10	43,23	-3,60	-1,46
AC4-C0	84,37	3,83	9,77
AC4-C3	51,97	-17,81	11,10
AC4-C10	37,85	-4,78	-0,87
AC5-C0	85,41	3,00	10,24
AC5-C3	55,37	-18,58	12,01
AC5-C10	37,02	-1,75	1,54
AC6-C0	86,62	3,17	10,37
AC6-C3	53,18	-21,55	11,15
AC6-C10	40,43	-2,04	0,88
AC7-C0	87,47	2,87	10,93
AC7-C3	49,93	-22,76	11,10
AC7-C10	39,66	-0,88	-1,39
AC8-C0	86,98	2,34	12,45
AC8-C3	51,28	-21,77	10,30
AC8-C10	37,25	-1,75	-1,17
AC9-C0	87,53	1,84	13,62
AC9-C3	52,34	-18,90	10,69
AC9-C10	49,96	-0,13	-0,34

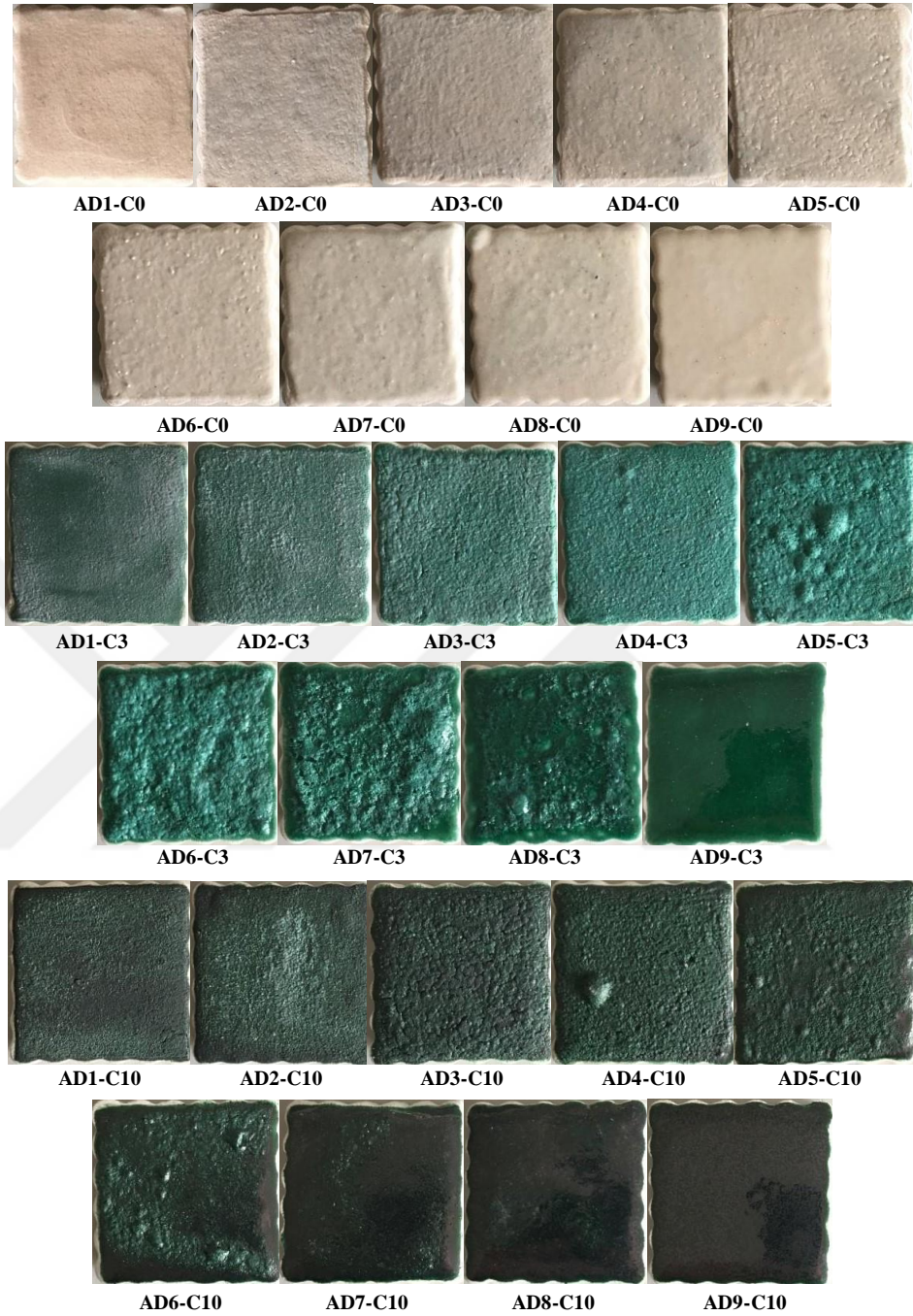
CuO katkısı olmadan hazırlanan sırlarda A kodlu fritin artış göstermesi ile frit içerisindeki PbO oranına bağlı olarak renk beyaza, C kodlu fritin artışıyla içerisindeki ZnO oranına bağlı olarak kırık beyaz, kremi tonlara değişim göstermiştir. % 3 CuO ilaveli sırlarda renk genel olarak yeşildir ve a* değeri -22,76 ile -14,06 arasında b* değeri 12,01 ile 9,76 arasında değişmektedir. Ayrıca rengin doygunluğunda az miktarda artış görülmektedir. % 10 CuO ilaveli sırlarda ise siyaha yakın yeşil renk ve metalik etkiler görülmektedir. Böylelikle a* değeri -4,74 ile -0,13 arasında ve b* değeri -1,46 ile 1,54 arasında değişim göstermektedir.

A3 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünimleri Resim 8'de gösterilmiştir. A3 sisteminde yer alan sırlarda genel olarak D kodlu alkali

kalsiyumlu firitin yüksek oranlarda bulunduğu ilk altı sırda olgunlaşma görülmemiştir. % 3 ve % 10 CuO eklenerek uygulanan ilk altı sırda ise köpürme meydana gelmiştir. A kodlu kurşunlu firitin artan oranlarda kullanıldığı AD7, AD8 kodlu sırlarda olgunlaşma başlamış ama yüzeylerde iğne deliği hatası ve mat yüzeyler görülmektedir. En iyi sonuç kurşunlu firitin en yüksek olduğu AD9 kodlu sırlarda görülmektedir. CuO' in % 3 katkısıyla yeşil renk elde edilirken % 10 katkısıyla koyu yeşil ve metalik siyah renk elde edilmiştir. CuO' in güçlü renk verici özelliği ve reçete bileşiminde ağırlıkça % 6'dan fazla kullanılması, ilgili sırlarda metalik siyah renklerin elde edilmesini sağlamaktadır (Sarı, 2010: 67).



Resim 8: A3 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümleri.



A3 sistemi $L^*a^*b^*$ analiz sonuçları Tablo 11’de sunulmuştur. A3 sistemindeki Sırlı yüzeylerin $L^*a^*b^*$ renk değerleri incelendiğinde, artan CuO oranına ve firit bileşenlerine bağlı olarak L^* değerinin 87,69’dan 39,13’e düştüğü gözlenmiştir. En yüksek L^* değeri 87,69 la AD9-C0 kodlu CuO ilavesiz sırda, en düşük L^* değeri ise 39,13 ile AD3-10 kodlu % 10 CuO katkılı sırda görülmektedir. a^* değeri 19,41 ile 7,83 arasında; b^* değeri ise -0,38 ile 13,56 arasında değişmektedir. % 3 CuO ilaveli sırlarda

renk yeşil tonlardadır ve a* değeri -19,41 ile -7,67 arasında b* değeri ise 6,92 ile 0,89 arasında değişmektedir. % 10 CuO ilaveli sırlarda ise renk koyu yeşil ve metalik siyah tonlardadır böylelikle a* değeri -7,83 ile 0,40 arasında b* değeri ise -0,38 ile 3,86 arasında değişmektedir.

Tablo 10: A3 Sisteminde yer alan sırların L*a*b* renk analizi sonuçları

Sır	L*	a*	b*
AD1-C0	79,78	6,45	13,56
AD1-C3	52,13	-7,67	1,63
AD1-C10	41,14	-3,17	1,20
AD2-C0	73,94	3,20	7,08
AD2-C3	55,44	-9,82	1,39
AD2-C10	43,97	-6,73	3,73
AD3-C0	75,55	2,44	6,69
AD3-C3	59,70	-13,20	0,99
AD3-C10	39,13	-5,40	2,31
AD4-C0	75,61	2,73	8,11
AD4-C3	59,71	-18,04	0,83
AD4-C10	39,69	07,83	3,86
AD5-C0	79,37	2,51	8,87
AD5-C3	54,76	-19,41	2,23
AD5-C10	39,59	-6,46	3,07
AD6-C0	81,14	2,46	9,29
AD6-C3	55,48	-19,00	1,30
AD6-C10	42,82	-3,35	1,28
AD7-C0	82,17	1,57	9,54
AD7-C3	45,26	-16,99	3,15
AD7-C10	42,31	-1,18	0,60
AD8-C0	83,05	0,57	10,32
AD8-C3	43,47	-14,03	6,92
AD8-C10	41,25	-0,89	-0,38
AD9-C0	87,69	2,18	12,05
AD9-C3	43,03	-16,33	6,92
AD9-C10	46,75	0,40	1,04

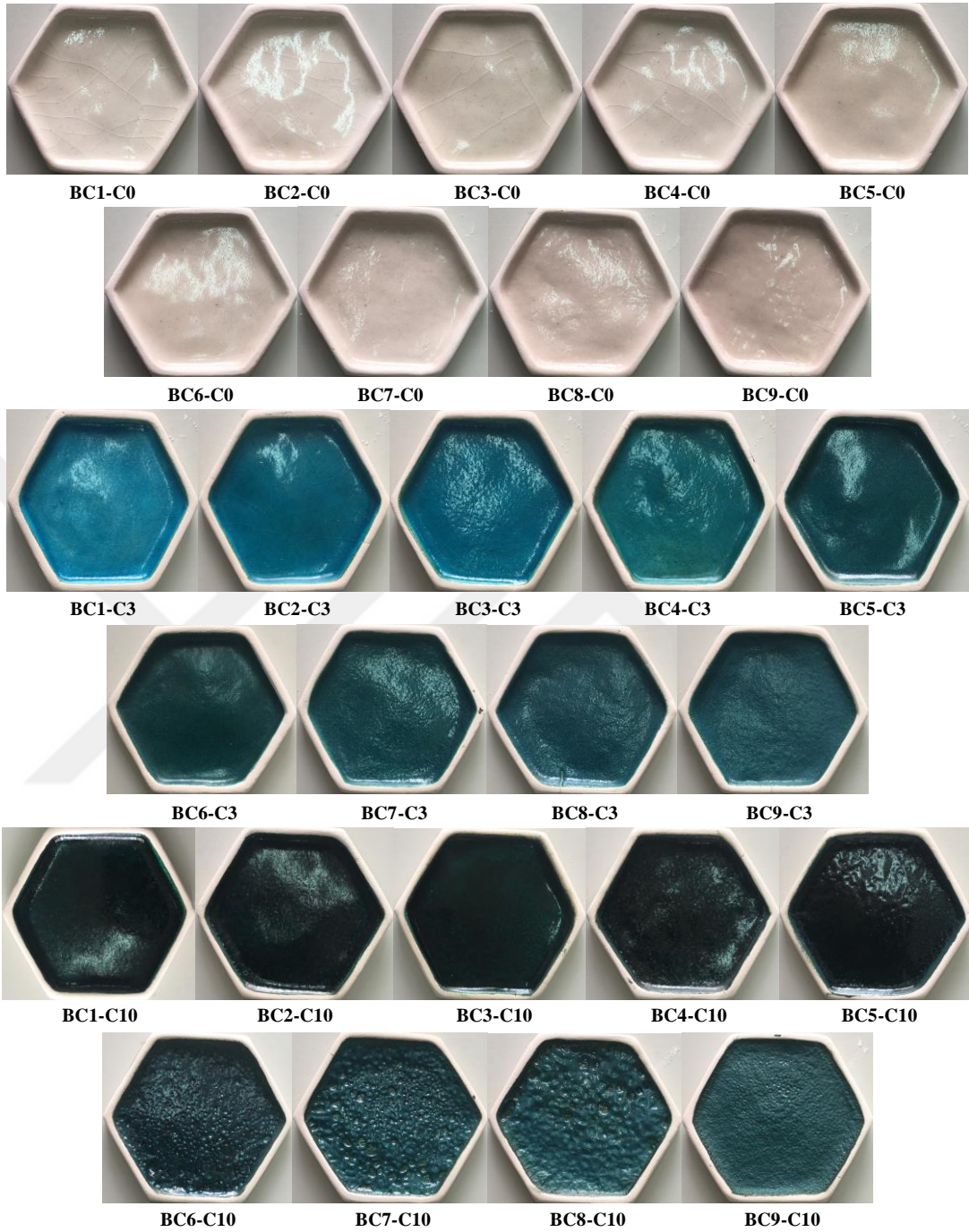
A1, A2 ve A3 sistemlerinde kullanılan kurşunlu firitin (A) artış göstermesi ile bu üç sistemdeki kurşun oksitinin en yüksek oranda bulunduğu CuO katkısı olmadan, % 3 ve % 10 CuO ilavesi ile uygulanan denemelerde özellikle AB9-C0, AB9-C3, AB9-C10, AC9-C0, AC9-C3, AC9-C10, AD9-C0, AD9-C3 ve AD9-C10 kodlu sırların yüzeyleri daha düzgündür ve renkler daha belirgindir. Bu üç sistem arasında en iyi sonuçlar A1 sisteminde görülmektedir fakat bu sistemde alkali borlu (B) firit oranının yükselişte olduğu ilk altı sırda sır çatlakları oluşmasına neden olmuştur. A2 ve A3 sistemlerinde alkali çinkolu (C) firitin ve alkali kalsiyumlu (D) firitin artışıyla ilk sırlarda olgunlaşma gerçekleşmemiş, köpürme ve iğne deliği gibi sır hataları meydana gelmiştir. Böylelikle

A1 sistemi, A2 ve A3 sistemine göre daha iyi olgunlaşma ve yüzey özellikleri sergilemiştir fakat renk kararlılığı bakımından A2 ve A3 sistemleri daha baskındır.

5.2.2. Kurşunsuz Sırlarda CuO Etkisi

B1 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümüleri Resim 9'da gösterilmiştir. B1 sisteminde yer alan sırlarda CuO ilavesi olmadan hazırlanan reçetelerin tamamında ergime gerçekleşmiş ve sırlar olgunlaşmıştır. Şeffaf özellik gösteren sırlarda özellikle bor oranının yüksek olan B kodlu firitin artış gösterdiği reçetelerde sır çatlağı görülmüştür. % 3 CuO ilaveli reçetelerde BC1-C3'den BC6-C3'e kadar olan sırlarda ergime gerçekleşmiş ve sırlar olgunlaşmıştır. Genel olarak B kodlu firitin artış gösterdiği sırlar mat bir yüzeye sahiptir ve turkuaz mavi yeşil renktedir fakat sır çatlağı hataları meydana gelmiştir. C kodlu firitin artışıyla renk koyu yeşile dönüşmektedir ve özellikle BC7-C3, BC8-C3 ve BC9-C3 sırları olgunlaşmamıştır. % 10 CuO ilaveli reçetelerde ise B kodlu firitin artışıyla sırlar (BC1-C10'dan BC4-C10'a kadar) olgunlaşmıştır, renkler koyu yeşildir ve içerisinde kristaller mevcuttur, C kodlu firitin artışıyla ise ergime gerçekleşmemiştir ve renk yeşile dönmüştür (BC5-C10'dan BC9-C10'a kadar). Genel olarak C kodlu firitin artışıyla köpürme ve kaynama gibi sır hataları görülmeye başlanmıştır.

Resim 9: B1 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümleri.



B1 sistemi $L^*a^*b^*$ analiz sonuçları Tablo 12’de sunulmuştur. B1 sistemindeki sırlı yüzeylerin $L^*a^*b^*$ renk değerleri incelendiğinde, artan CuO oranına ve firit bileşenlerine bağlı olarak L^* değerinin 71,87’den 20,93’e kadar düştüğü gözlenmiştir. En yüksek L^* değeri 71,87 ile BC3-C0 kodlu CuO ilavesiz sırda, en düşük L^* değeri ise 20,93 ile BC2-C10 kodlu % 10 CuO katkılı sırda görülmektedir. a^* değeri -19,67 ile

5,71 arasında; b* değeri ise -12,03 ile 9,04 arasında değişmektedir. CuO ilavesiz sırlarda bor oranı yüksek olan ve alkali çinko oranı yüksek olan çok ufak renk tonu farkı bulunmaktadır. Bor içerikli firit yükseldikçe beyazlaşan yüzey alkali çinko içerikli firit yükseldikçe hafif kırık beyaz ve mat bir yüzeye dönüşmüştür. Bor oksitin fazla miktarlarda kullanılması örtücü beyazlık oluşturur. Bu örtücülük CaO ve ZnO ile bor tülü olarak adlandırılan beyazlığı sağlar (Kula, 2003: 18). % 3 CuO ilavesi ile hazırlanan sırlarda borlu firitin (B) yükselişiyle canlı mavi renkler elde edilmiş ve alkali çinkolu firitin (C) artışıyla renk koyulaşarak turkuaz yeşil renge dönüşmüştür. Böylece a* değeri -19,48 ile -8,87 arasında, b* değeri ise -12,03 ile -2,13 arasında değişmektedir. % 10 CuO ilaveli sırlarda ise B firiti yükseldikçe koyu turkuaz yeşil tonlar elde edilirken C firitinin yükselişiyle açık renkler elde edilmiştir. Bu sırlarda a* değeri -9,37 ile -1,55 arasında b* değeri ise -4,76 ile -0,70 aralığındadır.

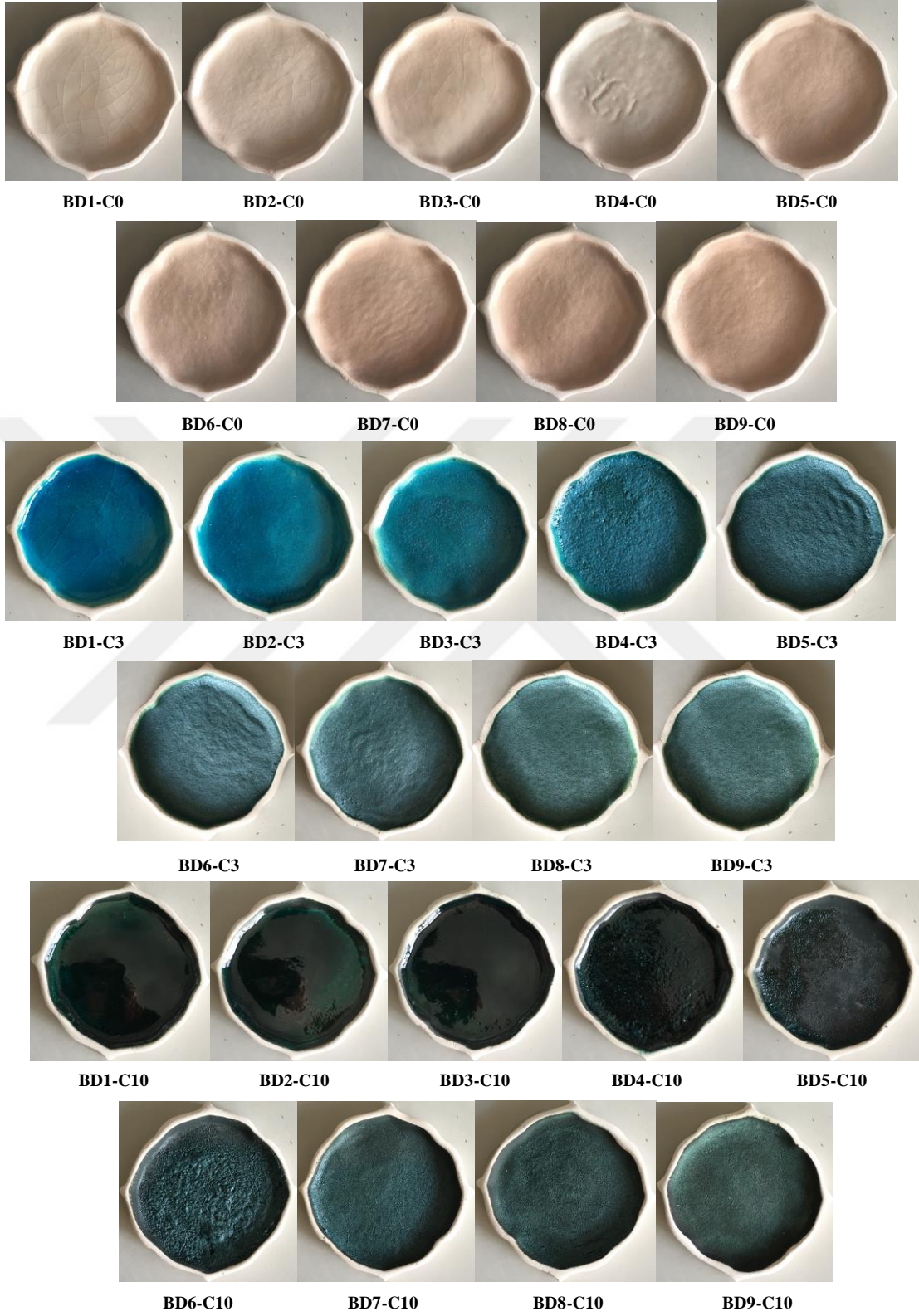
Tablo 11: B1 Sisteminde yer alan sırların L*a*b* renk analizi sonuçları

Sır	L*	a*	b*
BC1-C0	68,36	3,42	7,40
BC1-C3	51,86	-19,48	-12,03
BC1-C10	23,74	-2,45	-0,92
BC2-C0	72,71	3,52	7,93
BC2-C3	41,14	-18,32	-11,82
BC2-C10	20,93	-2,30	-0,70
BC3-C0	71,87	3,04	9,04
BC3-C3	41,18	-18,13	-11,84
BC3-C10	25,79	-3,35	-0,73
BC4-C0	68,41	3,53	7,61
BC4-C3	39,89	-19,67	-4,78
BC4-C10	21,90	-1,92	-1,15
BC5-C0	67,25	3,67	8,26
BC5-C3	32,62	-12,40	-3,70
BC5-C10	23,90	-1,55	-1,22
BC6-C0	64,90	4,25	8,37
BC6-C3	31,35	-9,87	-2,13
BC6-C10	28,94	-3,71	-3,66
BC7-C0	65,83	5,02	7,32
BC7-C3	36,48	-10,29	-3,49
BC7-C10	38,01	-7,77	-3,73
BC8-C0	66,83	5,52	7,30
BC8-C3	38,96	-9,75	-4,28
BC8-C10	40,63	-9,37	-4,76
BC9-C0	64,52	5,71	7,42
BC9-C3	36,60	-8,87	-5,31
BC9-C10	37,91	-9,23	-2,39

B2 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümleri Resim 10'da gösterilmiştir. B2 sisteminde yer alan sırlarda CuO ilavesi olmadan hazırlanan reçetelerde alkali borlu B kodlu firit oranının yüksek olduğu BD1-C0, BD2-C0 ve BD3-C0 kodlu sırlarda ergime gerçekleşmiştir. BD4-C0'dan BD9-C0'a kadar olan sırlarda D kodlu alkali kalsiyumlu firitin artışıyla olgunlaşma görülmemiştir. % 3 CuO ilaveli sırlarda B kodlu alkali borlu firitin en yüksek olduğu BD1-C3 ve BD2-C3 kodlu sırlar olgunlaşmıştır. BD3-C3 ve BD4-C3 kodlu sırlar köpürmüş ve alkali kalsiyumlu firitin artışıyla BD5-C3'den BD9-C3'e kadar ergime gerçekleşmemiştir.



Resim 10: B2 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümleri.



% 10 CuO ilaveli sırlarda alkali borlu firitin en yüksek olduğu BD1-C10'dan BD3-C10'a kadar olan sırlar olgunlaşmıştır. Ayrıca, CuO artışının ergimeye katkı sağlaması sayesinde yüzeyler parlak ve pürüzsüz hale gelmiştir. BD4-C10 kodlu sır tamamen olgunlaşmamış ve köpürmüştür. BD5-C10 ve BD6-C10 kodlu sırlar alkali kalsiyumlu firitin artışıyla köpürmüş ve BD7-C10, BD8-C10, BD9-C10 kodlu sırlarda olgunlaşma görülmemiştir.

B2 sistemi L*a*b* analiz sonuçları Tablo 13'te sunulmuştur. B2 sistemindeki sırlı yüzeylerin L*a*b* renk değerleri incelendiğinde, artan CuO oranına ve firit bileşenlerine bağlı olarak L* değerinin 71,24'den 27,71'e kadar düştüğü gözlenmiştir. En yüksek L* değeri 71,24 ile BD2-C0 kodlu CuO ilavesiz sırda, en düşük L* değeri ise 27,71 ile BD6-C10 kodlu % 10 CuO katkılı sırda görülmektedir. Ölçüm olarak a* değeri 18,54 ile 8,26 arasında, b* değeri ise -17,72 ile 11,98 arasında değişmektedir. % 3 CuO ilaveli sırlarda turkuaz mavi tonlar görülmektedir. Sırlarda a* değeri -18,54 ile -4,40 arasında ve b* değeri -17,72 ile -0,82 arasında yer almaktadır. % 10 CuO ilaveli sırlarda koyu turkuaz yeşil ve siyah tonlar hakimdir. Böylelikle a* değeri -5,62 ile -0,90 arasında ve b* değeri -5,52 ile 1,14 arasında değişmektedir.

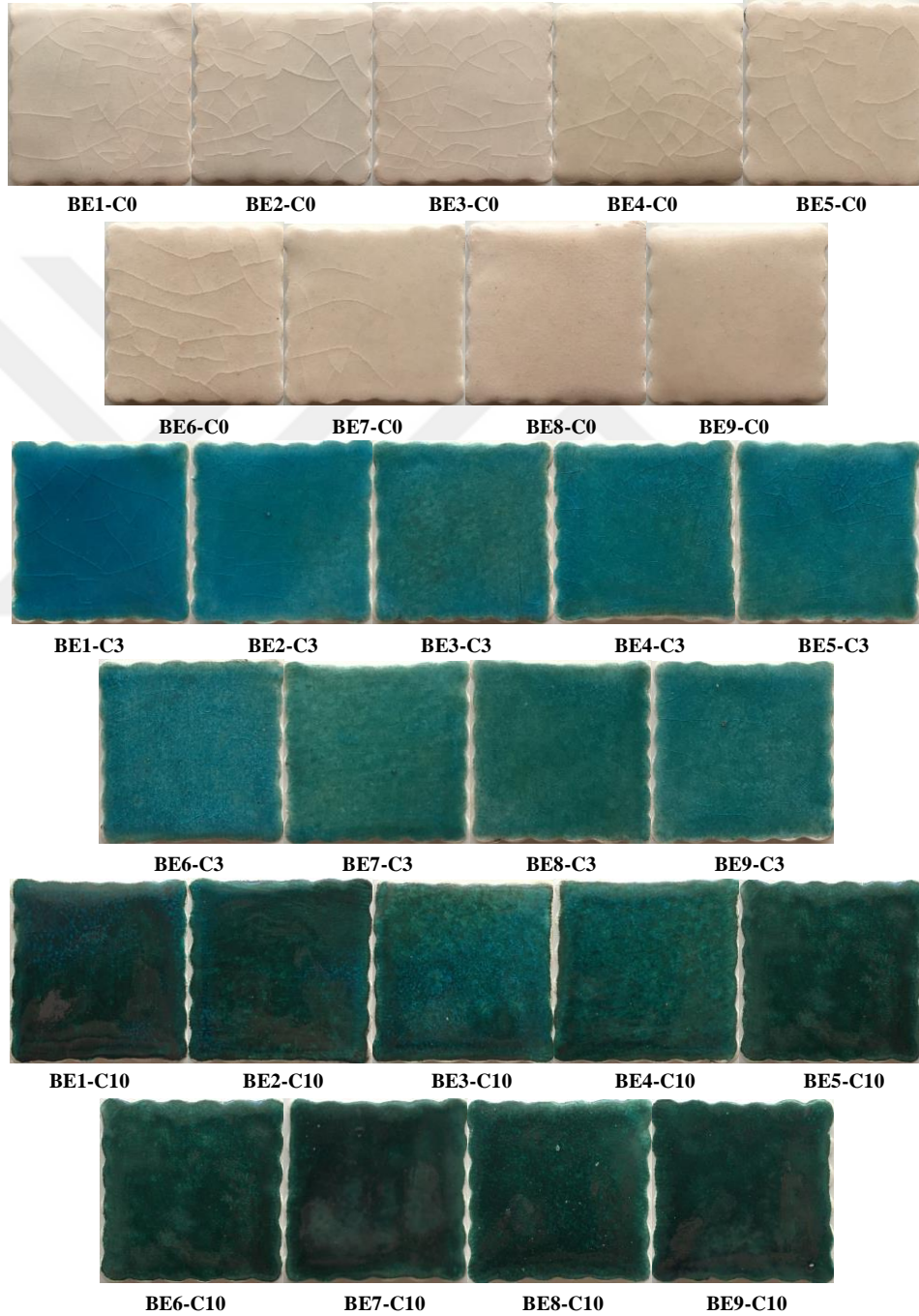
Tablo 12: B2 Sisteminde yer alan sırların L*a*b* renk analizi sonuçları

Sır	L*	a*	b*
BD1-C0	62,96	3,77	8,22
BD1-C3	41,54	-18,54	-17,52
BD1-C10	30,28	-2,17	-1,93
BD2-C0	71,24	4,95	8,58
BD2-C3	40,15	-15,22	-17,72
BD2-C10	33,59	-2,17	-4,10
BD3-C0	66,52	5,31	9,15
BD3-C3	38,64	-13,57	9,35
BD3-C10	29,90	-0,09	-2,37
BD4-C0	69,24	3,41	6,48
BD4-C3	41,20	-10,85	-10,41
BD4-C10	31,15	-2,10	-3,07
BD5-C0	60,54	6,52	9,72
BD5-C3	36,79	-7,00	-6,36
BD5-C10	31,03	-2,06	-3,58
BD6-C0	58,78	6,49	9,55
BD6-C3	41,73	-6,89	-5,87
BD6-C10	27,71	-2,64	-5,52
BD7-C0	58,90	7,14	10,31
BD7-C3	38,20	-6,05	-4,52
BD7-C10	27,75	-4,19	-1,85
BD8-C0	63,64	7,81	11,37
BD8-C3	47,37	-6,65	-2,86
BD8-C10	30,37	-5,48	-1,39
BD9-C0	56,94	8,26	11,98
BD9-C3	39,92	-4,40	-0,82
BD9-C10	29,81	-5,62	1,14

B3 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümleri Resim 11'de gösterilmiştir. B3 sisteminde yer alan sırların tamamında ergime gerçekleşmiş ve sırlar olgunlaşmıştır. Bakır oksitin % 3 ve % 10 ilave edildiği sır yüzeyleri B kodlu alkali içerikli firitin yükselişiyle canlı turkuaz mavi ve mavi tonlar elde edilirken deneysel çalışmalar kapsamında geliştirilen E kodlu borlu firitin artışıyla turkuaz mavi ve turkuaz yeşil tonlar görülmektedir. Sırların genelinde alkali bor oranının yüksek olduğu B kodlu firitin artış gösterdiği BE1 den BE6 ya kadar olan sırların büyük bir kısmında kılcal çatlama hatası meydana gelmiştir. Sıralara metal oksit ilavesinin yapılması sırların genleşme katsayısını artırır. Genel olarak bakır oksit, demir oksit, mangan oksit vs gibi renklendirici metal oksitlerin bulunduğu sırlar çatlama karşı daha az dayanıklıdır (Fraser, 2010: 109). Bir sır bileşiminde alkali oksit içeriğinin artırılması ile sırların genleşme katsayısı yükselir. Böylesi sırlarda, bünye ve sır arasındaki genleşme katsayısı uyumsuzluğu yüzeyde kılcal çatlamalara yol açar (Singer, German, 1971: 43). Bu sistemde E kodlu borlu firitin artışıyla daha düzgün

yüzeyler elde edilmiştir. Bu sonucun, borun sırt kompozisyonuna ilave edildiğinde olgunlaşmayı kolaylaştırıcı ve genleşme katsayısını düşürücü etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. % 10 CuO ilaveli BE7, BE8 ve BE9 sırlarında metalik etkiler görülmektedir.

Resim 11: B3 Sisteminden hazırlanan sırların pişirim sonrası yüzey görünümleri.



B3 sistemi L*a*b* analiz sonuçları Tablo 14'te sunulmuştur. B3 sistemindeki sırlı yüzeylerin L*a*b* renk değerleri incelendiğinde, artan CuO oranına ve firit bileşenlerine bağlı olarak L* değerinin 87,10'den 32,33'e kadar düştüğü gözlenmiştir. En yüksek L* değeri 87,27 ile BE3-C0 kodlu CuO ilavesiz sırda, en düşük L* değeri ise 32,33 ile BE1-C10 kodlu % 10 CuO katkılı sırda görülmektedir. Ölçüm olarak a* değeri -25,86 ile 5,29 arasında; b* değeri ise -22,81 ile 11,63 arasında değişmektedir. % 3 CuO ilaveli sırlarda renk her iki borlu firitin artışıyla da turkuaz mavi tonlarını vermiştir. Böylelikle a* değeri pek fazla değişmemiş -25,86 ile -22,36 arasındadır. Ölçümde b* değeri ise -22,81 ile 1,13 arasında değişmektedir. % 10 CuO katkılı sırlarda koyu yeşil ve turkuaz yeşil renkler görülmektedir. Sırların a* değerleri -22,90 ile -6,53 arasında b* değerleri ise -5,13 ile -0,16 arasında değişmektedir.

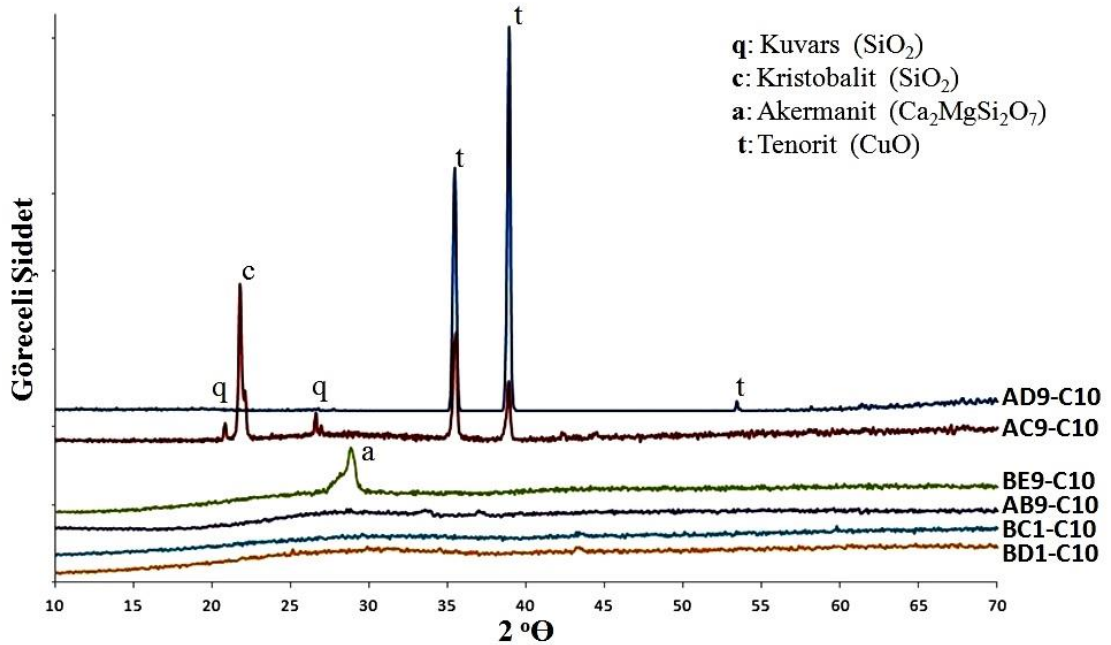
Tablo 13: B3 Sisteminde yer alan sırların L*a*b* renk analizi sonuçları

Sır	L*	a*	b*
BE1-C0	87,10	2,81	7,24
BE1-C3	46,29	-22,71	-22,81
BE1-C10	32,33	-10,40	-3,28
BE2-C0	86,32	3,09	7,97
BE2-C3	53,16	-25,78	-15,89
BE2-C10	37,10	-13,06	-0,16
BE3-C0	82,27	3,59	8,48
BE3-C3	59,45	-23,53	-4,94
BE3-C10	43,79	-22,90	-5,13
BE4-C0	85,05	3,92	10,72
BE4-C3	50,11	-25,69	-9,22
BE4-C10	41,12	-19,12	0,51
BE5-C0	83,95	4,12	10,84
BE5-C3	50,26	-25,86	-14,32
BE5-C10	40,26	-18,94	-0,45
BE6-C0	84,23	4,26	11,12
BE6-C3	58,93	-23,40	-9,46
BE6-C10	37,86	-13,94	-0,16
BE7-C0	84,07	4,71	10,84
BE7-C3	57,10	-22,36	1,13
BE7-C10	39,67	-6,53	-1,71
BE8-C0	82,28	5,09	11,41
BE8-C3	52,25	-24,20	-2,14
BE8-C10	39,05	-9,95	-1,72
BE9-C0	83,25	5,29	11,63
BE9-C3	54,78	-23,89	-4,34
BE9-C10	40,73	-6,90	-1,48

B1, B2 ve B3 sistemlerinde genel olarak alkali borlu fitinin (B) artan oranlarda kullanıldığı sırlarda olgunlaşma gerçekleşmiş ve yüzeyler genel olarak parlaktır. Bu

olgunlaşma en belirgin şekilde alkali çinkolu (C) B1 ve alkali kalsiyumlu (D) B2 sistemlerinde görülmektedir. B3 sisteminde ki bütün reçeteler olgunlaşmıştır ve yüzeyler parlaktır. B1 Sistemdeki CuO katkılı BC1'den BC5'e kadar olan reçetelerin yüzeyleri mattır ve % 10 CuO katkılı aynı reçetelerde kristal oluşumlar mevcuttur. Bütün sistemlerde alkali kalsiyumun artan oranlarda kullanıldığı reçetelerde sır çatlağı görülmektedir fakat B1 ve B2 sistemlerinde renkler daha karardır. B3 sistemi B1 ve B2 sistemine göre daha iyi olgunlaşma ve yüzey özellikleri sergilemiştir.

Şekil 7: Sistemlerden seçilen sırların XRD analizi sonuçları.



Deneysel çalışmalar kapsamında her bir sistem içerisinde seçilen en iyi yüzey görünümüne sahip sırların XRD analizi sonuçları Şekil 7'de gösterilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde A ve D firitleriyle hazırlanan % 10 CuO ilavesi ile AD9-C10 kodlu sırda metalik bir yüzey elde edilmiştir. Bu sırların XRD analizinde yalnızca tenorit (CuO) fazı tespit edilmiştir. A ve C firitleriyle hazırlanan AC9-C10 kodlu % 10 CuO ilaveli sırların XRD analizinde tenorit (CuO), kristobalit (SiO_2) ve kuvars (SiO_2) pikleri belirgin bir şekilde gözlenmiştir. B ve E firitleriyle hazırlanan BE9-C10 kodlu % 10 CuO ilaveli sırda akermanit ($\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$) fazı tespit edilmiştir. Alkali bor içeriği ve kurşun oksit içeriği yüksek olan A ve B firitinin % 90 olarak yer alması ile sırlar tamamen olgunlaşmış ve camsı düzgün yüzeyler elde edilmiştir. AB9-C10, BC1-C10 ve BD1-

C10 numaralı sırların XRD analizleri incelendiğinde bu sırların amorf bir karakter sergilediği görülmektedir.

5.3. Çini uygulamaları

Çalışmalarda geliştirilen sırlar deneme plakaları üzerinde değerlendirildikten sonra pişirim sonrası yüzey özellikleri incelenmiş ve en iyi yüzey görünümüne sahip sırlar büyük ölçekte üretilerek sanatsal çini duvar panoları üzerine uygulanmıştır.

AB9-C10 sırnın 20x20 boyutundaki duvar panosu uygulaması Resim 12’de gösterilmiştir. AB9-C10 kodlu sırn yüzey özellikleri incelendiğinde renk, deneme plakasında uygulanan örneği ile aynı şekilde çimen yeşili renktedir. Karo yüzeyinde bulunan geleneksel karanfil motifi kabartmanın oyuntulu derin kısımlarında renk biraz daha koyu yeşil görünmektedir.

Resim 12: AB9-C10 sırnın 20x20 boyutundaki duvar panosu uygulaması.



AC9-C10 sırnın 20x20 boyutundaki yüzey görünümü Resim 13'te gösterilmiştir. AC9-C10 kodlu sırn yüzey özellikleri incelendiğinde, deneme plakasında uygulanan örneğine göre renk daha koyudur ve genel olarak metalik özellik sergilemiştir. Karo yüzeyinde bulunan geleneksel karanfil motifi kabartmanın keskin kenarlarında koyu yeşil renk görülmektedir. Düz yüzeylerin geneli de koyu yeşil renkte ve metaliktir. Her iki boy karo akıtma yöntemi ile sırlanmıştır fakat 20x20 cm büyüklüğündeki panoda küçük bir bölgede iğne deliği hataları görülmektedir.

Resim 13: AC9-C10 sırnın 20x20 boyutundaki duvar panosu uygulaması.



AD9-C10 sırnın 20x20 boyutundaki yzey görünümü Resim 14'de gösterilmiştir. AD9-C10 kodlu reçetenin yzey özellikleri incelendiğinde renk, deneme plakasında uygulanan rneđi ile aynı şekilde metalik siyah ve yeşil tonlardadır. Pano yzeyinde bulunan geleneksel karanfil motifi kabartmanın keskin kenarlarında koyu yeşil renk görülürken düz ve oyuntulu derin yzeyler koyu metalik renktedir.

Resim 14: AD9-C10 sırnın 20x20 boyutundaki duvar panosu uygulaması.



BC1-C10 sırnın 20x20 boyutundaki yüzey görünümü Resim 15'te gösterilmiştir. BC1-C10 kodlu reçetenin yüzey özellikleri incelendiğinde deneme plakasında uygulanan örneğine göre yüzey genişliği daha büyük olduğundan renk daha belirgindir. Pano yüzeyinde bulunan çintemani motifinin keskin kenarlarında kabartmanın etkisiyle açık turkuaz yeşil renkleri oluşurken düz yüzeyler aynı rengin koyu tonlarındadır ve motifin çukur bölgelerinde ise siyaha yakın bir renk görülmektedir.

Resim 15: BC1-C10 sırnın 20x20 boyutundaki duvar panosu uygulaması.



BD1-C10 sırnın 20x20 boyutundaki yüzey görünümü Resim 16'da gösterilmiştir. BD1-C10 sırnın yüzey özellikleri incelendiğinde deneme plakasında uygulanan örneğine göre 20x20 cm büyüklüğündeki pano uygulamasında yüzeyin geniş olması sebebiyle renk daha belirgin bir şekilde gözlenmiştir. Pano yüzeyinde bulunan çintemani motifinin keskin kenarları açık turkuaz yeşil renkte, düz yüzeyler koyu turkuaz yeşil, derin bölgeler ise siyaha yakın koyu bir tondadır.

Resim 16: BD1-C10 sırnın 20x20 boyutundaki duvar panosu uygulaması.



Görsel olarak algıladığımız objelerin rengi, ışığın emilmesine ve yansımaya bağlı olarak değişim gösterir. Etrafımızda gözlemlediğimiz renk farklılıklarının temeli de bu değişimin bir sonucudur (Polat, 2012: 166-173). Kırınım indisi ışığın dalga boyuna bağlıdır. Kırınım indisi hem ışığın izlediği optik yolu hem de yüzeyden yansıtılan ışığın miktarını etkiler. Malzeme içindeki atom ve iyon boyutu ne kadar büyükse kırınım indisi o kadar yüksektir. Örneğin, soda kireç camının kırınım indisi yaklaşık 1,5'tur. Bu camsı yapıya boyutu daha büyük olan kurşun iyonunun eklenmesi kırınım indisini artırır. Bu durum yüzeye gelen ışığın malzeme içinden geçirilme,

saçılma ve yansıma miktarını değiştirir. Malzemenin rengi, içinden geçen ışığın dalga boylarının bir fonksiyonudur. Seramiklerin üzerine uygulanan camsı malzemeler, geçiş elementleri veya nadir toprak elementleri ile renklendirilebilir. Renk iyon çiftleri Cu^{2+} mavi-yeşil, Co^{2+} mavi-mor, Cr^{3+} yeşil, Mn^{2+} sarı ve Mn^{3+} mor iyonlardır (Callister, 2013: 847-854). Deneysel çalışmalarda CuO kullanılarak renklendirilen sırlar, kimyasal bileşime bağlı olarak mavi ve yeşil tonlarını sergilemiştir. Elde edilen sırların alkalili ve borlu olanlarında mavi renk görülürken kurşun içerikli olanlarında yeşil renk oluşmuştur. Bu değişimin camsı faz içerisinde bulunan kurşun iyonlarının malzemenin kırınım indisini artırmasına bağlı olarak yüzeye gelen, saçılan ve yansıyan ışık miktarını değiştirmesi sonucu mavi yerine yeşil rengi veren dalga boyunun algılanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Renk teorileri, bilim adamları tarafından teknolojiye ve bilimdeki gelişmelerle daha kapsamlı açıklanabilmektedir. Fizikçiler, kimyagerler ya da mühendisler renk olgusunu farklı yaklaşımlar, araştırmalar ve deneylerle ortaya koyarlar. Psikolojide, modada veya sanatta ise renk duyguların, eserlerin, kavramların ifade edilmesinde kullanılan bir iletişim aracı olabilir. Örneğin fizikçiler rengi ışığın dalga boyuna ve emilimine göre sınıflandırırken sanatçılar için temel renkler kırmızı, sarı, mavi, beyaz ve siyahtır. Sanatçılar, sarı ve maviyi karıştırarak yeşil ve tonlarını elde edebildikleri için yeşili saf renk olarak kabul etmezler. Sanatçıların bu renkleri temel olarak adlandırmalarının sebebi görünüşte dahi olsa, diğer renklerle karışmamış saf denebilecek renklerden oluşmasıdır (Çömen, 2010: 12,129; Polat, 2012: 166-173). Bu çalışmada geliştirilen sırlar, model kalıp tasarımları yapılarak üretilen çini bünyeler üzerine uygulanmış ve sanatsal değere sahip olan çini duvar panoları elde edilmiştir. Bu bağlamda özgün tasarımları yapıp üretilen çini ürünlerdeki renk olgusu bilimsel ve sanatsal bir bakış açısıyla değerlendirilerek ele alınmaya çalışılmıştır.

GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada farklı olgunlaşma sıcaklıklarına ve kimyasal bileşenlere sahip dört adet ticari firit kullanılmıştır. Ayrıca, laboratuvar ortamında borlu firit üretilmiş ve geliştirilen sistemlere dahil edilmiştir. Firitlerin yumuşama sıcaklıkları ve üretilen firitin deneme sonuçlarına göre ikili sistem dâhilinde kullanılarak çini bünyeler için sır kompozisyonları geliştirilmiştir. Böylece A1, A2, A3, B1, B2, B3 olarak adlandırılan altı ayrı sır sisteminde toplam 162 adet sır üretilmiştir. Çalışmalarda kullanılan sistemlerde farklı renk ve yüzey görünümlerine sahip sırlar elde edilmiştir. Bu sırlara L*a*b* renk analizi yapılmıştır. Ayrıca, deneysel çalışmalar kapsamında her bir sistem içerisinden seçilen en iyi yüzey görünümüne sahip sırların karakterizasyonu gerçekleştirilmiş ve % 10 CuO katkılı olan metalik etkili bu sırlarda kuvars, kristobalit, akermanit ve tenorit fazları tespit edilmiştir. Bu tez çalışmasında geliştirilen sırlar deneme plakaları üzerinde uygulandıktan sonra pişirim sonrası yüzey özellikleri incelenerek en iyi yüzey görünümüne sahip sırlar seçilmiş ve büyük ölçekte üretilerek sanatsal çini duvar panoları elde edilmiştir.

Yüksek yumuşama sıcaklığına sahip firitlerle sistem oluşturulan sırlarda bu firitlerin artan oranlarda kullanılmasıyla genel olarak olgunlaşma gerçekleşmemiş, kaynama, köpürme gibi yüzey hatalarına sebep olmuştur. Bileşiminde alkali kalsiyum ve alkali çinko bulunan firitlerin uygulandığı kabartma desenli karolarda uygulama konusunda zorluklar yaşanmış ve eşit dağılmayarak sır kalınlığının olduğu bölgelerde köpürme gibi hatalara yol açmıştır. Bu firitlerle kabartmalı desen uygulanmayan düz yüzeylerde daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Kurşunlu sır sistemlerinde kurşun oksitli firitin artış göstermesi ile sır yüzeylerinde olgunlaşma, parlaklık ve renk tonlarındaki canlılık açısından olumlu sonuçlar gözlenmiştir. Kurşunsuz sır sistemlerinden B1 ve B2 sistemlerinde alkali borlu B kodlu firitin artışıyla olgunlaşma gerçekleşmiş ve daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir. Alkali oranının yükselişi ile genel olarak çini bünyeler üzerine uygulanan sırlarda genleşme katsayısı uyumsuzluğuna bağlı olarak kılcal çatlamlar meydana gelmiştir.

Kurşunlu sırlarda A1 sisteminde alkali borlu firitin artışıyla canlı turkuaz mavi, kurşunlu firitin artışıyla yeşil renkler elde edilmiştir. A2 ve A3 sisteminde ise yeşilin tonları ve metalik siyah renkler gelişmiştir. Kurşunsuz sırlarda her sistemde alkali borlu

firitin artışıyla canlı mavi renk tonları elde edilmiştir. B1 ve B2 sistemlerinde koyu tonlarda turkuaz yeşil ve siyahımsı yeşil tonlar gözlenmiştir. B3 sisteminde borlu firitin artışıyla rengin hafif yeşil tonlara dönüştüğü görülmektedir. CuO' in artan oranlarda (% 5 ve üzeri) katkısıyla A2 ve A3 sistemlerinde genel olarak metalik siyah yüzeyler elde edilmiştir. Sonuç olarak geliştirilen sırlarda, CuO' in artan miktarlarda kullanılması sırdaki renk tonlarında koyulaşmaya yol açmıştır. CuO' in alkali kalsiyumlu ve kurşunlu firit kompozisyonlarında % 3 oranında ilave edilmesi ile yeşil renkli, % 10 oranda kullanılmasıyla da siyah metalik renkli sanatsal sırlar elde edilmiştir. CuO, hem alkali borlu hem de alkali kalsiyumlu sırlarda turkuaz mavi tonlarını sergilemiş ve reçetedeki kullanım oranının artışına bağlı olarak koyu turkuaz yeşil renk geçişlerinin elde edilmesini sağlamıştır. İçeriği farklı olan firitler ile hazırlanan sırlarda CuO farklı renk ve renk tonlarının oluşmasına sebep olmuştur. Genel olarak sırn kimyasal kompozisyonu ve CuO miktarı nihai sır rengini etkileyen temel parametreler olmuştur.

Bu çalışmada elde edilen veriler ışığında firit kompozisyonlarından üretilen sırlar çini bünyelere alternatif olarak farklı seramik altlıklarda uygulanabilir. Pişirim sıcaklığının ve fırın rejiminin renk şiddeti üzerindeki etkisine yönelik çalışmalar gerçekleştirilebilir. Geliştirilen firit kompozisyonları renklendirici özelliği olan diğer metal oksitler ile kullanılarak farklı sanatsal değere sahip sırlar ve eserler üretilebilir.

KAYNAKÇA

- Arcasoy, A. (1983). *Seramik Teknolojisi*. İstanbul: Güzel Sanatlar Fakültesi Anasanat Dalı Yayınları No: 2.
- Atagün, D. (2010). *Türk çini sanatında renkli sır teknikleri ve reçeteleri* (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Atasoy, D. (2011). *Geleneksel odun fırınlarında pişirim süreçlerinin demir oksitli seramik bünyelere etkilerinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Ayta, T. (1976). *Toprak Sanatlarında Dekoratif Uygulama Yöntemleri*, Anadolu Üniversitesi Yayınları No.3468, Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları No: 92, Eskişehir
- Bailey, M. (2004). *Oriental Glazes*, University of Pennsylvania Press- Philadelphia, London.
- Balyemez, M. A. (2017). *Seramik kültüründe renk ögesi ve çağdaş seramik sanatta kullanımı* (Sanatta Yeterlilik Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, İstanbul.
- Behrens, R. (1967). *Ceramic Glaze Making*, Eleventh Printing, The American Ceramic Society Copyright, Ohio.
- Callister, W. D. ve Retwisch, D. G. (2013). *Malzeme Bilimi ve Mühendisliği*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Cooper, E. (2011). *Seramik Sır Reçeteleri El Kitabı*, Lamineks Matbaacılık, Karakalem Kitapevi Yayınları, İzmir.
- Çalışkan Güneş, P. (2015). Renk Veren Oksitlerle Geliştirilen 'Stoneware' Sır Araştırmaları, *Yedi: Sanat, Tasarım ve Bilim Dergisi*, Sayı 14: 135-142
- Çelik, B. (2011). *Nanosaniye lazer kullanarak pvc malzeme üzerinde mikro ölçekli deliklerin optimum parametrelerinin taguchi metodu ile belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Çetin, S. (2005). *Bazalt tüfü kullanılarak yapılan fritlerin endüstriyel ve sanatsal sıklarda kullanımı, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.

- Çömen, A. (2010). *Resim sanatında rönesans'tan empresyonizm'e renk kullanımı ve kırmızı rengin ifade biçimleri* (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Güzel Sanatlar Eğitimi Anabilim Dalı Resim İş Öğretmenliği Programı, İzmir.
- Deward, R. (2002). *Stoneware*, University of Pennsylvania Press- Philadelphia, London.
- Doğanay, A. (2010). *İslam Sanatları Tarihi*, Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisi, Eskişehir.
- Erbaş, Ö. (1996). *Sanat eğitiminde renk ve renk öğretim yöntemleri* (Sanatta Yeterlilik Tezi). Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Eren Gültekin, E. (2017). Fe₂O₃ İçeren Hammaddenin Şeffaf Sırların Renklendirme Etkisi, Dicle Üniversitesi, *Mühendislik Dergisi*, Cilt:8, Sayı:4, 865-870.
- Fraser, H. (2010). *Seramik Hataları ve Çözüm Yöntemleri*. (Z. Mete, İ. Özkan, Çev.) Karakalem Kitabevi Yayınları, İzmir.
- Genç, P. (1994). *Aventurin oluşturabilen bakır, demir ve krom oksitlerle yapılan sırların araştırmaları* (Sanatta Yeterlilik Tezi). Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Genç, S. (2013). *Artistik Seramik Sırları*, Boyut Matbaacılık, İstanbul.
- Gönül, A. (2005). *ZrO₂—CaO—MgO—SiO₂ (zrcms) firit esaslı, yüksek aşınma dayanımlı yer karosu sırlarının geliştirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Güler, K. (2014). Taş Çini Tekniği ve Bir Turkuaz Uygulaması, *Kalemişi Dergisi*, Cilt 2, Sayı 4, 41-53
- Gün, Y. (2018). *Fosforesans yeteneğine sahip çeşitli çini sırlarında sırların bünye ilişkilerinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Uşak Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uşak.
- Gün, Y., Taşçı, E., Pekkan, K. ve Karasu, B. (2017). Farklı Ticari Firitlerin Değişen Sıcaklık Aralıklarında Fosforesans Işımaya Etkisi. *Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Sayı: 10, 42-58
- Güvenç, Ş. G. (2017). *Firit üretim fabrikasında enerji verimliliği analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

- Hatipoğlu, T. Y. (2015). *Renklendirilmiş seramik çamurlarının günümüz sanatında kullanım olanakları* (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Karaca, H. (2014), *Kalsiyum ve magnezyum oksit bileşimli bir firit kompozisyonu geliştirmek ve kristalizasyon davranışını incelemek* (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Karaveli, K., Karasu, B. ve Önal, H. Ş. (2007). Zirkonsuz Opak Firit Ve Firit-Bazlı Hızlı Tek Pişirim Duvar Karosu Sırı Üretimi ve Karakterizasyonu, *Seres 2007 IV. Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye Sır ve Boya Semineri*. 808-814
- Kaya, O. (2010). *Porselen karolar için cam seramik sırların geliştirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kayalıoğlu, A. C. (2016). *Opaklaştırıcı ve matlaştırıcı metal oksitlerin şamotlu çamurun bünye özelliklerine etkilerinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Eskişehir.
- Kılınç Mirdalı, N. (2007). *Krom zenginleştirme tesisi atıklarının seramik malzemelerde kullanım olanakları* (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Koç, E. (2019). *Seramik sırlarında kullanılan renklendirici oksitlerin, karbonatların ve tuzların etkilerinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Eskişehir.
- Koyun, S. (2013). *Bursa ili çini sanatı ve çini sanatı tekniklerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Köse, E. ve Şahinbaşkan T. (2008). Renk Yönetiminde Kullanılan Standart ICC Profillerinin Türkiye’de Oluşturulmuş Bazı Profiller ile Karşılaştırılması, *Politeknik Dergisi*, Cilt:11, Sayı: 4, 365-371.
- Kula, S. (2003). *Hammaddelerin firit özellikleri üzerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Özalp, N. (2011). *Bakır kırmızısı sırlar* (Sanatta Yeterlilik Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir.
- Özenoğlu, B.T. (2013). *Burdur ağlasun yöre kili ile astar araştırmaları ve uygulamaları* (Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Isparta.

- Pekkan, K. (2009). *Zirkonsuz opak frit üretimi ve hızlı pişirim duvar karosu sırlarının geliştirilmesi* (Doktora Tezi). Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Pekkan, K., Afacan, A. ve Taşçı, E. (2018). Çini Sırı ve Astarı İçin Pigment Üretimi ve Karakterizasyonu, *3rd International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia , IMSTEC'18*, Nevşehir. 420-425.
- Pekkan K., Başkırkan H. ve Çakı M. (2018). Development of Gold-Bronze Metallic Glazes in a Clay-Based System For Stoneware Bodies, *Ceramics International*, 4789-4794.
- Pekkan, K., vd. (2017). Farklı Renk Veren Fosfor Işıl Pigmentler Açısından Düşük Sıcaklık Sır Bileşimlerinin Belirlenip Çini Bünyelerde Uygulanması. *Şişecam Teknik Bülten*, 46-3(232), 20-27.
- Pekkan, K., vd. (2015). Mavimsi-Yeşil ve Sarımsı Yeşil Fosforesans Pigmentlerin Çini Sırında Değerlendirilmesi. *IX. Uluslararası Pişmiş Toprak Sempozyumu*. Eskişehir, 249-259.
- Polat, H. H. (2012). *Renk Teorisi ve Temel Yanılgular*. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 28 / 2012, Konya.
- Sacmi. (2005). *Uygulamalı Seramik Teknolojisi*. Cilt 1, (İ. Özkan, Çev.) SACMI, İstanbul.
- Sarı, H. S. (2010). *Düşük dereceli (750 °C – 1020 °C) kromatlı sırlar* (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Sarıkaya, I. ve Güler, A.U. (2009). Diş Hekimliği Uygulamalarında Renk Kavramı, *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 2009;15(2), 119.
- Sevim, K. (2006). *1200 °C sıcaklıkta gelişebilen bakır kırmızısı sırlar* (Sanatta Yeterlilik Tezi). Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Singer, F. ve German, W.L. (1971). *Ceramic Glazes*, Borax Consolidated Limited, London SWI. (T. Ayta, Çev.) Karakalem Kitabevi Yayınları, İzmir.
- Sümer, G. (2005). *Seramik Hammaddeleri*, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

- Tanışan, B. (2008). *Kamaralı ve döner fırınlarda siyah seramik pigment üretimi ve karakterizasyonu* (Doktora Tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Taşcı, E., vd. (2014). Doğal Zeolitlerin Seramik Pigment Olarak Kullanılabilirliği, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 213-218.
- Taşkın, Y. (2012). *Hava perspektifinin ışık ve renk açısından incelenmesi ve empresyonizm'de uygulama biçimleri* (Yüksek Lisans Tezi). Cumhuriyet Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Taylor, B. ve Doody, K. (2014). *Ceramic Glazes, The Complete Handbook*, Thames & Hudson Ltd, London.
- Tutak, D. (2014). Ambalaj Baskılarında Kullanılan Farklı Karton Yüzeylerinin Renk Evreni Karşılaştırması, *Online Academic Journal of Information Technology*, Cilt: 5, Sayı:17 57-66.
- Ünlütürk, G. (2005). *Elektroporselenlerde kullanılan kahverengi pigmentin endüstriyel atıklardan ve doğal hammaddelerden üretimi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yarol, Y. (2008). *İslam seramiklerinde kullanılan firitli hamurun incelenmesi ve çağdaş formlarda uygulanması* (Sanatta Yeterlilik Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir.
- Yeşil, Y. (2010). *Melanj elyaf karışımlarında renk değerlerinin yeni bir algoritma geliştirilerek tahmin edilmesi* (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Yılmaz, M. (2011). *İznik çinilerinde nanopigment kullanımı ve geleneksel pigmentlerle karşılaştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.