



T.C.

BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SERAMİK VE CAM ANASANAT DALI

**SERAMİK KARO SEKTÖRÜNDEKİ DİJİTAL BOYA ATIKLARININ SERAMİK  
YÜZEYLERDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CİHAN YAVAŞ

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. LEYLA KUBAT

BİLECİK, 2025

10763938

T.C.  
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
SERAMİK VE CAM ANASANAT DALI

**SERAMİK KARO SEKTÖRÜNDEKİ DİJİTAL BOYA ATIKLARININ SERAMİK  
YÜZEYLERDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CİHAN YAVAŞ

TEZ DANIŞMANI  
DOÇ. LEYLA KUBAT

BİLECİK, 2025

10763938

## **BEYAN**

Seramik Karo Sektöründeki Dijital Boya Atıklarının Seramik Yüzeylerde Kullanım Olanaklarının Araştırılması başlıklı yüksek lisans tezinin hazırlık ve yazım aşamasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Faaliyetlerinde Üretken Yapay Zekâ Kullanımına Dair Etik Rehberine uygun olarak tez projemi hazırladığımı, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel etik kurallarına uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, çalışmamın herhangi bir kısmının başka bir tez projesi olarak sunulmadığını, aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

**Cihan Yavaş**

**.././20..**

**İmza:**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, dijital inkjet baskı teknolojilerinde oluşan boya atıklarının geri kazanımı ve seramik üretiminde yeniden kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla hazırlanmıştır. Araştırma sürecinde deneysel çalışmaların yürütülmesine imkan sağlayan, laboratuvar desteği ve malzeme temini için Decovita Seramik ve Termal Seramik ailelerine teşekkür ederim. Aynı zamanda, pişirim süreçlerinde teknik katkılarından dolayı Tezabianca Ailesine: uygulama aşamalarında desteklerini sunan Toprak Ana Seramik Atölyesi kurucusu Sema Çamoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde bana yardımcı ve destek olan değerli tez danışmanım Doç. Leyla KUBAT'a, çalışmam boyunca bilgi birikimleriyle destekleyici olan tüm arkadaşlarıma ve öğrenim hayatım boyunca bana desteklerini esirgemeyen, yol gösterici olan, yapıcı yaklaşımlarıyla beni cesaretlendiren tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, eğitim hayatım boyunca her daim yanımda olan, manevi destekleri ve fedakârlıklarıyla bugünlere gelmemi sağlayan aileme en içten teşekkürlerimi sunarım. Bu süreçte anlayışı, sabrı ve desteğiyle bana güç veren değerli eşim Seba Nur'a da özellikle teşekkür ederim.

**Cihan Yavaş**

**2025**

## ÖZET

Bu çalışmada, dijital inkjet baskı teknolojilerinde oluşan boya atıklarının geri kazanımı ve seramik üretiminde yeniden kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmanın amacı, seramik karo sektöründe baskı sürecinde atık olarak ortaya çıkan pigmentlerin geri dönüştürülerek sektöre ekonomik ve çevresel açıdan katkı sağlamasını mümkün kılmaktır. Araştırma kapsamında, üretim sürecinden elde edilen atık pigmentler solventlerinden ayrıştırılmış, ardından benzin, selülozik tiner, sentetik tiner, mazot ve su gibi farklı çözücülerle belirli oranlarda karıştırılmıştır. Hazırlanan pigment-çözücü karışımları, farklı gramlarda preslenmiş tabletler üzerine uygulanmış ve endüstriyel fırında yüksek sıcaklıkta pişirilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda, pigmentlerin çözücü türü ve oranına bağlı olarak yüzeyde renk yoğunluğu, homojenlik, pürüzsüzlük ve dayanıklılık açısından farklı sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle benzin ve sentetik tinerle hazırlanan karışımların daha homojen dağılım sağladığı ve daha pürüzsüz yüzeyler oluşturduğu gözlemlenmiştir.

Elde edilen bulgular, atık pigmentlerin seramik üretiminde tekrar kullanımının mümkün olduğunu ve bu uygulamanın hammadde maliyetlerini düşürmenin yanı sıra atık yönetimi açısından da önemli bir fayda sağladığını ortaya koymuştur. Çalışmanın uygulama süreci yalnızca tek bir tedarikçi firmasının pigmentleri ile sınırlandırılmıştır. Bu nedenle, gelecekte farklı tedarikçilerin pigmentleri üzerinde yapılacak karşılaştırmalı analizlerin sektöre daha geniş bir perspektif kazandıracığı öngörülmektedir. Sonuç olarak, bu araştırma, seramik sektöründe ileri dönüşüm uygulamaları için yol gösterici bir kaynak niteliği taşımakta ve sürdürülebilir üretim hedefleri doğrultusunda yapılacak ileri ölçekli çalışmalara temel oluşturmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Dijital İnkjet Baskı, Boya Atıkları, Seramik Karo, Geri Dönüşüm, Sürdürülebilirlik.

## ABSTRACT

This study investigates the recovery and reuse potential of dye wastes generated in digital inkjet printing technologies within ceramic tile production. The primary objective is to enable the recycling of pigments discarded during the printing process and thereby contribute to the ceramic tile industry both economically and environmentally. Within the scope of the research, waste pigments obtained from the production process were separated from their solvents and subsequently mixed in specific ratios with various solvents, including gasoline, cellulose thinner, synthetic thinner, diesel, and water. The prepared pigment–solvent mixtures were applied to pressed tablets of different weights and fired at high temperatures in an industrial kiln.

Experimental results revealed that surface color intensity, homogeneity, smoothness, and durability varied depending on the type and ratio of solvent used. Notably, mixtures prepared with gasoline and synthetic thinner exhibited more homogeneous distribution and produced smoother surfaces. The findings demonstrate that the reuse of waste pigments in ceramic production is feasible, providing significant benefits not only in reducing raw material costs but also in improving waste management practices. The application process in this study was limited to pigments sourced from a single supplier. Therefore, future comparative analyses using pigments from different suppliers are expected to offer a broader perspective to the industry. In conclusion, this research serves as a reference for upcycling practices in the ceramic sector and lays the groundwork for future large-scale studies aligned with sustainable production goals.

**Keywords:** Digital Inkjet Printing, Dye Wastes, Ceramic Tiles, Recycling, Sustainability.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
RESİMLER LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	xv
GİRİŞ.....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### SERAMİK KARO SEKTÖRÜNDE İNKJET BASKI TEKNOLOJİSİ

1. Seramik Karo Sektöründe Kullanılan İnkjet Baskı Teknolojisi.....	2
2. İnkjet Baskı Makinelerinin Çalışma Prensipleri.....	6
2.1. İnkjet Mürekkep Püskürtme Sistemleri.....	7
2.2. Termal İnkjet.....	11
2.3. Piezoelektrik İnkjet.....	12

### İKİNCİ BÖLÜM

#### İNKJET BASKI TEKNOLOJİSİNDE MÜREKKEPLER

1. İnkjet Baskı Teknolojisinde Kullanılan Mürekkeplerin Özellikleri ve Türleri.....	15
1.1. Süblimasyon Mürekkepler.....	16
1.2. Solvent Bazlı Mürekkepler.....	16
1.3. Su Bazlı Mürekkepler.....	18
1.4. UV Bazlı Mürekkepler.....	18

### ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

# **İNKJET BOYA ATIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE RENKLENDİRME ÇALIŞMALARI**

1. İnkjet Baskılarda Kullanılan Boyaların Atıklarını Değerlendirme .....	19
2. İnkjet Boya Atıklarının Geri Dönüştürülmesi Üzerine Yapılan Gramaj Denemeleri ve Sıralama Çalışmaları .....	25
2.1. Sırsız Tabletler .....	30
2.2. Parlak Sırlı Tabletler .....	34
2.3. Sugar Efekt Sırlı Tabletler.....	39
2.4. Mat Sırlı Tabletler .....	43
3. Endüstriyel Sırlar ve Engobun Renklendirme Çalışması .....	48
4. Pigmentlerin Pişirim Teknikleri ile İncelenmesi.....	58
4.1. Raku Pişirim Denemeleri .....	58
4.2. 1200 °C Elektrikli Fırın Denemeleri .....	64
<b>SONUÇ</b> .....	<b>68</b>
<b>KAYNAKÇA</b> .....	<b>70</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
<b>Şekil 1.1.</b> Creatprint marka üretim bantları inkjet baskı makinesi.....	3
<b>Şekil 1.2.</b> İnkjet teknolojileri.....	5
<b>Şekil 1.3.</b> Elektrostatik mürekkep püskürtmeli baskı (EIJ) çalışma prensibi .....	8
<b>Şekil 1.4.</b> Sürekli mürekkep püskürtmeli bir yazıcının (CIJ) çalışma ilkelerinin şematik gösterimi.....	9
<b>Şekil 1.5.</b> İsteğe bağlı bırakılan mürekkep püskürtmeli bir yazıcının (DOD) çalışma ilkelerinin gösterimi (a) Isıl (b) Piezo-elektrik .....	10
<b>Şekil 1.6.</b> Gray Scale ve Binary Baskı modu farkı .....	11
<b>Şekil 1.7.</b> Isıl (Termal) mürekkep püskürtme kafası ve çalışma sistemi. ....	12
<b>Şekil 1.8.</b> Piezoelektrik mürekkep püskürtme kafası ve çalışma sistemi.....	13
<b>Şekil 1.9.</b> Piezoelektrik inkjet teknolojisinin şematik yapısı .....	13

## RESİMLER LİSTESİ

### Sayfa

<b>Resim 3.1.</b> Kahverengi atık boyanın çelik tepside ısı işlemine tabi tutulması ve ısı verilen solvent bazlı dijital baskı boyasının alev alması .....	<b>19</b>
<b>Resim 3.2.</b> Solvent maddesinin boya içerisinde yüksek oranda buharlaşmış görünümü .....	<b>20</b>
<b>Resim 3.3.</b> Buharlaşan solventten sonra geriye kalan pigment .....	<b>20</b>
<b>Resim 3.4.</b> Toz granül ölçümü .....	<b>21</b>
<b>Resim 3.5.</b> Kullanılan elek .....	<b>21</b>
<b>Resim 3.6.</b> Kahverengi pigment boya tartımı ve çözelti tartımı .....	<b>22</b>
<b>Resim 3.7.</b> Karışım işlemi .....	<b>22</b>
<b>Resim 3.8.</b> Tablet üzerine uygulanan karışım .....	<b>23</b>
<b>Resim 3.9.</b> Sentetik tiner ve Pigment karışımı (Soldan sağa renkler: Siyah, Mavi, Bej) .....	<b>23</b>
<b>Resim 3.10.</b> Selülozik tiner ve pigment karışımı (Soldan sağa renkler: Siyah, Mavi, Bej) ....	<b>24</b>
<b>Resim 3.11.</b> Benzin ve pigment karışımı (Soldan sağa renkler: Siyah, Mavi, Bej) .....	<b>24</b>
<b>Resim 3.12.</b> Dizel yakıt ve pigment karışımı (Soldan sağa renkler: Siyah, Mavi, Bej) .....	<b>25</b>
<b>Resim 3.13.</b> Su ve pigment karışımı (Soldan sağa renkler: Siyah, Mavi, Bej) .....	<b>25</b>
<b>Resim 3.14.</b> Gruplandırılmış çözelti kapları .....	<b>26</b>
<b>Resim 3.15.</b> Çözeltiler için pigmentlerin ölçme işlemi aşaması .....	<b>26</b>
<b>Resim 3.16.</b> Çözeltiler ve pigmentlerin karıştırılması .....	<b>27</b>
<b>Resim 3.17.</b> Sırlama kabini .....	<b>27</b>
<b>Resim 3.18.</b> Tabletlerin sırlama kabinine dizilmesi .....	<b>28</b>
<b>Resim 3.19.</b> Tabletlerin sırlanması .....	<b>28</b>
<b>Resim 3.20.</b> Sırların kazınma işlemi .....	<b>29</b>
<b>Resim 3.21.</b> Tabletlerin pişirme tepsisine yerleştirilmesi .....	<b>29</b>
<b>Resim 3.22.</b> Tabletlerin fırın içerisinde pişme aşaması .....	<b>30</b>
<b>Resim 3.23.</b> 2 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr	

Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Kahverengi Pigment , ..... 30

**Resim 3.24.** 4 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Kahverengi Pigment, ..... 31

**Resim 3.25.** 6 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Kahverengi Pigment, ..... 31

**Resim 3.26.** 2 gr bej pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Bej Pigment, ..... 31

**Resim 3.27.** 4 gr bej pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Bej Pigment ..... 32

**Resim 3.28.** 6 gr bej pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Bej Pigment. .... 32

**Resim 3.29.** 2 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Mavi Pigment ..... 32

**Resim 3.30.** 4 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Mavi Pigment, ..... 33

**Resim 3.31.** 6 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin + 6gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Mavi Pigment..... 33

**Resim 3.32.** 2 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Siyah Pigment, .... 33

**Resim 3.33.** 4 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Siyah Pigment, .... **34**

**Resim 3.34.** 6 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Siyah Pigment, .. **34**

**Resim 3.35.** 2 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2 gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +2 gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2 gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2 gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Kahverengi Pigment, ..... **34**

**Resim 3.36.** 4 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Kahverengi Pigment, ..... **35**

**Resim 3.37.** 6 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Kahverengi Pigment, ..... **35**

**Resim 3.38.** 2 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Bej Pigment, ..... **36**

**Resim 3.39.** 4 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Bej Pigment, ..... **36**

**Resim 3.40.** 6 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Bej Pigment, ..... **36**

**Resim 3.41.** 2 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Mavi Pigment, ..... **37**

**Resim 3.42.** 4 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler (1) 5ml Su +4gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Mavi Pigment, ..... **37**

**Resim 3.43.** 6 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Mavi Pigment, ..... **37**

**Resim 3.44.** 2 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Siyah Pigment, .... **38**

**Resim 3.45.** 4 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Siyah Pigment, .... **38**

**Resim 3.46.** 6 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Siyah Pigment, .... **38**

**Resim 3.47.** 2 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Kahverengi Pigment, ..... **39**

**Resim 3.48.** 4 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Kahverengi Pigment, ..... **39**

**Resim 3.49.** 6 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Kahverengi Pigment, ..... **40**

**Resim 3.50.** 2 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Bej Pigment, ..... **40**

**Resim 3.51.** 4 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Bej Pigment,(5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Bej Pigment, ..... **40**

**Resim 3.52.** 6 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Bej Pigment, ..... **41**

**Resim 3.53.** 2 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Mavi Pigment ..... **41**

**Resim 3.54.** 4 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Mavi Pigment ..... **41**

**Resim 3.55.** 6 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Mavi Pigment, ..... **42**

**Resim 3.56.** 2 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Siyah Pigment, .... **42**

**Resim 3.57.** 4 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Siyah Pigment ..... **42**

**Resim 3.58.** 6 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Siyah Pigment. .... **43**

**Resim 3.59.** 2 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Kahverengi Pigment, ..... **43**

**Resim 3.60.** 4 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4 gr

kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr kahverengi Pigment. 4 numaralı deneme fırın içerisinde patladığından eksiktir. .... 44

**Resim 3.61.** 6 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr kahverengi Pigment. .... 44

**Resim 3.62.** 2 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Bej Pigment. .... 45

**Resim 3.63.** 4 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 4 gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Bej Pigment. .... 45

**Resim 3.64.** 6 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Bej Pigment. .... 45

**Resim 3.65.** 2 gr mavi rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Mavi Pigment. .... 46

**Resim 3.66.** 4 gr Mavi rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4 gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Mavi Pigment. .... 46

**Resim 3.67.** 6 gr mavi rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Mavi Pigment ..... 46

**Resim 3.68.** 2 gr Siyah rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Mavi Pigment. .... 47

- Resim 3.69.** 4 gr Siyah rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 4 gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Siyah Pigment..... 47
- Resim 3.70.** 6 gr Siyah rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Siyah Pigment..... 47
- Resim 3.71.** Pistole ile sırlama işlemi..... 48
- Resim 3.72.** Deneme tabletlerinin pişirim öncesi fırın tellerine dizim işlemi ..... 49
- Resim 3.73.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-49: (1) 1gr bej pigment +parlak sır, (2) 3gr bej pigment + parlak sır, (3) 5gr bej pigment + parlak sır. .... 49
- Resim 3.74.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-50 (1) 1gr Mavi pigment +parlak sır, (2) 3gr Mavi pigment + parlak sır, (3) 5gr Mavi pigment + parlak sır..... 50
- Resim 3.75.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-51 (1) 1gr Kahverengi pigment +parlak sır, (2) 3gr Kahverengi pigment + parlak sır, (3) 5gr Kahverengi pigment + parlak sır..... 50
- Resim 3.76.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-52 (1) 1gr Siyah pigment +parlak sır, (2) 3gr Siyah pigment + parlak sır, (3) 5gr Siyah pigment + parlak sır. .... 51
- Resim 3.77.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-53 (1) 1gr Bej pigment +mat sır, (2) 3gr Bej pigment + mat sır, (3) 5gr Bej pigment + mat sır. .... 51
- Resim 3.78.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-54 (1) 1gr Mavi pigment +Mat sır, (2) 3gr Mavi pigment + mat sır, (3) 5gr Mavi pigment + mat sır..... 52
- Resim 3.79.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-55 (1) 1gr Kahverengi pigment +Mat sır, (2) 3gr Kahverengi pigment + mat sır, (3) 5gr Kahverengi pigment + mat sır. .... 52
- Resim 3.80.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-56 (1) 1gr Siyah pigment +mat sır, (2) 3gr Siyah pigment + mat sır, (3) 5gr Siyah pigment + mat sır. .... 53
- Resim 3.81.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-57 (1) 1gr Bej pigment +şugar sır, (2) 3gr Bej pigment + şugar sır, (3) 5gr Bej pigment + şugar sır. .... 53
- Resim 3.82.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-58 (1) 1gr Mavi pigment +şugar sır, (2) 3gr Mavi pigment + şugar sır, (3) 5gr Mavi pigment + şugar sır. .... 54

<b>Resim 3.83.</b> Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-59 (1) 1gr kahverengi pigment +şugar sır, (2) 3gr kahverengi pigment + şugar sır, (3) 5gr kahverengi pigment + şugar sır. ....	<b>54</b>
<b>Resim 3.84.</b> Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-60 (1) 1gr Siyah pigment +şugar sır, (2) 3gr Siyah pigment + şugar sır, (3) 5gr Siyah pigment + şugar sır.....	<b>55</b>
<b>Resim 3.85.</b> Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-61 (1) 1gr Bej pigment + engob, (2) 3gr Bej pigment + engob, (3) 5gr Bej pigment + engob. ....	<b>55</b>
<b>Resim 3.86.</b> Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-62 (1) 1gr Mavi pigment +engob, (2) 3gr Mavi pigment + engob, (3) 5gr Mavi pigment + engob. ....	<b>56</b>
<b>Resim 3.87.</b> Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-63 (1) 1gr kahverengi pigment +engob, (2) 3gr Kahverengi + engob, (3) 5gr Kahverengi pigment + engob. ....	<b>56</b>
<b>Resim 3.88.</b> Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-64 (1) 1gr Siyah pigment +engob, (2) 3gr Siyah pigment + engob, (3) 5gr Siyah pigment + engob.....	<b>57</b>
<b>Resim 3.89.</b> Stoneware çamurundan oluşturulan vazo formu .....	<b>59</b>
<b>Resim 3.90.</b> Stoneware çamurundan oluşturulan vazoların bisküvi pişirimleri. ....	<b>59</b>
<b>Resim 3.91.</b> Raku pişirimi için sırlama çalışması .....	<b>60</b>
<b>Resim 3.92.</b> Raku pişirimi için sırlama çalışması.....	<b>60</b>
<b>Resim 3.93.</b> Raku pişirimi için fırına dizim işlemi .....	<b>61</b>
<b>Resim 3.94.</b> Raku pişirimi .....	<b>61</b>
<b>Resim 3.95.</b> Kahverengi pigmentin raku pişirimi sonrası etkileri. ....	<b>62</b>
<b>Resim 3.96.</b> Mavi renk pigmentin raku pişirimi sonrası etkileri. ....	<b>62</b>
<b>Resim 3.97.</b> Bej rengi pigmentin raku pişirimi sonrası etkileri .....	<b>63</b>
<b>Resim 3.98.</b> Siyah renk pigmentin raku pişirimi sonrası etkileri.....	<b>63</b>
<b>Resim 3.99.</b> Tüm yüzeye uygulanan pigmentlerin raku pişirimi sonrası etkileri. ....	<b>64</b>
<b>Resim 3.100.</b> Elektrikli fırına vazoların dizilim işlemi. ....	<b>65</b>
<b>Resim 3.101.</b> Parlak sır ile pişen vazoların etkileri. ....	<b>65</b>
<b>Resim 3.102.</b> Sugar sır ile pişen vazoların etkileri. ....	<b>66</b>
<b>Resim 3.103.</b> Sırasıyla parlak, mat, sugar sır ile pişen vazoların etkileri.....	<b>66</b>

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

**€:** Euro

**°C:** Santigrat

**µm:** Mikro Metre

**CIJ:** Sürekli Mürekkep Püskürtmeli

**Co:** Kobalt

**Cr:** Krom

**dk:** Dakika

**DOD:** İsteğe Bağlı Duraklamalı Mürekkep Püskürtmeli

**EIJ:** Elektrostatik Mürekkep Püskürtmeli Baskı

**Fe:** Demir

**gr:** Gram

**HAP:** Tehlikeli Hava Kirleticileri

**kHz:** Kilohertz

**L:** Litre

**m/s:** Metre/Saniye

**ml:** Mililitre

**mm:** Milimetre

**TSE:** Türk Standartları Enstitüsü

**UV:** Ultraviyole+

**VOC:** Volatile Organic Compound

## GİRİŞ

Seramik endüstrisi, estetik ve işlevselliği bir araya getiren ürünleriyle hem geleneksel hem de modern üretim anlayışını bir arada barındırmaktadır. Günümüzde teknolojik gelişmelerle birlikte üretim süreçlerinde büyük değişimler yaşanmış, özellikle dijital baskı teknolojileri seramik karo üretiminde önemli bir yer edinmiştir. Dijital inkjet baskı sistemleri sayesinde yüksek çözünürlüklü ve özgün desenlerin kısa sürede, kalıp kullanılmadan ve tekrarlanabilir şekilde üretilmesi mümkün hale gelmiştir. Bu gelişmeler, seramik sektörüne tasarım ve üretim açısından esneklik sağlarken, beraberinde yeni sorunları da gündeme getirmiştir.

Üretim sürecinde kullanılan dijital baskı makineleri, bakım, temizlik ve renk değişim aşamalarında kayda değer miktarda atık pigment ortaya çıkarmaktadır. Baskı kafalarında veya ambalajların iç yüzeylerinde kalan pigmentler, ekonomik açıdan maliyet kaybına ve çevresel açıdan atık yükünün artmasına neden olmaktadır. Bu noktada, söz konusu atıkların geri kazanılarak yeniden kullanılabilir hale getirilmesi hem sürdürülebilirlik hem de hammadde verimliliği açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, dijital baskı sürecinde atık olarak ortaya çıkan pigmentlerin yeniden değerlendirilmesini sağlayarak seramik üretiminde kullanılabilirliğini araştırmaktır. Çalışma, sektöre ekonomik katkı sağlamanın yanı sıra atık yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da anlamlı bir katkı sunmayı hedeflemektedir. Böylelikle seramik sektöründe ileri dönüşüm yaklaşımı desteklenmekte, hammadde israfının önüne geçilmekte ve çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sağlanmaktadır.

Konuyla ilgili daha önce yapılan araştırmalar, pigmentlerin farklı çözücülerle karıştırılarak çeşitli yüzeylerde denenebildiğini, renk yoğunluğu, homojenlik ve yüzey dokusu gibi parametrelerde farklı sonuçlar elde edilebildiğini ortaya koymuştur. Özellikle çözücü türünün ve pişirim yönteminin, pigmentlerin renk şiddeti ve yüzey kalitesi üzerinde belirleyici olduğu bilinmektedir. Ancak bu alanda yapılan çalışmalar oldukça sınırlı kalmış, özellikle endüstriyel ölçekte atık pigmentlerin yeniden kullanımı konusunda kapsamlı araştırmalar yapılmamıştır. Bu tez, söz konusu boşluğu doldurmayı hedeflemekte; dijital baskı süreçlerinden elde edilen pigment atıklarının önce tablet deneyleri ile farklı çözücü kombinasyonlarında test edilmesini, ardından Stoneware çamurdan hazırlanmış formlar üzerinde farklı sır türleri ve pişirim teknikleriyle değerlendirilmesini konu edinmektedir. Çalışma ile hem laboratuvar ölçeğinde hem de sanatsal boyutta elde edilen bulgular değerlendirilerek, atık pigmentlerin seramik sektöründe yeniden kullanım potansiyeli çok yönlü biçimde ortaya konmuştur.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### SERAMİK KARO SEKTÖRÜNDE İNKJET BASKI TEKNOLOJİSİ

#### 1. Seramik Karo Sektöründe Kullanılan İnkjet Baskı Teknolojisi

İnkjet baskı teknolojisinin ilk ortaya çıkışı Fransız fizikçi ve matematikçi Felix Savart'ın 1833 yılında yaptığı bir araştırmaya dayanmaktadır. Savart, araştırmasında akışkanlar mekaniği yasalarının, sıvı jetlerin tekrarlanabilir damlalara ayrılmasında da geçerli olduğunu öne sürmüştür. Buna rağmen inkjet yazıcıların ilk kez patentlenmesi 1951 yılını bulmuş ve bu patent de Siemens tarafından alınmıştır. Patent tarihi inkjet baskı teknolojisi açısından bir devrim olmuş, ardından çeşitli çalışmalar geliştirilmiş ve hakkındaki araştırmalar da hız kazanmıştır. Günümüzde kurumlarda ve evlerde kullanılan masaüstü yazıcılardan yeni nesil üç boyutlu yazıcılara kadar birçok teknolojinin gelişmesine katkı sağlamıştır (Özeskici vd., 2019, s. 68).

İlk üretilen halinin geliştirilmesiyle günümüze kadar gelen ve dijital baskı yöntemlerinden biri olan inkjet baskı, bilgisayardan alınan verilerin materyal üzerine basılabilesini sağlayan bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır. Basılmak istenen desen baskı makinasına bilgisayar aracılığıyla iletilir. Karo üzerinde desenlerin oluşması ise baskıya uygun ana renk mürekkeplerin baskı başlığından püskürtülmesi ile oluşmaktadır (Sevim vd., 2013, s. 7)

İnkjet baskının çalışma sistemi, baskı kafasının ve zemin malzemesinin farklı yönlerde hareket etmesi üzerine çalışmaktadır. Yatay yönde hareket eden baskı kafası, zeminin düşey yönde hareket etmesiyle baskıyı baştan sona doğru gerçekleştirir. Baskı aşamasında, püskürtme yapmak için deliklere sahip olan mürekkep tankları, uygun yerlerde mürekkep damlacıkları bırakır ve böylece görüntü oluşturulmaktadır. Dolayısıyla bu yazıcılarda baskı yapmak için sıvı mürekkeplerden faydalanmaktadır. Bu mürekkeplerin yoğunluklarından partikül boyutlarına kadar birçok kriter önem taşımaktadır (Uğur, 2018, s. 76).

Mürekkep püskürtmeli baskı teknolojisinin ortaya çıkışı ve gelişimi 19. yüzyılın başlarına dayansa da, bugüne gelene kadar dijital baskı alanında birçok teknolojik gelişmeye temel oluşturduğu görülmektedir. Bu teknoloji ile birlikte bilgisayarlarda oluşturulan verilerin inkjet baskı teknolojisi sayesinde, baskı yapılacak malzeme üzerine desenin aktarılabilirdiği anlaşılmıştır. Özellikle baskı malzemesinin ve baskı kafasının farklı yönlerde hareket etmesinin, püskürtülen mürekkebin doğru noktaya bırakılmasını sağladığı bilgisi edinilmiştir.

İnkjet yazıcılar genel olarak ofis kullanımı ve endüstriyel kullanım amacıyla ikiye ayrılmaktadır. Ofislerde ve evlerde bireysel olarak kullanılması amacıyla üretilen inkjet

yazıcılar, çeşitli kağıt türlerine poster, resim baskısı yapmak için kullanılır. Endüstriyel amaçla üretilen inkjet yazıcıların sınırları ise kağıt baskılarını aşar. Bu yazıcılar ile plastik şişelere, ambalajlara, ahşap üzerine, tenekelere ve daha birçok yüzeye baskı yapmak mümkündür.

Her ne kadar inkjet yazıcıların patentlenmesinin üzerinden yarım asırdan fazla bir süre geçmiş olsa da, bu teknolojinin ticari anlamda seramik karoların dekorasyonu için kullanımı 2000’li yılların başlarına dayanmaktadır (Özeskici vd., 2019, s. 68) Gelişmiş inkjet baskı teknolojilerinin seramik sektöründe de kullanılmaya başlanması, bu alanda talep görmesini sağlamış ve geliştirmelerin devam etmesinde etkili olmuştur. Özellikle seramik sektöründe kullanılan Rotocolor baskıya göre sınırsız tonlama ve rengin yüzeye geçirilmesindeki başarısı, uygulama çeşitliliğinde farklılık oluşturması inkjet baskı teknolojisini öne çıkarmıştır (Çavdar ve Yardımcı, 2022) Öyle ki, 2008 yılı “seramik için dijital devrim yılı” olarak adlandırılmıştır (Hutchings, 2010, s. 2).

Hem bireysel hem de endüstriyel olarak kullanımı yaygınlaşan bu teknolojinin milenyum ile birlikte özellikle seramik endüstrisinde teknolojilerinin önemli hale geldiği görülmektedir. Daha önce kullanılan baskı teknolojisine göre renk çeşitliliği ve işlem kolaylığı sağlamanın, inkjet baskıyı seramik sektöründe bir patlama noktası haline getirdiği anlaşılmaktadır.

Günümüzde de seramik karo tasarımında kullanılan en yaygın yöntem, seramik üretiminde pişirim öncesinde inkjet baskı teknolojisinin uygulanmasıdır. Eğer yazıcı, seramik karo gibi seri üretim hattında çalışıyorsa, sürekli olarak akan ürünler için hızlı kuruyan mürekkepler geliştirilmiştir (Özeskici vd., 2019, s. 68).

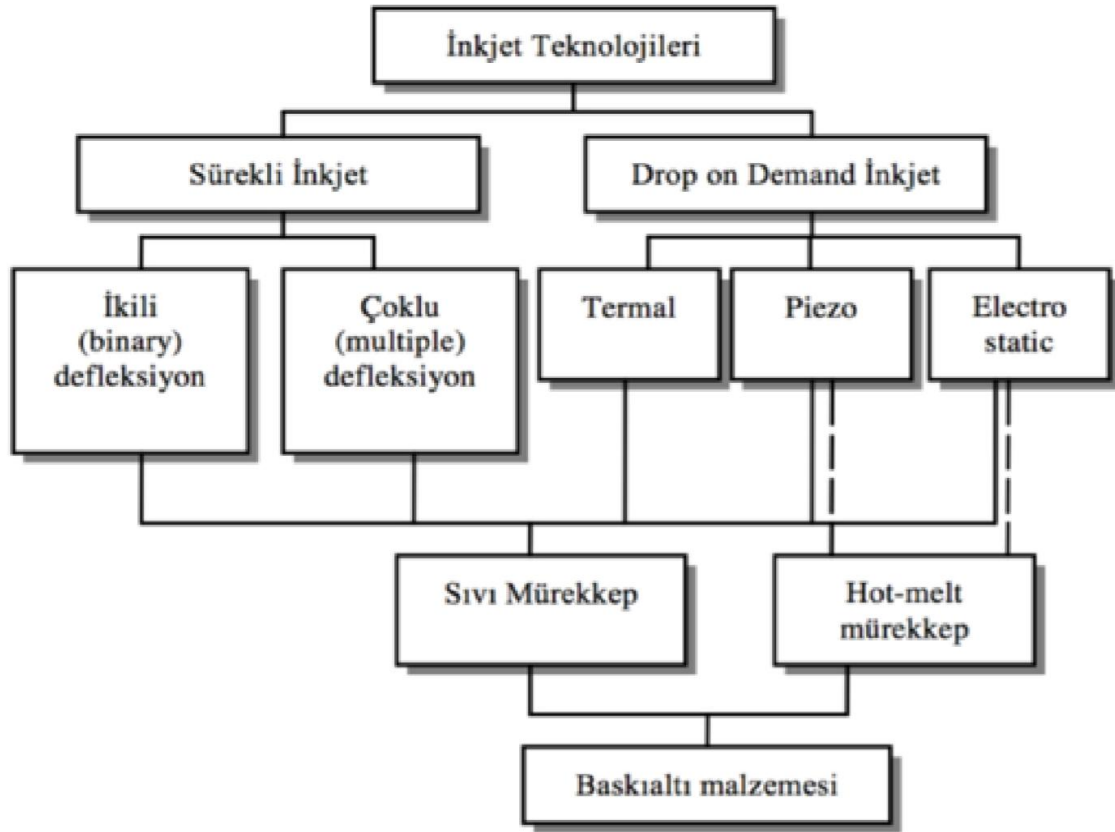


**Şekil 1.1.** Creatprint marka üretim bantları inkjet baskı makinesi (Çavdar ve Yardımcı, 2022, s. 110)

İnkjet yazıcıların çalışma prensipleri mürekkep püskürtmeli yazıcılar gibidir. Her bir mürekkep damlacığının oluşturulması ve basılacak materyale aktarılması dijital olarak kontrol altında gerçekleşir. Böylece elde edilen desenler sırayla tekrar eden baskılarda aynı olur ve farklı baskılardaki değişiklikler de kontrol edilebilir (Hutchings, 2010, s. 2).

İstenilen çözünürlüğe sahip desenin oluşması için baskı kafasından farklı renkte mürekkepler püskürtülür. Bunu sağlayan sistemin parçaları arasında dekorun uygulandığı yer, desen, renk veren bileşenler ve baskı makinesi bulunmaktadır. Seramik karolara desen aktarımı, kaliteli pigmentlerden oluşan, doğru viskoziteye ve ısıya sahip mürekkebin rezervuardan geçerek dijital ortamda oluşturulan ve belirlenen renk miktarlarında ve şekillerde karo üzerine püskürtülmesi ile gerçekleşir. Bu işlemin yapıldığı esnada yazıcı kafalarından farklı miktarlarda ve büyüklükte mürekkep damlacığı çıkabilir. Bunu ölçümleyebilmek için “Gray Scale” ve “Binary” olarak iki farklı sistem ile mürekkebin damlacık boyutu belirlenir. Hem işletmenin çalışma şartlarına hem de desene bağlı olarak bu sistemlerden biri seçilir ve desen uygulanır (Korkmaz, 2017, s. 1868).

Mürekkep püskürtmeli yazıcılar ile inkjet yazıcıların, gerçekleştirdikleri işlem açısından çalışma prensiplerinin benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Seramiğe aktarılacak desenin oluşturulması aşamasında, baskı kafasından seçilen renklerin püskürtüldüğü görülmüştür. Sıvı halde olan bu renkli mürekkeplerin doğru şekilde baskı işlemini tamamlayabilmesi için sahip olması gereken bazı özellikler olduğu saptanmıştır. Farklı özelliklere sahip mürekkeplerin ise farklı büyüklüklerde damlalar oluşturabileceği anlaşılmaktadır. Tüm bu nitelikler sayesinde inkjet baskı teknolojilerinin seramik karo sektöründe tercih edildiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 1.2. İnkjet teknolojileri (Özkan, 2017, s. 47)

İnkjet baskıları seramik karo tasarımı için çekici kılan özellikleri, dijital bir süreçten geçmesi ve temassız bir yöntem olmasıdır. Dijital bir sistem olması baskının daha kolay ayarlanabilir olmasını sağlar. Aynı zamanda küçük ya da büyük şekillerle her bir ürün birbirinden farklı hale getirilebilir. Özel tasarımlar, ısmarlama ürünler ya da bir tasarımın birden çok kopyası kolay ve hızlı bir şekilde üretilebilir. Temassız olarak gerçekleşen baskı işlemi geleneksel baskı yöntemlerindeki uzun aşamaları ortadan kaldırır. Kırılgan ya da işlenmesi zor olan malzemelere baskı yapmayı mümkün hale getirir (Hutchings, 2010, s. 3).

Geride bıraktığı teknolojiye göre en belirgin farkı, üretim hızının yüksek olmasıdır. Böylece seramik sektöründe hem zaman hem de maddi kazanç sağlamaktadır. Bunun yanında daha net görüntü sağlaması, temassız baskı yapması, kolay tekrarlanabilir olması, kalıba ihtiyaç duymaması ve sağladığı kolaylık da avantajları arasındadır. Kullanılacak olan tasarımlar üretime gitmeden önce baskı denemesinde görülebilir, gerekli geliştirmeler ve değişiklikler kolaylıkla gerçekleştirilebilir (Çavdar ve Yardımcı, 2022, s. 109).

İnkjet baskıların özellikle üretimi hızlandırması konusunda sektöre fayda sağladığı görülmektedir. Farklı ürünlere farklı tasarımların uygulanabilmesinin, bunun dijital olarak hem

hızlı hem de daha az hata ile ayarlanabilir olmasının da inkjet teknolojisinin faydaları arasında olduğu anlaşılmaktadır. Üstelik sadece üretim sürecinde değil, makinelerin montaj ve yerleşim aşamalarında da eski teknolojiye göre farklarının bulunduğu tespit edilmiştir.

Geleneksel baskı yöntemlerine göre inkjet baskıların kurulum süresi daha kısadır. Görüntüler yüksek çözünürlüklü olarak elde edilebilir. Farklı karo boyutlarına uyum sağlayabilmesi için görüntü kolayca büyütülüp küçültülebilir. Temel tasarımda küçük değişiklikler yapılarak basit bir şekilde özelleştirme sağlanabilir. Üstelik tasarımların dijital veri olarak saklanabilmesi maliyetleri düşürmektedir. Uçtan uca baskı sayesinde kesintisiz desenler elde edilebilir (Hutchings, 2010, s. 4). Inkjet baskı teknolojisi ile birlikte, Rotocolor baskıdaki film, şablon, ara makine ya da elek hazırlama aşamaları da ortadan kalkmaktadır (Çavdar ve Yardımcı, 2022, s. 109).

Inkjet baskı teknolojisinin geleneksel baskılara göre hızlı, ekonomik ve pratik olması gibi özelliklerinin bu teknolojinin avantajları arasında olduğu ve onu üreticiler açısından cazip hale getirerek endüstriyel kullanım oranını artırdığı saptanmıştır.

## **2. Inkjet Baskı Makinelerinin Çalışma Prensipleri**

Inkjet dijital baskı makinelerinin çalışma prensipleri küçük renkli ofis yazıcılarından endüstride kullanılan 5 metrelik geniş format baskı makinelerine kadar hepsinde aynıdır. Mekanik çalışma sistemleri şu şekildedir: X ve Y olarak iki farklı yönde hareket vardır. Baskı kafası Y ekseninde (yatay olarak) hareket eder. Malzemelerin yer aldığı zemin ya da silindirler ise X ekseninde (düşey olarak) hareket eder. Bu esnada mürekkep tanklarının deliklerinden baskı malzemesinin üstüne uygun yerlere mürekkep damlacıkları püskürtülür ve görüntü oluşturularak baskı baştan sona doğru tamamlanmış olur. Püskürtme işleminden dolayı inkjet baskı teknolojisine sahip yazıcılarda sıvı mürekkep kullanılmaktadır (Johnson, 2002, s. 90).

Baskı yüzeyine basılacak olan mürekkebin belirlenerek sürekli damla akışının sağlandığı sistemler, sürekli baskı sistemleri olarak bilinir. Genellikle seramik ürünlerin dekor düzenlemelerinde tercih edilmez. Bunun yerine kenarlarına yapılan barkot uygulamasında kullanılır. Nozüle yapılan basınca bağlı olarak, mürekkebin kesintisiz püskürtülmesi sağlanır. Püskürtme işlemi, yüzey gerilimi sayesinde gerçekleşir. Bu teknolojiye ikili ya da çoklu defleksiyonlar olmak üzere iki farklı baskı kafası kullanılmaktadır. Aynı zamanda binary defleksiyon ve multiple defleksiyon olarak da bilinirler. Sürekli inkjet teknolojisinin avantajı ise geri dönüşüm sağladığı için atık oluşmaması ve damlaların hızlı oluşabilmesidir (Özkan, 2017, s. 48).

İnkjet baskı teknolojilerinde sıvı mürekkep kullanıldığından sürekli baskı sisteminin seramik karolarda desen oluştururken seçilmediği anlaşılmaktadır. Bu sistemde mürekkebin hiç durmadan püskürtüldüğü görülmüştür. Fakat atık boya çıkarmaması üstün özelliklerinden biri olarak tanımlanmıştır. Geri dönüştürülen mürekkebin tekrar tekrar kullanımda ilk aşamadaki gibi bir performans vermeme ihtimali de dezavantaj olarak değerlendirilmektedir.

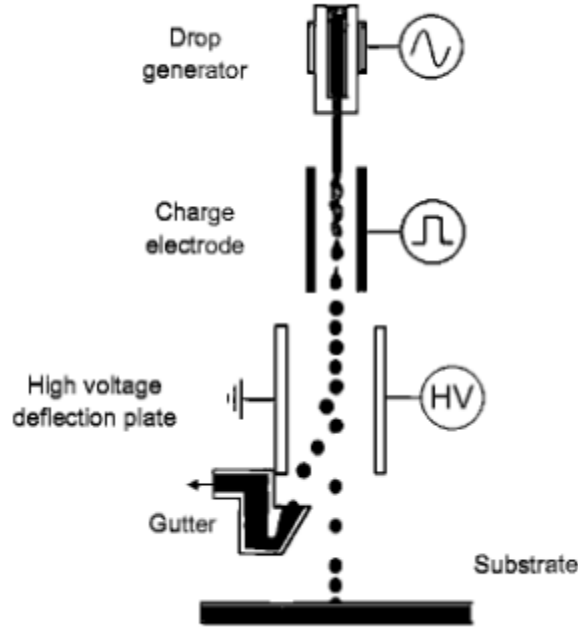
Mürekkep püskürtmeli baskı sistemlerinde tüm renkler temelde dört ana renk kullanılarak elde edilir. Bunlar CMYK renk profilinde black, cyan, magenta ve yellow olarak adlandırılır. Temel renklerin üst üste aynı noktaya basılmasıyla diğer renkler elde edilmektedir. Bazı makinelerde bu ana renkler dışında fazladan renkler de kullanılır. Her bir renk için ayrı bir baskı kafası bulunur ve buradan püskürtülen renk baskı malzemesine aktarılır. Püskürtmenin meydana geldiği, her baskı kafasında bulunan noktalar ise “nozül” olarak adlandırılır. Baskı işlemi, baskı kafaları yatay ekseninde hareket halindeyken baskı malzemesinde mürekkep bulunması gereken noktanın üzerine geldiğinde boyanın püskürtülmesiyle gerçekleşir (Dolanbay, 2007, s. 10).

## **2.1. İnkjet Mürekkep Püskürtme Sistemleri**

İnkjet baskı teknolojilerinde günümüzde 3 tür ticari damlacık üretici kullanılmaktadır. Bunlar; EIJ (elektrostatik mürekkep püskürtmeli baskı), CIJ (sürekli mürekkep püskürtmeli) ve DOD (isteğe bağlı duraklamalı mürekkep püskürtmeli) baskılardır. Her bir üreticinin fiziksel özellikleri ve damla boyut aralığı farklı ve özgündür. Bunlar arasından DOD ve CIJ teknikleri 40 yıldan fazladır işaretleme ve metin baskılama uygulamalarında ticari olarak kullanılmaktadır (Karasu vd., 2019, s. 695).

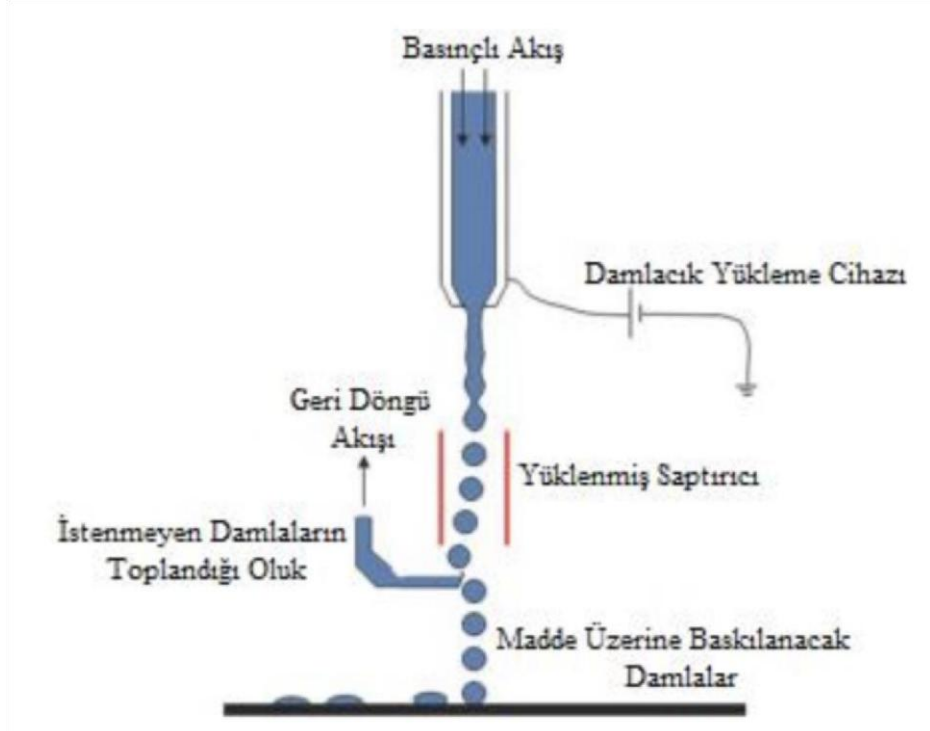
EIJ baskılama tekniğinde yüklü olan akışkanın yüzeyinde elektrostatik itme ile üretilen damlalar kullanılmaktadır. Bu yazıcılar elektrik alanını doğrudan modüle ederek mürekkep damlacıklarını dağıtır. Elektrikli alandan geçen mürekkep damlacıkları yüklenir. Ardından damlacıkların arasından geçeceği plakalara uygulanan elektrik potansiyeli değiştirilerek mürekkebin püskürtme konumu değiştirilir Belirlenen büyüklükten daha küçük damlacıklar geri dönüşüm için toplanır ve böylece piezoelektrik mürekkep püskürtmeli yazıcıdan daha ince damlacıklar üretilir. Özellikle düz olmayan, tuhaf şekilli yüzeylere baskı yapılırken kullanılır. Çünkü elektrik yükleri ile karşılıklı olarak itilen mürekkep, direkt olarak kontrollü bir şekilde kaynağa ulaşır. Böylece ulaşılması zor noktalara da boya atılabilmektedir (Li vd., 2015, s. 2541).

EIJ baskı teknolojisinin avantajları arasında, çok çeşitli yüzeylere baskı yapabildiği görülmüştür. Tekniğin diğer baskı teknolojilerine göre daha ince bir püskürtme sağlamasının, baskı yapılacak zeminin kısıtlamalarını kaldırdığı, malzeme şekli yelpazesini genişlettiği anlaşılmaktadır.



Şekil 1.3. Elektrostatik mürekkep püskürtmeli baskı (EIJ) çalışma prensibi (Narayan, 2016, s. 80)

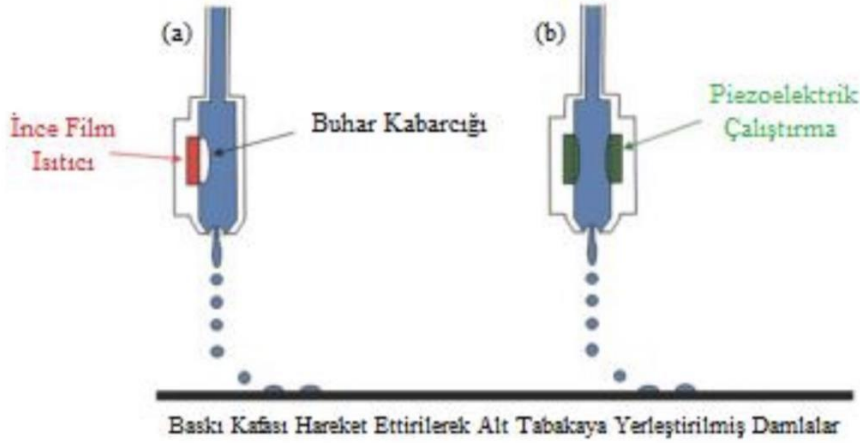
CIJ baskılarda, sıkıştırılmış mürekkep püskürtme için çok küçük bir delikten geçmesi için zorlanır. Bu zorlama sonucunda oluşan yüzey gerilimi, mürekkebin damlalara ayrılmasını sağlamaktadır. Sürekli mürekkep püskürtmeli baskılarda püskürtülen damlaların çapları genellikle 50 µm civarındadır. Bu yazıcılar sürekli olarak damla akışı sağlar fakat istenmeyen damlalar bir olukta toplanır. Bu aşama atık oluşumunu önlemek için uygulanır ve böylece mürekkep geri kazanılır. CIJ baskılarda damlanın oluşum hızı 50kHz'den yüksek olmalıdır. Damlaların dışarı çıkış hızı ise 10 m/s'den fazla olmalıdır. Diğer baskı teknikleri arasında CIJ dakikada en yüksek mürekkep miktarını üretir fakat buna karşılık yerleştirme doğruluğu sınırlı kalır. Bu nedenle genellikle markalama, kodlama ya da ürün işaretleme işlemlerinde kullanılmaktadır. CIJ baskıların sorunu ise geri dönüştürülen mürekkebin kirlenerek baskıda fark oluşturması ve mürekkep israfıdır (Karasu vd., 2019, s. 695).



**Şekil 1.4.** Sürekli mürekkep püskürtmeli bir yazıcının (CIJ) çalışma ilkelerinin şematik gösterimi (Karasu vd., 2019, s. 695)

DOD baskı sisteminde baskı kafası elektronik olarak kontrol edilir ve kağıt besleme yönüne dik doğrultuda olacak şekilde hareket eder. Belirlenen konuma geldiğinde baskı kafası mürekkep damlasını oluşturur. Sonuç olarak tam olarak istenilen zamanda baskı yapılacak malzemenin üzerine mürekkep damlatılır. Genel olarak ev ve ofis kullanımı için üretilen düşük performanslı yazıcılar ile kimi geniş format baskı makineleri DOD baskı sistemi ile çalışmaktadır.

DOD baskı sisteminin CIJ baskı sistemine göre geri dönüşüm konusunda daha gelişmiş olduğu görülmektedir. Kullanım alanlarının değiştiği, CIJ baskıların daha kısıtlı bir alanda işlediği, DOD baskıların ise bireysel kullanım alanında yaygın olduğu sonucuna varılmıştır.

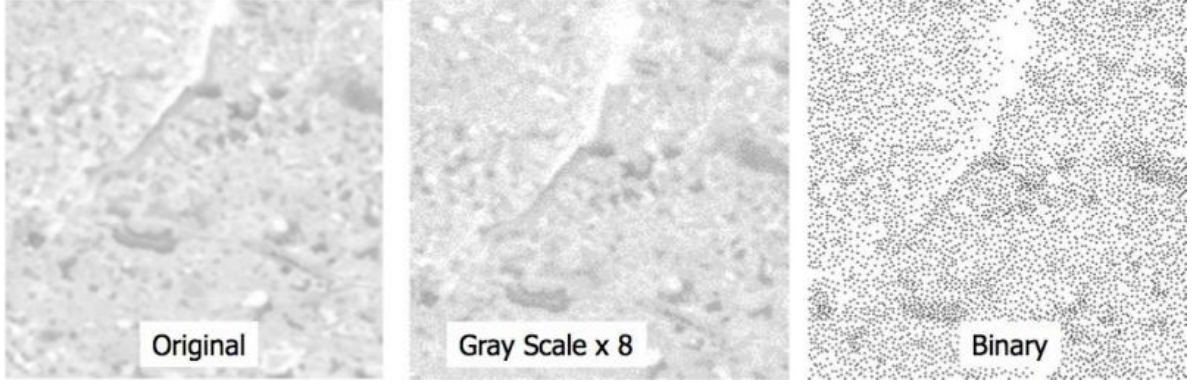


Şekil 1.5. İsteğe bağlı bırakılan mürekkep püskürtmeli bir yazıcının (DOD) çalışma ilkelerinin gösterimi (a) Isıl (b) Piezo-elektrik (Karasu vd., 2019, s. 696)

DOD baskılar piezoelektrik mürekkep püskürtmeli ve ısıl (termal) mürekkep püskürtmeli olarak ikiye ayrılmaktadır. İsteğe bağlı duraklamalı mürekkep püskürtmeli sistemin farkı, bu iki sistemin de birlikte kullanılabilmesidir. DOD atım sistemine bağlı olarak Binary ya da Gray Scale baskı kafaları mürekkep damlacıklarının boyutunu ve çözünürlüğü kontrol etmekte kullanılır. Bu baskı modları makinada, mürekkep atım şekillerine göre seçilmektedir (Çavdar ve Yardımcı, 2022, s. 114).

Binary modunda damlacık boyutu her zaman sabittir. Yüksek çözünürlük için tüm yüzeye aynı boyutta fakat daha küçük mürekkep damlacıkları atılır. Düşük çözünürlükte ise damlacık boyutu büyük olmasına rağmen her bir damlacık eşit boyuttadır. Binary modunda baskı yaparken kaliteli görsellik için daha küçük damlalar ve daha fazla piksel gerekmektedir. Damlaların büyüklüğü sabit olsa da, yoğun renk için birbirine yakın, açık renk için birbirine uzak olacak şekilde damlaların konumunu değiştirmek mümkündür. Böylece daha iyi renk yoğunluğuna sahip baskılar üretilebilir.

Gray Scale modunda ise desenler farklı tane boyutlarıyla oluşturulur. Aynı anda hem küçük hem de büyük boyutlu damlacıklar çıkarılabilir. Her piksel için çeşitli damla boyutları arasından seçim yapılır. Böylece daha kaliteli baskı için çözünürlüğü artırmaya gerek kalmaz. Bundan dolayı desenin hassas olduğu çalışmalarda Gray Scale moduna sahip bir mürekkep atışı kullanılır. Genellikle 3-5 farklı tane boyutunda konfigürasyonlar kullanılarak Gray Scale modu çeşitlendirilebilir (Korkmaz, 2017, s. 1868).



Şekil 1.6. Gray Scale ve Binary Baskı modu farkı (Korkmaz, 2017, s. 1869)

Binary baskı modunda kimi zaman çözünürlüğü artırmak ve piksel boyutlarını küçültmek baskı kalitesini artırırken kimi zaman da bu işlem yetersiz kalmaktadır. Fakat baskıda püskürtülen sıvının viskozitesi düşük olduğundan, hareket edebilir, mürekkep bir noktada birikebilir ve birleşebilir. Bu da özellikle emici baskı tabakalarında kontrolsüz boyalı alanlara, dengesiz renk geçişlerine neden olabilir. Fakat Gray Scale modunda birleştirme, renk ve yerleştirme üzerinde daha fazla kontrol sağlanmaktadır. Gerektiği yerde büyük gerektiği yerde de küçük mürekkep damlacıklarının kullanılması baskıdaki boyaların birleşme ihtimalini ortadan kaldırmakta ve daha fazla hassasiyet sağlamaktadır.

Binary ve Gray Scale baskı modlarının arasındaki en bariz farkın püskürtülen damlacık boyutları arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılığın daha sonra baskı sonrasında desende renk birleşmelerine, piksel boyutunun doğru ayarlanamamasına ve sonuç ürünün görüntüsünün farklı olmasına neden olduğu anlaşılmıştır. Binary modunun Gray Scale modundan daha fazla seçenek ve görüntü netliği sağladığı sonucuna varılmıştır.

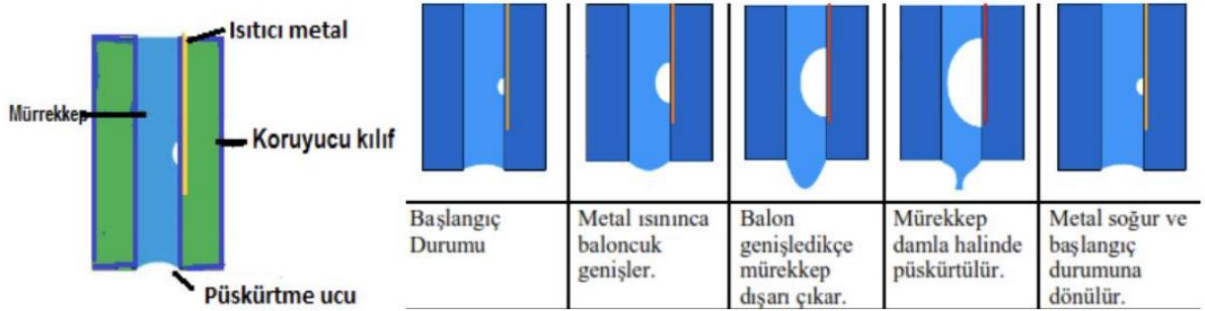
Baskı boyalarının ardından en sık kullanılan malzemelerden biri de efektlerdir. Mürekkep kullanımındaki parametrelerin genelini içeren efektler de boyalarda olduğu gibi makine kafasına yüklenerek kullanılır (Çavdar ve Yardımcı, 2022, s. 114).

## 2.2. Termal İnkjet

Termal inkjet teknolojisinde mürekkebin kâğıda püskürtülmesi ısı yardımıyla gerçekleşir. Püskürtme elemanının içerisinde, yazıcı tarafından gönderilen elektriksel sinyallere karşı hassas küçük bir ısıtma elemanı bulunur. Bu ısıtıcı mürekkebi ani bir şekilde ısıtır. Isının artmasıyla mürekkebin bir miktarı buharlaşır ve oluşan gaz basıncı sıvı mürekkebi kâğıda doğru iter. Ortaya çıkan basınç bir sonraki püskürtme işlemi için mürekkep haznesinden sıvı çekilmesini de sağlar. Bu döngü saniyede birkaç bin defa gerçekleşir. Böylece mini ısıtıcılarla

sıcaklığı artırılan mürekkep partikülleri püskürtme kafasından yine ısı sayesinde fışkırarak baskıyı gerçekleştirmektedir (Karal, 2010, s. 10).

Isıl mürekkep püskürtmeli başlıkların en önemli faydası yazma kafasının aşırı hızlı bir şekilde ısınması ve mürekkebi güçlü bir şekilde püskürtebilmesidir. Bu sistemlerde solvent ve su bazlı mürekkepler kullanılmaktadır. Özellikle solvent bazlı baskılarda basılan malzemenin ömrü daha uzun olmaktadır. Bu makineler genellikle geniş format baskılar için kullanılmaktadır (Gençkaya, 2011, s. 11). Aynı zamanda baskı kafaları diğer sistemlerdekilere göre daha ucuzdur. Fakat bu teknoloji az sayıda mürekkep çeşidi ile çalışabilmektedir (Altay, 2010, s. 16).

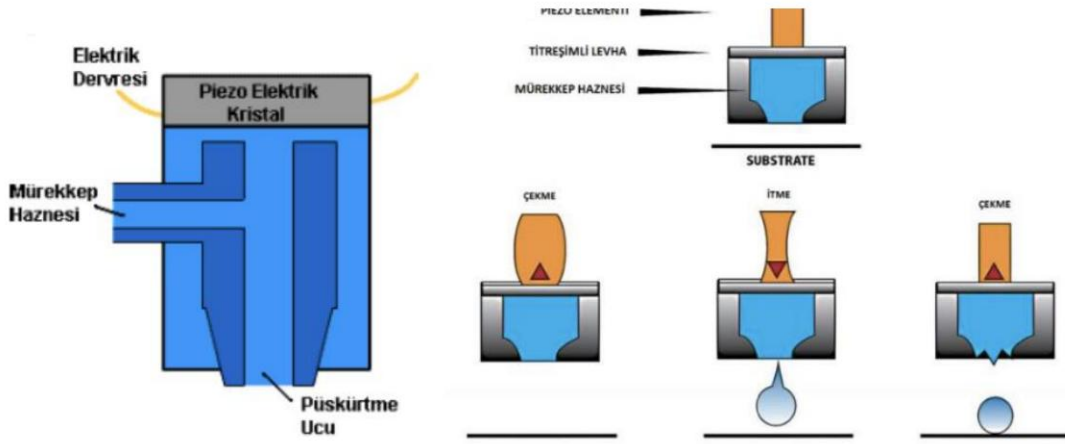


Şekil 1.7. Isıl (Termal) mürekkep püskürtme kafası ve çalışma sistemi (Uğur, 2018, s. 76).

Genel olarak termal inkjetlerin diğer baskı teknolojilerine göre daha ucuz olduğu ve üretilen ürünün de daha uzun süre sağlam kalabildiği bilgisi edinilmiştir. Mürekkebin ani bir şekilde ısısının yükseltilerek basınç yardımıyla püskürtülmesinin, bir sonraki püskürtme için hazneden mürekkep çekmesiyle döngüsel şekilde işlediği görülmektedir.

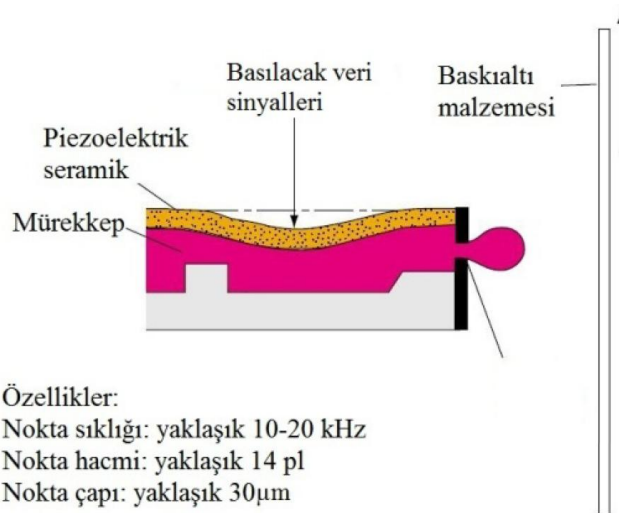
### 2.3. Piezoelektrik İnkjet

Üzerine basınç uygulandığında elektrik akımı ortaya çıkaran malzemeler piezoelektrik malzeme olarak adlandırılmaktadır. Baskı kafasında bulunan mürekkebin çıkarılması için de piezoelektrik kristal kullanılır. Bu kristaller basınçla birlikte elektrik ürettiğinde baskı kafasında sabit olan bir diyaframı titreştirir ve salınım yapmasını sağlar. Böylece mürekkep dışarı çıkmakta ve kağıt üzerine hassas bir şekilde püskürtülmektedir. Bu özelliğinden dolayı piezoelektrik baskılar yüksek kalitelidir. Çoğunlukla boyar maddeli (dye-based) mürekkeplerde ve provalarda tasarlanacak posterlerde tercih edilmektedir. Özellikle endüstriyel ve ticari uygulamalarda kullanılmaktadır (Karasu vd., 2019, s. 695).



Şekil 1.8. Piezoelektrik mürekkep püskürtme kafası ve çalışma sistemi (Uğur, 2018, s. 134).

Piezoelektrik mürekkep püskürtmeli sistemlerde, damlacıkların püskürtülmesi için mekanik güç kullanılır. Böylece ısı kullanılmaz ve kullanılacak mürekkep konusunda da bir sınırlama olmaz. Gerilim uygulanarak uyarılan piezo kristal titreşip mürekkebi elektrikle yükler. Yani uygulanan basınç sonucunda piezoelektrik malzeme bu basıncı mürekkebe uygular ve mürekkep baskı kafasından püskürerek baskı işlemi gerçekleşir. Gerilim uygulandığında piezo kristal esneyerek iç taraftaki mürekkep haznesine basınç uygular. Böylece mürekkep damlası başlıktan püskürerek dışarı çıkar. Piezoelektrik yönteminde hem püskürtülen damlanın miktarı hem de kağıda uygulanış şekli açısından ciddi derecede kontrol sağlanmaktadır (Uğur, 2018, s. 133).



Şekil 1.9. Piezoelektrik inkjet teknolojisinin şematik yapısı (Altay, 2010, s. 17)

Baskı kafasındaki nodüllerin her birinde 20 µm büyüklükte piezoelektrik malzeme bulunmaktadır. Bu malzeme yardımıyla, mürekkep damlacıkları elektrikle yüklenebilmektedir. Baskı esnasında baskı malzemesinin üzerine aktarılması istenen mürekkep damlacıkları

elektrikle yüklenmez. Baskı malzemesine aktarılması istenmeyen damlacıklar ise pozitif elektrikle yüklenir ve negatif elektrikle yüklü panel tarafından hazneye çekilerek burada toplanır. Biriken damlalar tekrar mürekkep haznesine gönderilir (Altay, 2010, s. 17).

Piezoelektrik inkjet teknolojisinin sürekli ve termal inkjet baskı makinelerine göre avantajlı olan yanının, daha fazla çeşitte mürekkep kullanılabilmesi olduğu tespit edilmiştir. Dezavantajlı tarafının ise daha pahalı baskı kafalarına sahip olması olduğu görülmüştür.

## İKİNCİ BÖLÜM

### İNKJET BASKI TEKNOLOJİSİNDE MÜREKKEPLER

#### 1. İnkjet Baskı Teknolojisinde Kullanılan Mürekkeplerin Özellikleri ve Türleri

İnkjet dijital baskı teknolojisinde kullanılan mürekkepler, seramik karoların verimli bir şekilde üretilmesi için çok önemlidir. Bu mürekkepler temelde 2 ana özelliğe sahip olmalıdır; mürekkebin baskıya uygun akışkanlıkta olması ve son aşamada ürün üzerinde istenilen renkleri oluşturması. Mürekkebin hem fiziksel hem de kimyasal özellikleri baskı aşamasında ilk damlanın oluşturulması, bu damlanın şekli ve boyutu, seramik karo ile damlanın etkileşimi, mürekkep damlasının kuruma aşaması ve kuruduktan sonra beklenen deseni oluşturması gibi farklı süreçleri etkilemektedir. Seramik kaplama malzemelerde sinterlenme sıcaklığı 1000°C'den yüksektir. Dolayısıyla bu malzemeye uygulanacak olan mürekkeplerin bu ısıya dayanabilmesi gerekmektedir. İnkjet baskı makinelerinde karo üretilirken kullanılan özel mürekkeplerin içerisinde çoğunlukla renklendirmeyi sağlayacak pigmentler ve püskürtmeyi sağlayacak taşıyıcı sıvı bulunur. Aynı zamanda metal oksitler ve inorganik malzemeler de barındırabilir. Pigmentler genellikle silikat malzemeler, oksitler ya da metal alüminatlardan meydana gelirken, taşıyıcı sıvılar su veya alkolden oluşabilir, terpinol, 2-metoksietanol ya da izopropanol gibi karışım alkollerden ortaya çıkabilir (Özeskici vd., 2019, s. 71).

Karo üretilirken kullanılan mürekkeplerin diğerlerinden farkı, içerisindeki seramik pigmentlerinin mikrondan küçük boyutlarda olmasıdır. Genellikle pigmentlerin partikül boyutu 150 nm den küçük olmaktadır. Aynı zamanda mürekkepler sıcakta eriyen, solvent bazlı, su bazlı, yağ bazlı, UV ile kürlenebilen ya da tüm bunların bir kombinasyonu şeklinde olabilir. Örneğin solvent bazlı mürekkepler yağ bazlı mürekkeplere göre daha hızlı buharlaştığından seramik karo desenlerinde solvent bazlı olanlar kullanılmaktadır (Çavdar ve Yardımcı, 2022, s. 111).

Partikül boyutları, pigmentlerin optik özelliklerini de doğrudan etkiler. Son üründe kaliteli bir baskı elde etmek için partikül boyutu nano boyutta ya da mikron altı olacak şekilde tercih edilir. Fakat bu boyuttaki pigmentlerin yüzey alanı geniş olduğundan topaklanma eğilimleri fazladır. Yeterli akışkanlığa sahip olmayan mürekkepler yazıcı başlıklarında akışı ve damla oluşumunu sınırlandırır. Benzer şekilde mürekkebin yüzey gerilimi değerinin yüksek olması, püskürtme sırasında istenmeyen ikincil damlacıklara neden olabilir. Mürekkep çok düşük yüzey gerilimine sahipse, damlacıklar dengeli olmaz, başlık etrafında akmaya ve ıslanmaya neden olabilir. Bu nedenle mürekkebin özellikleri ve hazırlanma süreci çok dikkatli bir şekilde kontrol ayarlanmalıdır. Bu nedenle inkjet baskı teknolojilerinde kullanılan

mürekkepler topaklanmayı önleyici ya da yüzey gerilimini düzenleyici maddeler içerebilir (Özeskici vd., 2019, s. 71).,

İnkjet baskı teknolojileri için kullanılacak olan mürekkeplerin bir dizi önemli özelliğe sahip olması gerektiği anlaşılmıştır. Temelde pigment ve çözücü sıvı olarak iki malzemedan oluşan mürekkeplerin içerisine, mürekkebin çalışma potansiyelini artıracak maddeler de eklenebildiği sonucuna varılmıştır. Her biri sonuç ürün için hayati öneme sahip bu özelliklere sahip olmayan mürekkeplerle yapılan baskılarda istenmeyen sonuçlar oluştuğu gözlemlenmiştir.

Mürekkepler, dağıtıldığı ortam ve partikülleri olmak üzere iki fazlı bileşenlerdir. Renk yelpazelerinin çok dar olmasından dolayı çok tercih edilmese de tek fazlı bazı inkjet mürekkep türleri de bulunmaktadır. Bunlar içeriğinde Fe, Cr, Co gibi iyonlar barındıran metal tuz çözeltilerinden oluşmaktadır. İnkjet mürekkep türleri genel olarak 4'e ayrılmaktadır; süblimasyon mürekkepler, solvent bazlı mürekkepler, su bazlı mürekkepler ve UV mürekkepler. Seramik karo endüstrisinde genellikle solvent bazlı olanlar tercih edilmektedir. Mürekkeplerde solvent olarak polarlık dereceleri, kaynama noktaları ve viskoziteleri daha uygun olan glikol ve parafin türevi maddeler kullanılmaktadır (Yüngeviş, 2012, s. 10).

### **1.1. Süblimasyon Mürekkepler**

Süblimasyon mürekkeplerle baskı esnasında mürekkep gaz formundadır. Baskı aşamasında desen karoya aktarılırken süblimasyon yazıcılar kullanılır. Boya henüz mürekkebin içerisindeyken katı formundadır. Sıkıştırma aşaması olmadan gaz formuna geçer ve böylece baskı almak çok daha kolay bir hal alır (Küçükoğlu, 2014, s. 11).

Süblimasyon mürekkeplerde sıcaklık ve basınç etkisiyle baskının uygulandığı görülmektedir. Aynı zamanda sadece seramik değil, kumaş gibi farklı yüzeylere de baskı yapılabildiği anlaşılmaktadır. Diğer mürekkep türlerinin aksine her yazıcıda kullanılmadığı, sadece süblimasyon yazıcılar aracılığıyla baskı yapılabildiği bilgisi edinilmiştir.

### **1.2. Solvent Bazlı Mürekkepler**

Solvent bazlı olarak üretilen mürekkep türleri, dış mekân için kullanılan baskı mürekkepleridir ve en çok kullanılan boyar maddeler arasındadır. Renkli pigmentler çözücü solvent içerisine karıştırılır. Bu işlem daha hızlı baskı ve kuruma sağlar. Petrol içerisine hapsedilen renk pigmentlerinden oluşabileceği gibi, bir petrol yan ürününden (keton, aseton vb.) de oluşabilir. Solvent bazlı mürekkepler çevre koşullarına karşı çok dayanıklıdır. Fakat solvent uçucu bir madde olduğundan, uygulama sırasında ve sonrasında çalışma ortamının iyi

bir şekilde havalandırılması gerekmektedir. Bu mürekkep türünün kuruma hızı yüksektir ve çok hızlı uygulandığından yüksek talep almaktadır. Fakat dezavantaj olarak VOC (Volatile Organic Compound) şeklinde isimlendirilen uçucu organik bileşikler yaymakta ve kullanılan çözücü atık haline gelmektedir. Özellikle VOC insanlar için ciddi sağlık sorunlarına neden olabilir (Uğur, 2018, s. 78).

VOC, ne kadar sürerse sürsün, sonunda mürekkepten buharlaşacak olan herhangi bir organik madde olarak bilinmektedir. VOC'ların en belirgin özelliği oda sıcaklığında hızlıca buharlaşabilmesidir. Bu kimyasalların neredeyse tamamı bir miktar toksik etkiye sahiptir ve insan sağlığı açısından tehlikeli olarak kabul edilmektedir. Sadece insanları etkilemekle kalmaz, aynı zamanda canlı ve cansız çevreyi etkiler, hava kalitesini bozar. Güneş ışığı, nitrojen oksitleri ve benzer kirleticiler VOC emisyonu ile reaksiyona girerek ozon oluşumuna neden olur. Üstelik kontrol edilmesi çok zordur. Bu nedenlerle VOC seviyesinin ölçülerek belirli bir derece altına düşürülmesi gerekmektedir. Hatta Amerika'da 1990 yılında açıklanan Temiz Hava Yasası kapsamında VOC'ların çoğu bileşeni HAP (Tehlikeli Hava Kirleticileri) olarak belirlenmiştir (Hayta ve Oktav, 2020, s. 805).

Her ne kadar seramik sektöründe kullanımı yaygın olsa da, solvent bazlı mürekkeplerin doğada hasar bıraktığı, hatta insan sağlığına zararlı olduğu görülmektedir. Buna karşılık olarak günümüzde çevre bilincinin artması ile daha ekolojik mürekkep çeşitlerinin de bulunduğu ve gün geçtikçe bu alanda yeni gelişmeler kaydedildiği gözlenmektedir.

Hafif (mild) solvent ve eko-solvent mürekkepler bunlar arasında en yaygın kullanılan türlerdir. Bu ekolojik alternatiflerde taşıyıcı madde daha az toksik glikol esterinden oluşturulur. Aynı zamanda dış baskılar için daha kaliteli bir su geçirmez özelliğe sahip olur. Renk şiddeti, çözünürlüğü ve kalitesi solvent bazlı mürekkeplere göre daha yüksektir. Fakat baskılar diğer türlere göre daha yavaş kurumaktadır. Bununla birlikte eko-solvent mürekkepler çoğunlukla göz ardı edilebilecek ya da minimal koku seviyelerine sahiptir ve VOC dereceleri daha düşüktür. Bu nedenle ofis ortamında kullanım için de tercih edilmektedir (Uğur, 2018, s. 78).

Solvent bazlı mürekkepler ile metal, ağaç, naylon gibi farklı malzemelere baskı yapmak mümkündür. Bu boyar maddelerin bir diğer avantajı ise çözücü olmayan sıvılarla temas ettiğinde dağılmamasıdır. Bu sebeple dış mekanlarda kullanılacak baskılar için solvent bazlı mürekkepler tercih edilmektedir. Bu mürekkeplerin çokça tercih edilmesinin bir diğer nedeni de, ucuz olması ve afişler, ilan panoları gibi düşük kaliteli vinillerde baskı yapılabilmesidir (Gençkaya, 2011, s. 23).

### **1.3. Su Bazlı Mürekkepler**

Su bazlı mürekkepler, çözücü sıvısı su olan pigmentlerden oluşmaktadır. Su bazlı mürekkepler solvent bazlılar gibi buharlaştırma ve absorpsiyon yoluyla kururlar. Eğer yüksek kalitede bir desen istenirse bu mürekkeplerin nem oranı ve çalışma aralığı dikkatli kontrol edilmelidir. Aynı zamanda kuruma hızını artırmak için uçucu ve organik bir solvent kullanmak gerekir (Küçüköğlü, 2014, s. 11).

Su bazlı mürekkeplerin daha doygun ve parlak renkler elde etmek için kullanıldığı saptanmıştır. Bu mürekkeplerin daha iyi aktığı ve genel olarak mürekkep püskürtmeli yazıcılarda standart olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir.

### **1.4. UV Bazlı Mürekkepler**

UV mürekkepler, kullanımı için özel bir cihaz gerektirir ve solvent bazlı mürekkeplere ekolojik alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Pigmentlerin taşıyıcı sıvısı bir oligomer ya da monomerdir. UV mürekkeplerde kuruma yoktur. Bunun yerine dekor katılma reaksiyonlarıyla gerçekleştirilir (Küçüköğlü, 2014, s. 11). Avantajları, sertleştikleri an kuru hale gelmeleridir. Bu özelliği sayesinde kuşelenmiş baskı altı malzemelerde kullanılabilir. Yüksek baskı kalitesine sahip olması, yüksek hızı, siyah zemin üzerine beyaz renk baskı imkânı, tabaka üstüne baskı imkânı ve insan sağlığı açısından zararlı olmaması en büyük avantajları arasındadır (Gençkaya, 2011, s. 25).

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### İNKJET BOYA ATIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE RENKLENDİRME ÇALIŞMALARI

#### 1. İnkjet Baskılarda Kullanılan Boyaların Atıklarını Değerlendirme

Seramik sektöründe kullanılan inkjet boyaları renk pigmenti ve solventten oluşmaktadır. Mavi, kahve, sarı, siyah renkler ana renk olarak geçmekte ve istisnasız tüm karo üretimi yapılan fabrikalarda bu renkler kullanılmaktadır. 5 L'lik plastik bidonlarda uygulama yapılacak olan fabrika veya atölyeye getirilmektedir. Boyalar dijital baskı makinalarında yer alan her rengin kendine ait olduğu tanklara dökülerek doldurulmaktadır. Doldurulduktan sonra bidon içerisinde yüzeye ince bir tabaka şeklinde yayılıp kalan ve zamanla süzülerek dibe çöken boyaları ödev kapsamında geri dönüştürerek seramik sektörüne tekrar kazandırmak amaçlanmaktadır.

Fabrika içerisinde atık sahasında bulunan içi boş olarak atılan bidonlar toplanılmış, belirli bir süre ters çevrilerek içinde kalan boyaların süzülmesi sağlanmıştır. Toplanan boyalar ince çelik bir tepsiye aktarılmış, tüp üzerinde ısı verilerek solventin buharlaştırılması amaçlanmış ve başarılı olunmuştur. Geriye kalan pigmentler toplanarak gerekli olan çözücüler düşünülmüş ve benzin, dizel, sentetik tiner, selülozik tiner gibi ürünler elde edilen pigmentler ile belli oranlarda karıştırılarak fırça yardımı ile preslenmiş ham deneme tabletlerinin üzerine denenmiştir. 1100 °C sıcaklıkta pişirilmiş, gözlemlenmiştir. Yapım aşamaları ve sonuçlar aşağıdaki gibidir.



**Resim 3.1.** Kahverengi atık boyanın çelik tepside ısı işlemine tabi tutulması ve ısı verilen solvent bazlı dijital baskı boyasının alev alması (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.2.** Solvent maddesinin boya içerisinde yüksek oranda buharlaşmış görünümü (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.3.** Buharlaşan solventten sonra geriye kalan pigment (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Boyanın içinden tamamen buharlaşan solventten sonra geriye kalan pigment kazınarak çıkartılmıştır.



**Resim 3.4.** Toz granül ölçümü (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Çıkarılan pigmentlerin uygulanacağı ham tabletler için toz granül ölçümü yapıp pres için hazır hale getirilmiş ve tablet basım işlemi sağlanmıştır.



**Resim 3.5.** Kullanılan elek (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Elde edilen pigmentler kuru değirmende 2 dakika öğütülmüş ve ardından 125 'lik elekten geçirilerek eşit tanecik boyutları elde edilmiştir.



**Resim 3.6.** Kahverengi pigment boya tartımı ve çözelti tartımı (Cihan Yavaş Galerisi)

Çözücü olarak seçilen benzin, dizel, sentetik ve selülozik tinerlerin ölçümü yapılarak pigmentler için hazır hale getirilmiştir (yoğunluklar gözetilmeksizin her maddeden 5 ml konulmuştur).



**Resim 3.7.** Karışım işlemi (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Pigmentler ölçülüp farklı çözeltilerin içine aktarılmış ve karıştırılmıştır (5 ml çözelti için 2 gr pigment kullanılmıştır).



**Resim 3.8.** Tablet üzerine uygulanan karışım (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Yapılan karışımlar tabletlerin üzerine uygulanmış ve fırın için hazırlanmıştır.1200°C'de 59 dakika pişirildi.



**Resim 3.9.** Sentetik tiner ve Pigment karışımı (Soldan sağa renkler: Siyah, Mavi, Bej) (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Sentetik tiner ve pigmentin karışımından elde edilen sonuçlar. Sırasıyla; siyah, mavi, bej renkleri.



**Resim 3.10.** Selülozik tiner ve pigment karışımı (Soldan sağa renkler: Siyah, Mavi, Bej) (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Selülozik tiner ve pigmentin karışımından elde edilen sonuçlar. Sırasıyla; siyah, mavi, bej renkleri.



**Resim 3.11.** Benzin ve pigment karışımı (Soldan sağa renkler: Siyah, Mavi, Bej) (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Benzin ve pigmentin karışımından elde edilen sonuçlar. Sırasıyla; siyah, mavi, bej renkleri.



**Resim 3.12.** Dizel yakıt ve pigment karışımı (Soldan sağa renkler: Siyah, Mavi, Bej) (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Dizel yakıt ve pigmentin karışımından elde edilen sonuçlar. Sırasıyla; siyah, mavi, bej renkleri.



**Resim 3.13.** Su ve pigment karışımı (Soldan sağa renkler: Siyah, Mavi, Bej) (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Su ve pigmentin karışımından elde edilen sonuçlar. Sırasıyla; siyah, mavi, bej renkleri.

## **2. İnkjet Boya Atıklarının Geri Dönüştürülmesi Üzerine Yapılan Gramaj Denemeleri ve Sıralama Çalışmaları**

Yapılan çalışmalar sonucunda, tabletlerin üzerine sırasıyla 2, 4 ve 6 gram pigment uygulanmış; ardından bu tabletler, işletmede kullanılan mat, parlak ve sugar efekt adı

verilen sırlarla sırlandıktan sonra, fabrika koşullarında 1200°C’de 56 dakika süreyle pişirilmiştir.

Gerekli olan çözeltilerin hazırlanabilmesi için kaplar gruplandırılmış ve içlerine yoğunlukları göz ardı edilmeden 5ml çözelti eklenmiştir (Resim 3.14).



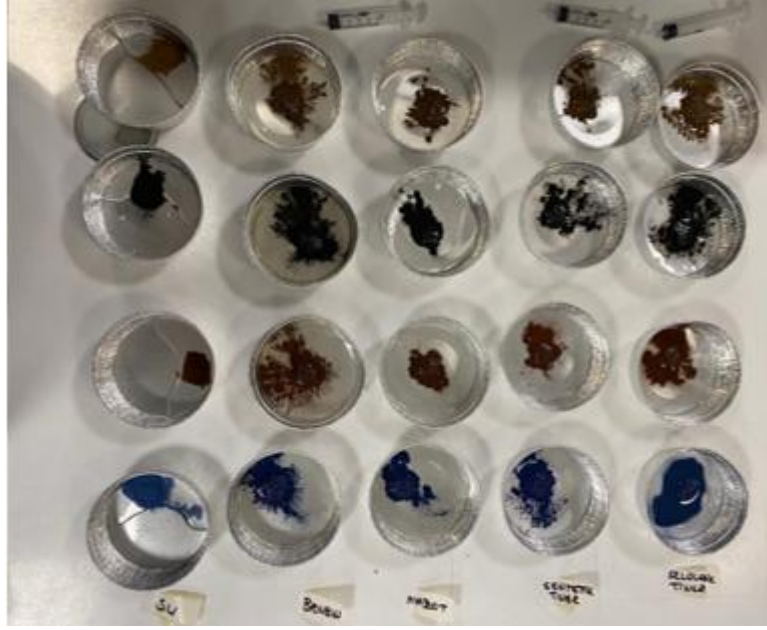
**Resim 3.14.** Gruplandırılmış çözelti kapları (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Çözeltiler için Kahve, Bej, Mavi, Siyah renkli pigmentlerden her bir tablet için 2gr, 4gr, 6gr pigment ölçümü yapılmıştır (Resim 3.15).



**Resim 3.15.** Çözeltiler için pigmentlerin ölçme işlemi aşaması

Ölçümü yapılan pigmentler çözeltilerin içine karıştırılarak fırça yardımı ile tabletler üzerine uygulanmıştır (Resim 3.16).



**Resim 3.16.** Çözeltiler ve pigmentlerin karıştırılması (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Fırça yardımı ile tabletler üzerine uygulanan pigment - çözelti karışımlarının sırlama kabininin içine zemin oluşturularak toplu şekilde sırlama yapılması için hazır hale getirilmiş ve sırlanacak olan tabletler sırlama kabini içine dizilmiştir (Resim 3.17 ve Resim 3.18).



**Resim 3.17.** Sırlama kabini (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.18.** Tabletlerin sırlama kabinine dizilmesi (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Ardından üç grup olarak ayrılan tabletler sırasıyla Mat, Parlak, Sugar efekt adları verilen sırlar ile sırlanmış, sırlama işlemi yapıldıktan sonra tabletler üzerinde sır toplanmaları gözlemlenmiştir (Resim 3.19).



**Resim 3.19.** Tabletlerin sırlanması (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Boyama ve sırlama işleminin ardından tabletlerin kenarlarında kalan mat, parlak, sugar efekt sırlarının temizliği, kazıma işlemi ile yapılarak fırınlanma için hazır hale getirildi (Resim 3.20).



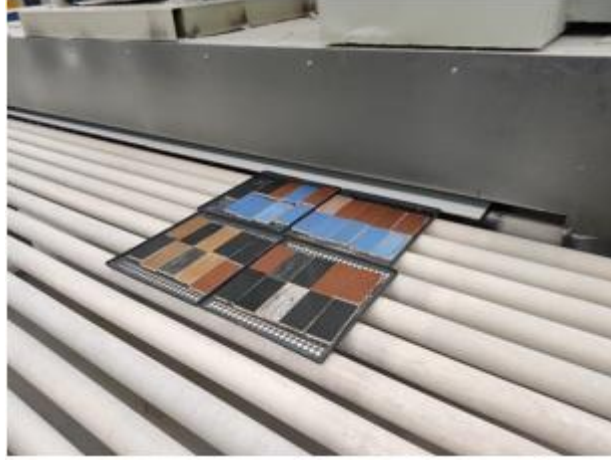
**Resim 3.20.** Sırların kazınma işlemi (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Kenarları temizlenen test tabletleri, tabletler için özel yapılmış olan pişirme tepsilerine yerleştirildi (Resim 3.21).



**Resim 3.21.** Tabletlerin pişirme tepsisine yerleştirilmesi (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Tabletler dizildikten sonra fırına götürülerek 1200 °C sıcaklıkta 56dk fırın süresinde işletme şartlarına uygun şekilde pişirildi (Resim 3.22).

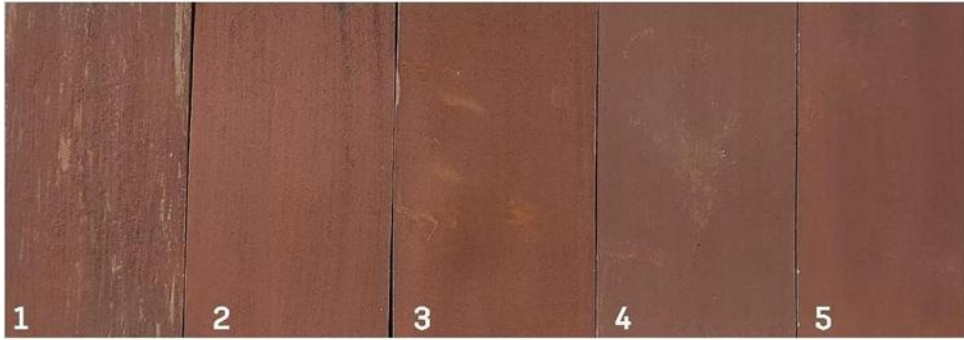


**Resim 3.22.** Tabletlerin fırın içerisinde pişme aşaması (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

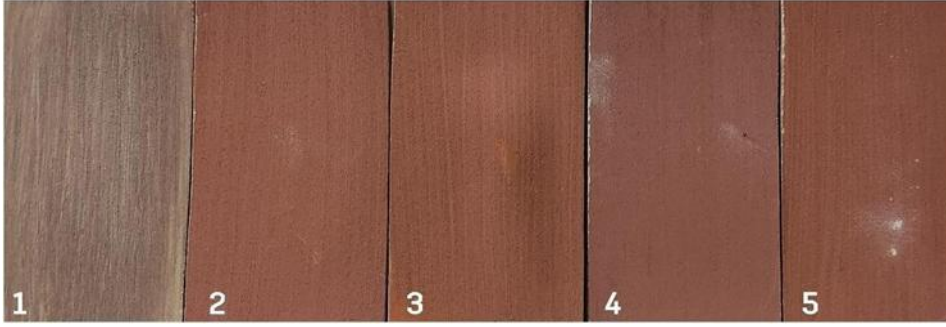
Fırın çıkışından toplanan tabletler gruplandırılarak çekimleri yapılmış ve sonuçları toplanmıştır.

### 2.1. Sırsız Tabletler

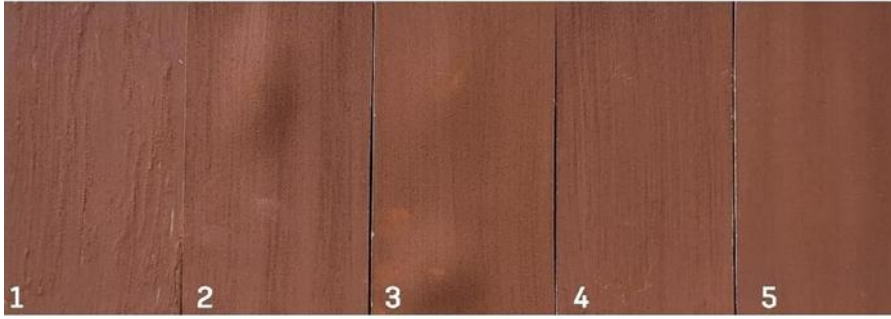
Bu bölümde 2, 4 ve 6 gram oranlarında kahverengi, bej, mavi ve siyah pigmentlerle hazırlanan; su, benzin, mazot, selülozik tiner ve sentetik tiner karışımlarının sırsız pişirim sonuçları sunulmuştur. Görsellerde, söz konusu pigmentlerle elde edilen numunelerin pişirim sonrası yüzey görünümleri yer almaktadır.



**Resim 3.23.** 2 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Kahverengi Pigment , (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.24.** 4 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Kahverengi Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

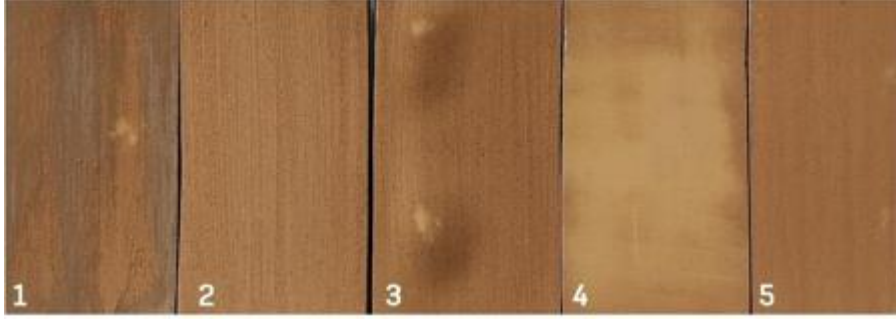


**Resim 3.25.** 6 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Kahverengi Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

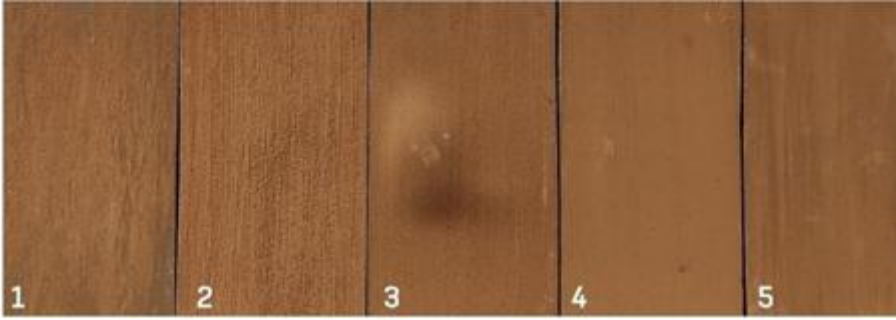
Resim 3.26, Resim 3.27 ve Resim 3.28’de bej pigment kullanımıyla elde edilen sonuçlar verilmiştir.



**Resim 3.26.** 2 gr bej pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Bej Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

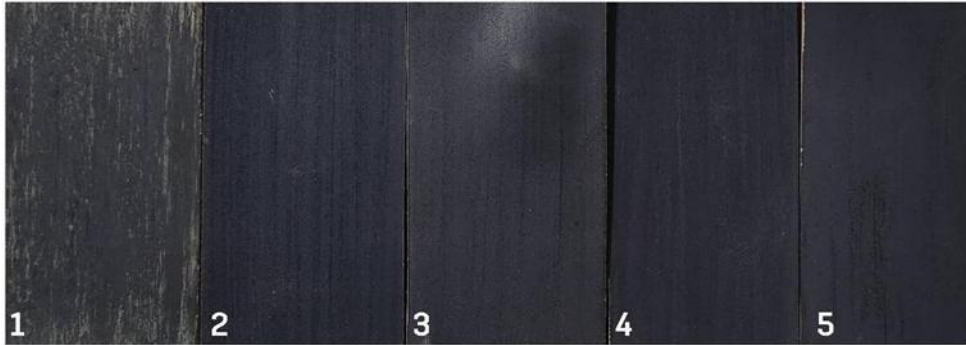


**Resim 3.27.** 4 gr bej pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Bej Pigment (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

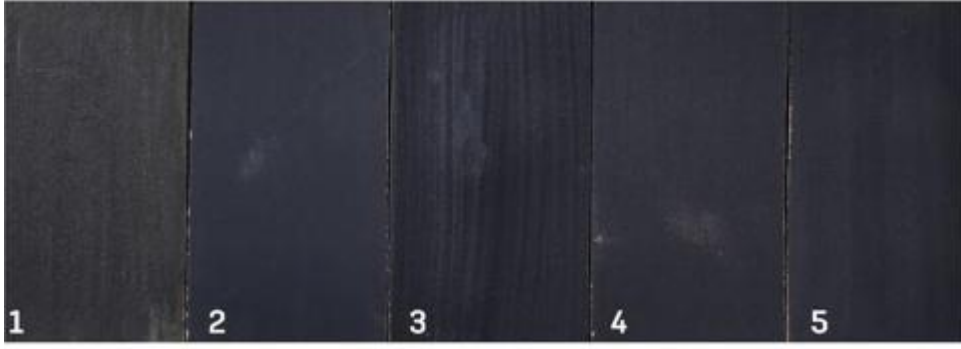


**Resim 3.28.** 6 gr bej pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Bej Pigment. (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

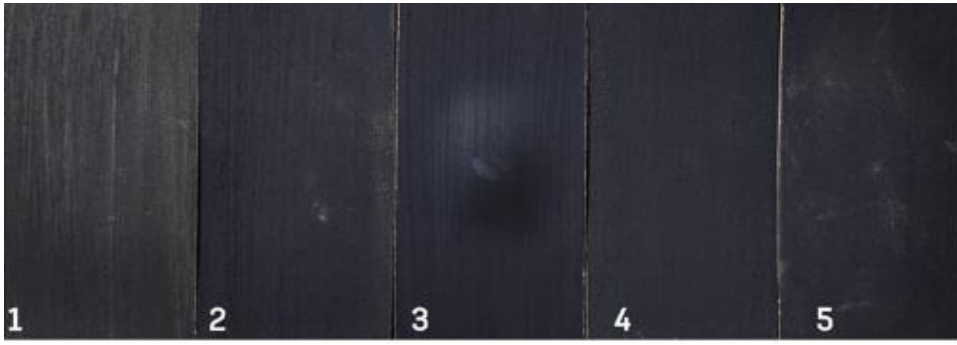
Resim 3.29, Resim 3.30 ve Resim 3.31 mavi renk pigment kullanılarak elde edilen sırsız pişirim sonuçları verilmiştir.



**Resim 3.29.** 2 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Mavi Pigment (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

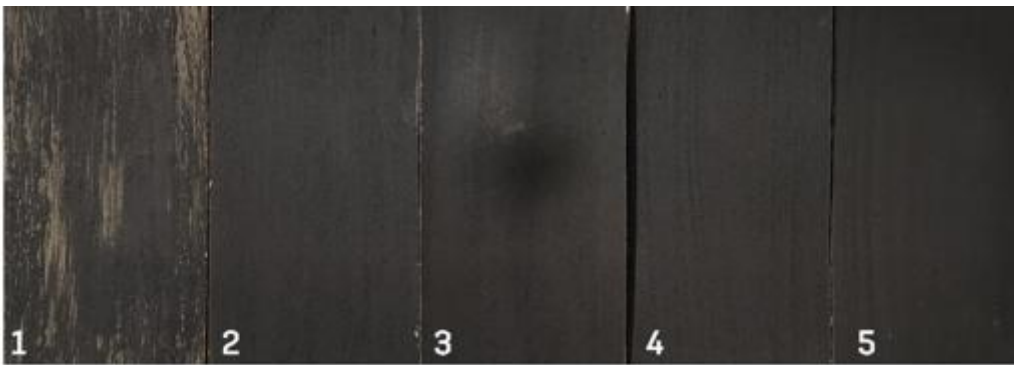


**Resim 3.30.** 4 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Mavi Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

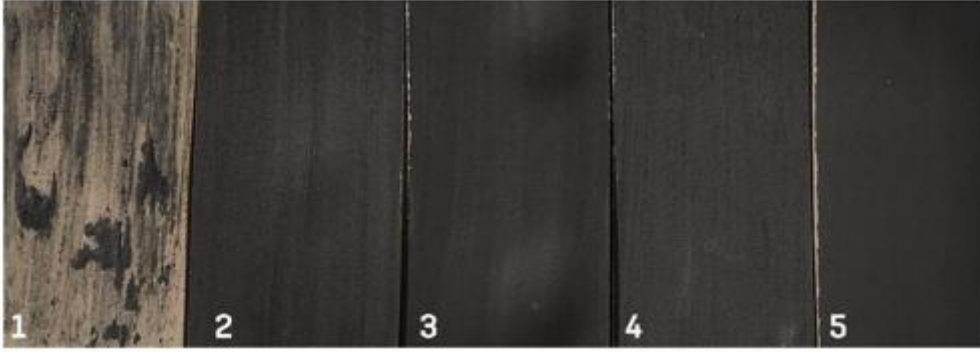


**Resim 3.31.** 6 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin + 6gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Mavi Pigment (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

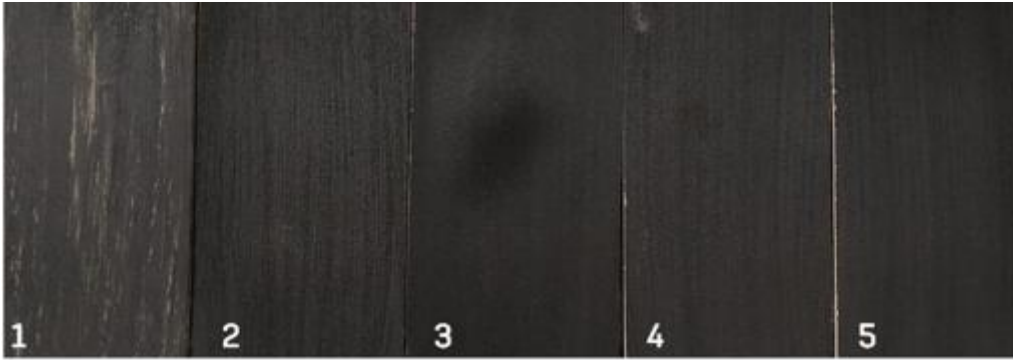
Resim 3.32, Resim 3.33 ve Resim 3.34’de siyah renk pigment kullanımı ile üretilen sonuçlar yer almaktadır.



**Resim 3.32.** 2 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Siyah Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



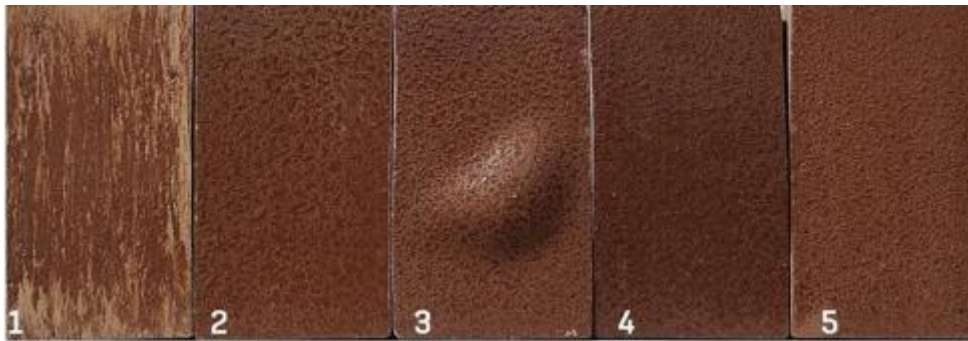
**Resim 3.33.** 4 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Siyah Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.34.** 6 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Siyah Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

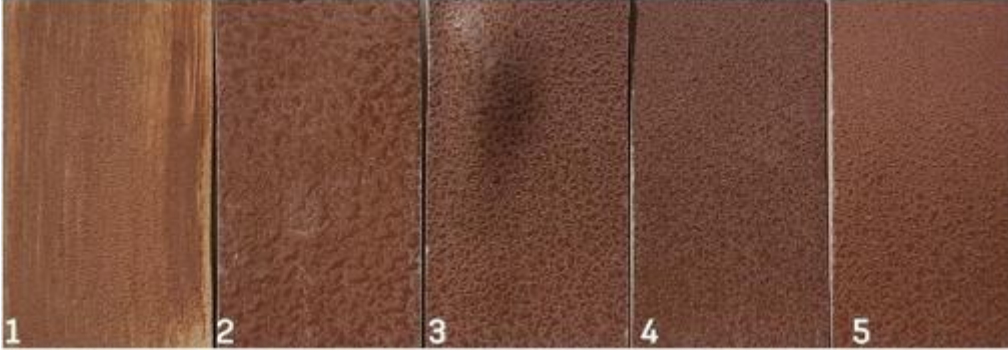
## 2.2. Parlak Sırlı Tabletler

Bu bölümde 2, 4 ve 6 gram oranlarında kahverengi pigment kullanılarak hazırlanmış ve su, benzin, mazot, selülozik tiner, sentetik tiner ile karıştırılmış çözeltilerin parlak sır sonrası pişirim sonuçları verilmiştir. Resim 3.35, Resim 3.36 ve Resim 3.37’de kahverengi pigment ile hazırlanan tabletlerin parlak sır sonrası yüzey görünümleri yer almaktadır.

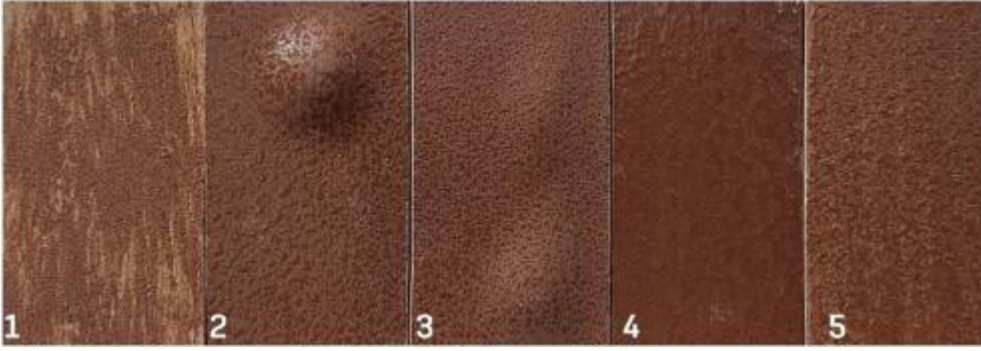


**Resim 3.35.** 2 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2 gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +2 gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2 gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2 gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2 gr Kahverengi Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

5ml Selülozik tiner + 2 gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Kahverengi Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.36.** 4 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Kahverengi Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

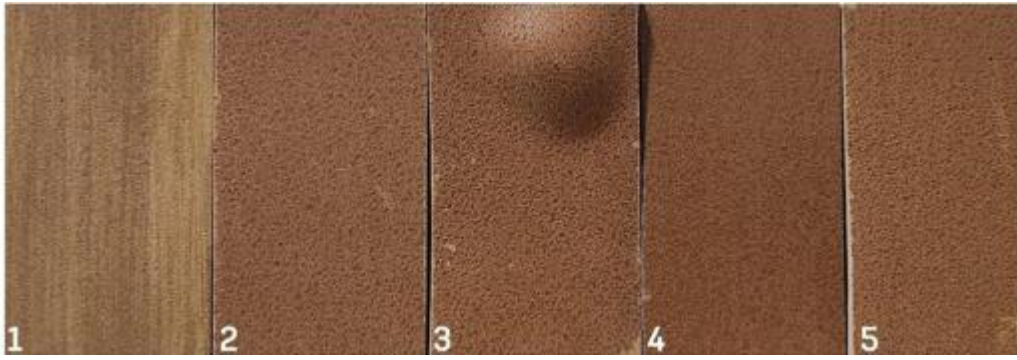


**Resim 3.37.** 6 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Kahverengi Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

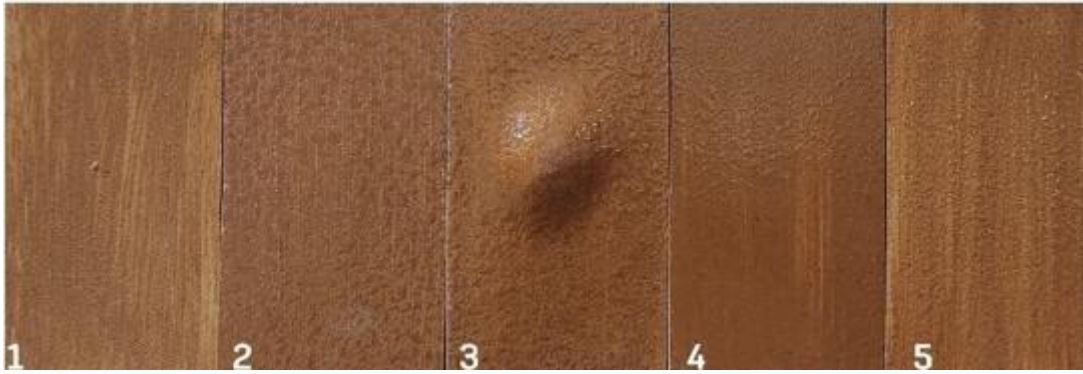
Resim 3.38, Resim 3.39 ve Resim 3.40’da bej pigment ve parlak sır kullanımıyla elde edilen sonuçlar verilmiştir.



**Resim 3.38.** 2 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Bej Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

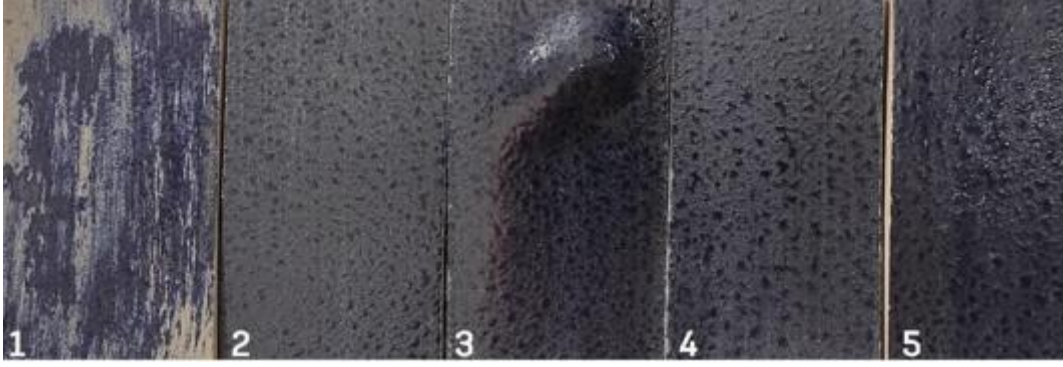


**Resim 3.39.** 4 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Bej Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

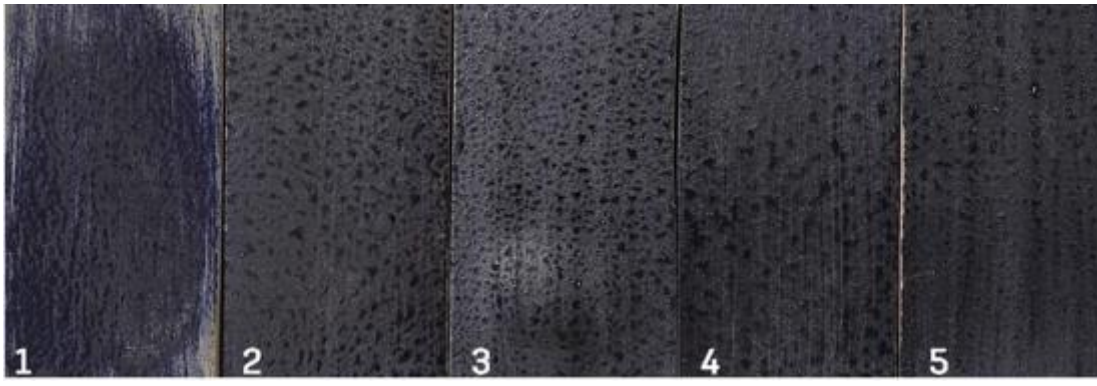


**Resim 3.40.** 6 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Bej Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

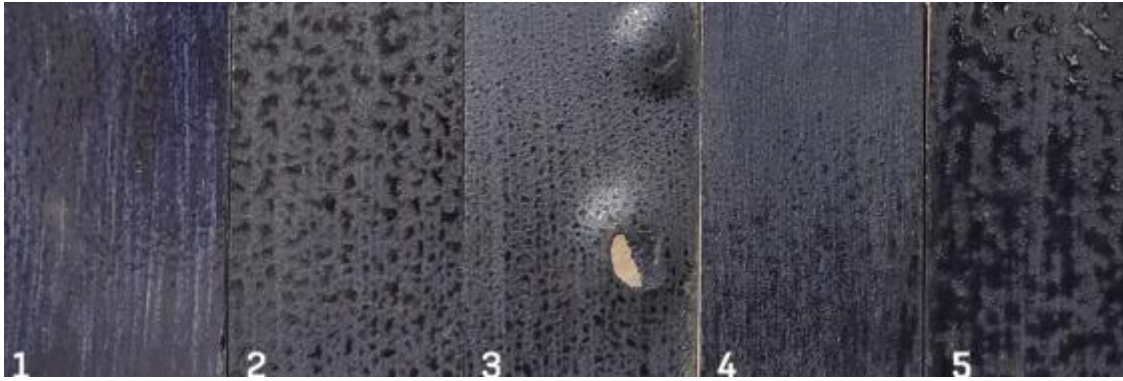
Resim 3.41, Resim 3.42 ve Resim 3.43 mavi pigment ve parlak sır kullanımıyla elde edilen sonuçlar verilmiştir.



**Resim 3.41.** 2 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Mavi Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

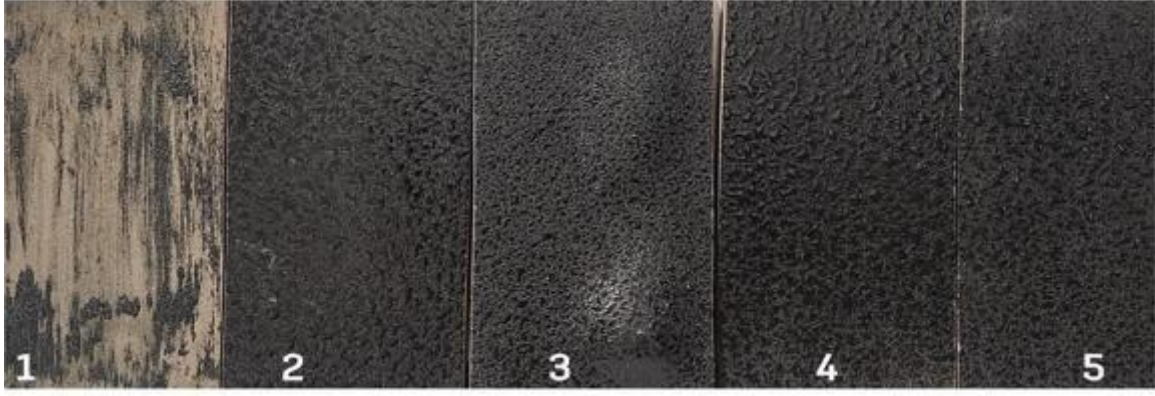


**Resim 3.42.** 4 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler (1) 5ml Su +4gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Mavi Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

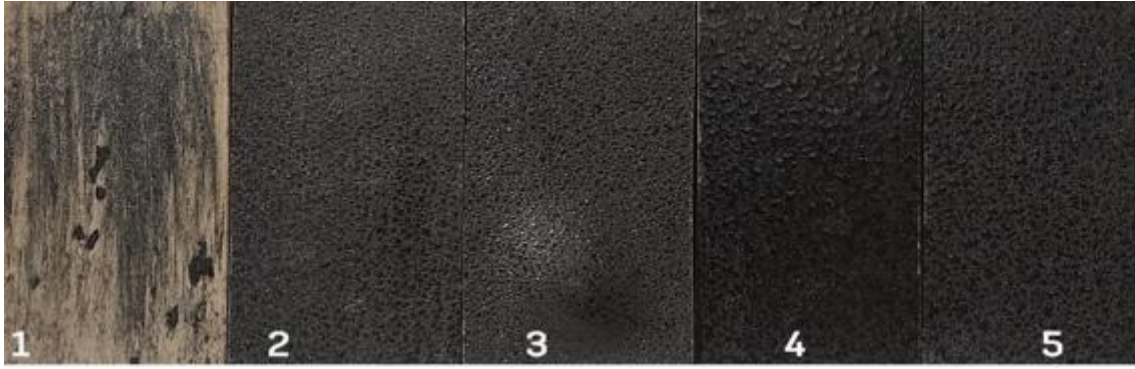


**Resim 3.43.** 6 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Mavi Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

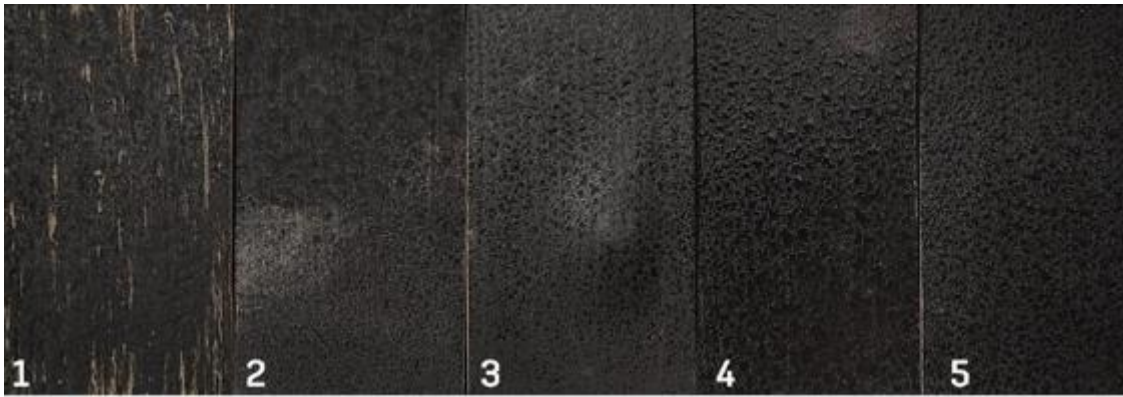
Resim 3.44, Resim 3.45 ve Resim 3.46 siyah pigment ve parlak sır kullanımıyla elde edilen sonuçlar verilmiştir.



**Resim 3.44.** 2 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Siyah Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



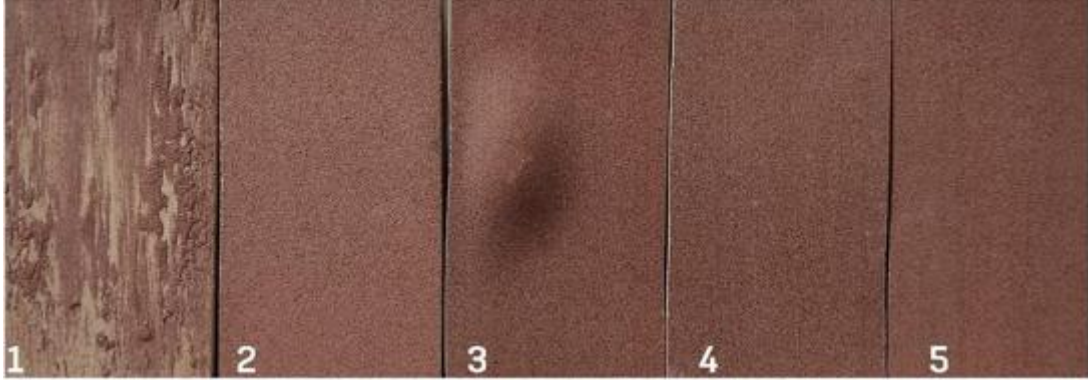
**Resim 3.45.** 4 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Siyah Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



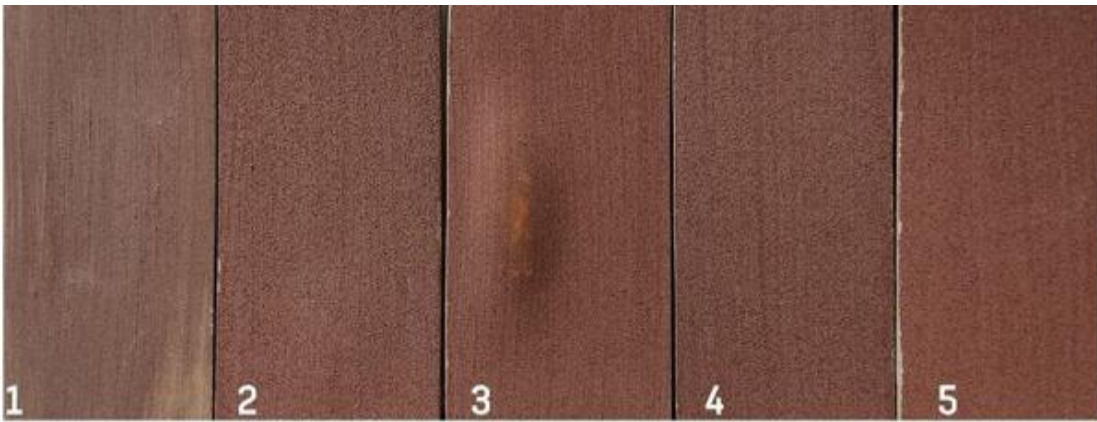
**Resim 3.46.** 6 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Siyah Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

### 2.3. Sugar Efekt Sırlı Tabletler

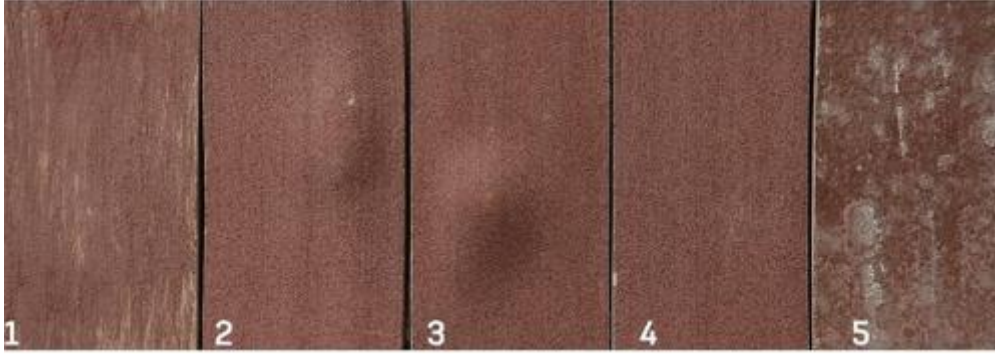
Bu bölümde 2, 4 ve 6 gram oranlarında kahverengi pigment kullanılarak hazırlanmış ve su, benzin, mazot, selülozik tiner, sentetik tiner ile karıştırılmış çözeltilerin sugar sır sonrası pişirim sonuçları verilmiştir. Resim 3.47, Resim 3.48 ve Resim 3.49 kahverengi pigment ile hazırlanan tabletlerin sugar sır sonrası yüzey görünümüleri yer almaktadır.



**Resim 3.47.** 2 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Kaheverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Kahverengi Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.48.** 4 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Kahverengi Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.49.** 6 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Kahverengi Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

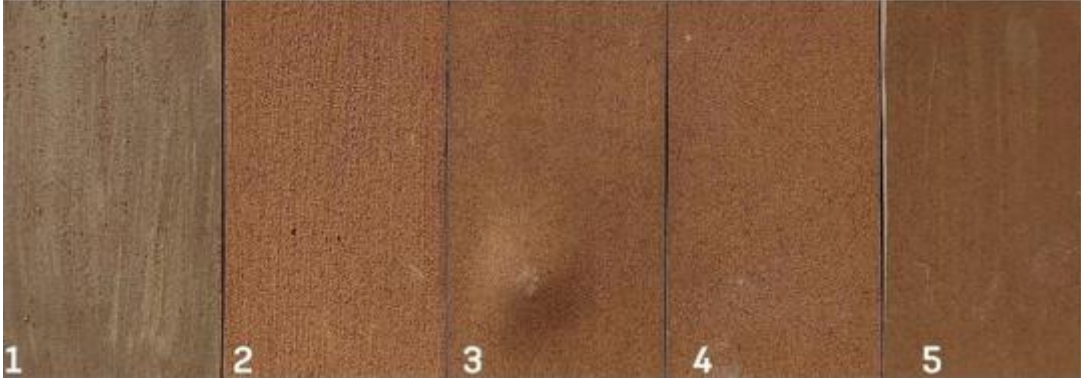
Resim 3.50, Resim 3.51 ve Resim 3.52 bej pigment ve şeker sırsı kullanımıyla elde edilen sonuçlar verilmiştir.



**Resim 3.50.** 2 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Bej Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

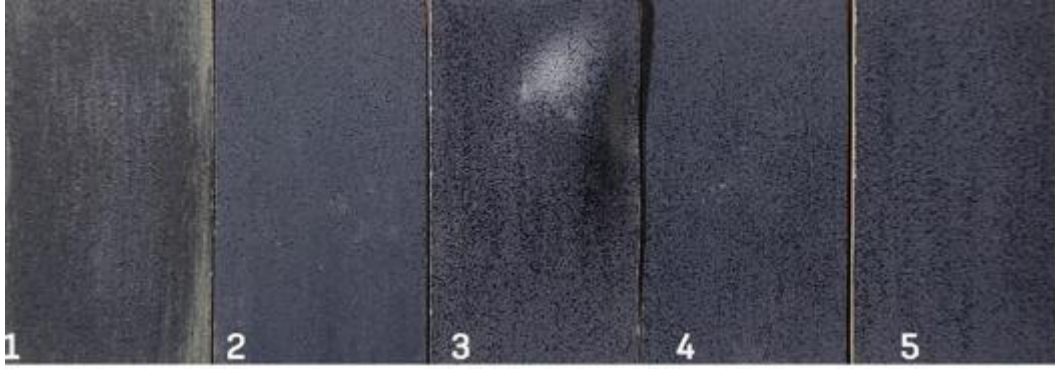


**Resim 3.51.** 4 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Bej Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.52.** 6 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Bej Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

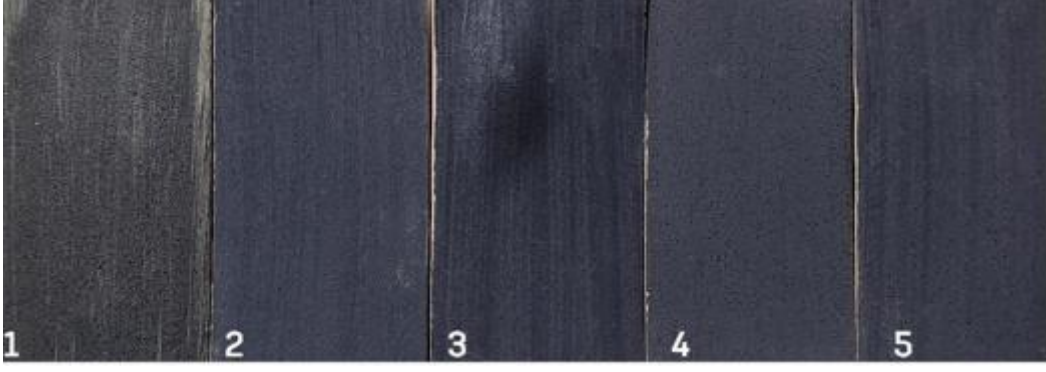
Resim 3.53, Resim 3.54 ve Resim 3.55 mavi pigment ve sugar sır kullanımıyla elde edilen sonuçlar verilmiştir.



**Resim 3.53.** 2 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Mavi Pigment (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

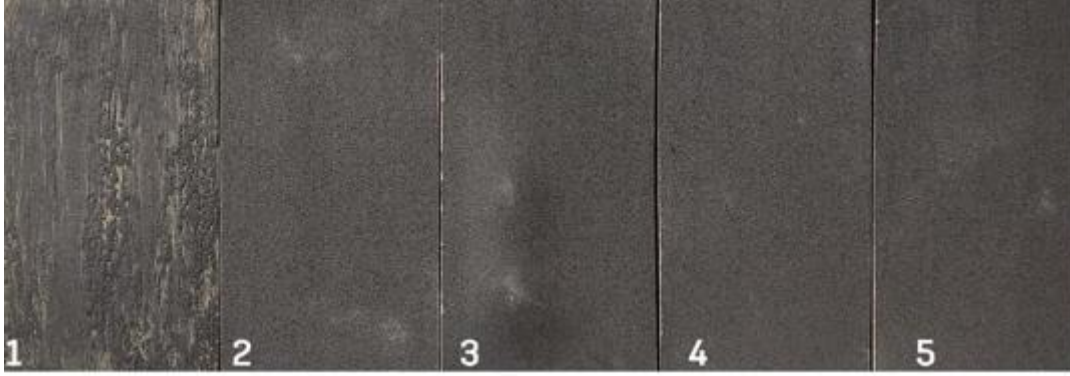


**Resim 3.54.** 4 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Mavi Pigment (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

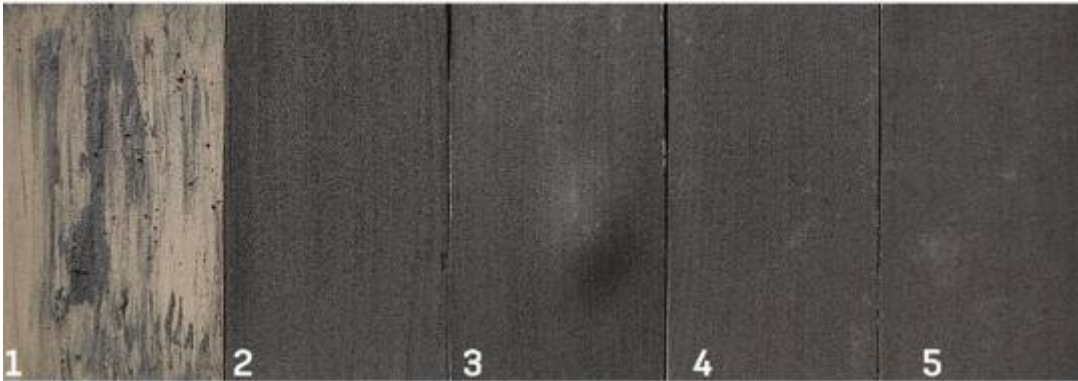


**Resim 3.55.** 6 gr mavi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Mavi Pigment,(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Resim 3.56, Resim 3.57 ve Resim 3.58 siyah pigment ve sugar sır kullanımıyla elde edilen sonuçlar verilmiştir.



**Resim 3.56.** 2 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Siyah Pigment,(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



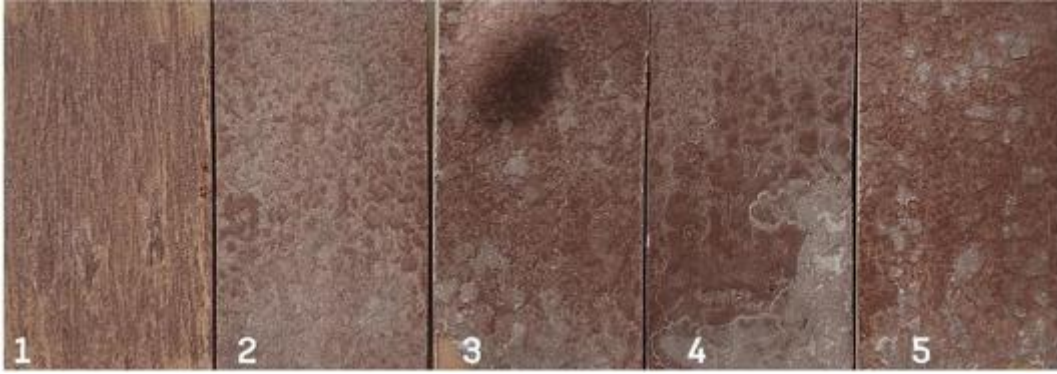
**Resim 3.57.** 4 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 4gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Siyah Pigment(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



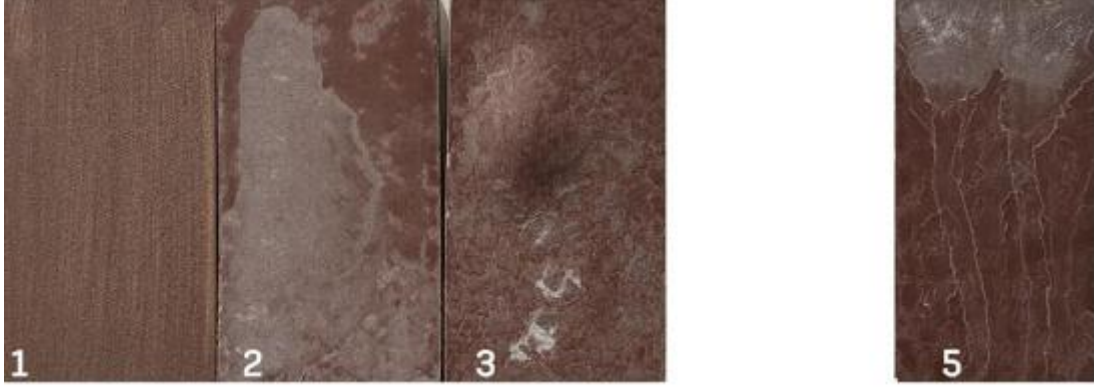
**Resim 3.58.** 6 gr siyah pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Siyah Pigment. (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

#### 2.4. Mat Sırlı Tabletler

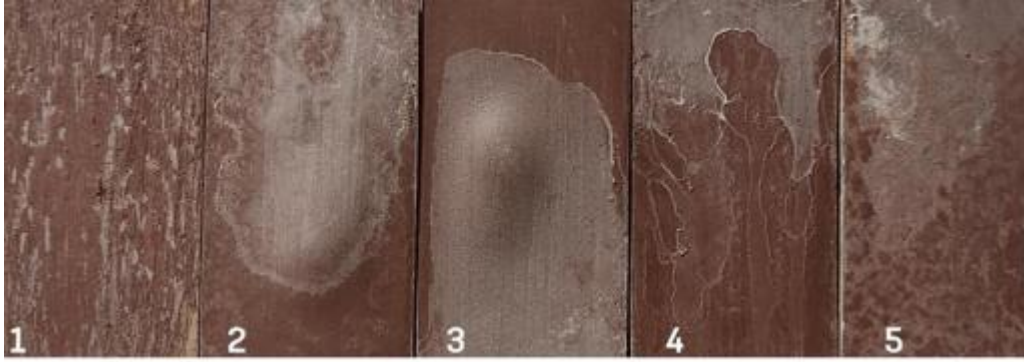
Bu bölümde 2, 4 ve 6 gram oranlarında kahverengi pigment kullanılarak hazırlanmış ve su, benzin, mazot, selülozik tiner, sentetik tiner ile karıştırılmış çözeltilerin mat sır sonrası pişirim sonuçları verilmiştir. Resim 3.59, Resim 3.60 ve Resim 3.61’de kahverengi pigment ile hazırlanan tabletlerin mat sır sonrası yüzey görünümleri yer almaktadır.



**Resim 3.59.** 2 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Kahverengi Pigment, (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.60.** 4 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4 gr kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr kahverengi Pigment.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi) 4 numaralı deneme fırın içerisinde patladığından eksiktir.

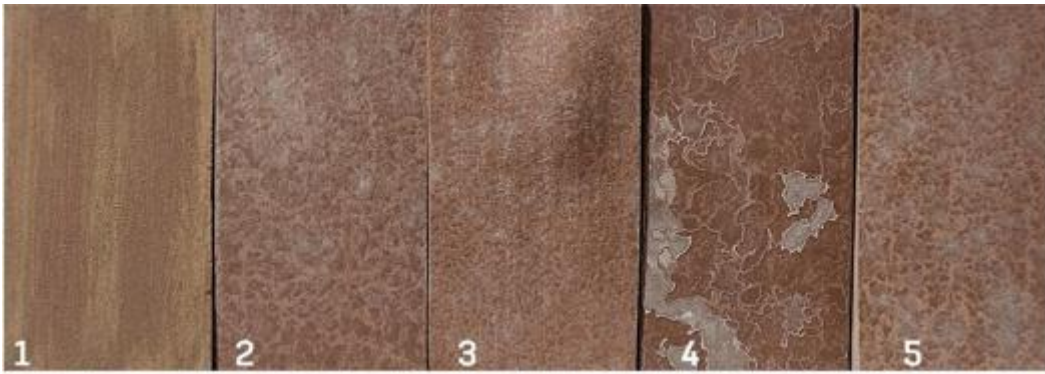


**Resim 3.61.** 6 gr kahverengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Kahverengi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Kahverengi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr kahverengi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr kahverengi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr kahverengi Pigment.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

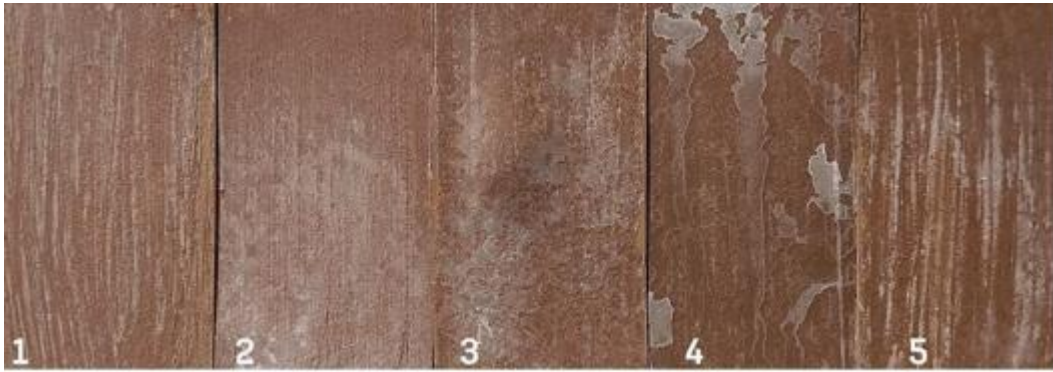
Resim 3.62, Resim 3.63 ve Resim 3.64’de Bej pigment ile hazırlanan tabletlerin mat sır sonrası yüzey görünüşleri yer almaktadır



**Resim 3.62.** 2 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Bej Pigment.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.63.** 4 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 4 gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Bej Pigment.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

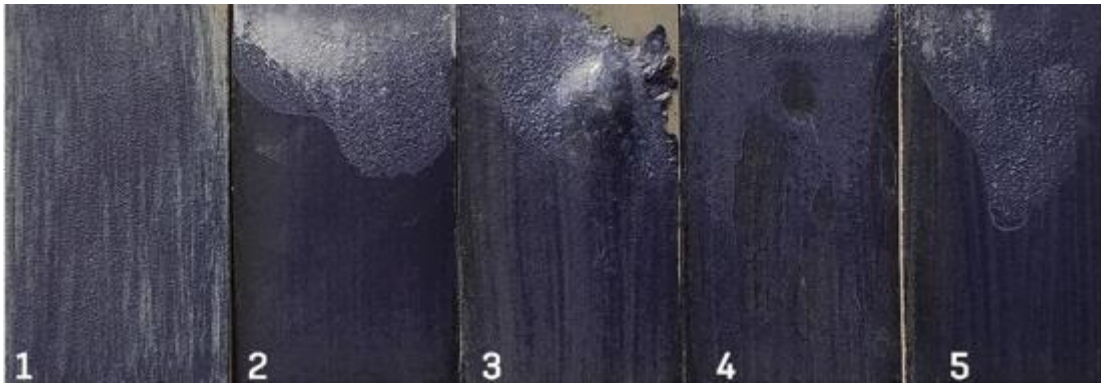


**Resim 3.64.** 6 gr bej rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Bej Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Bej Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Bej Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Bej Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Bej Pigment. (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

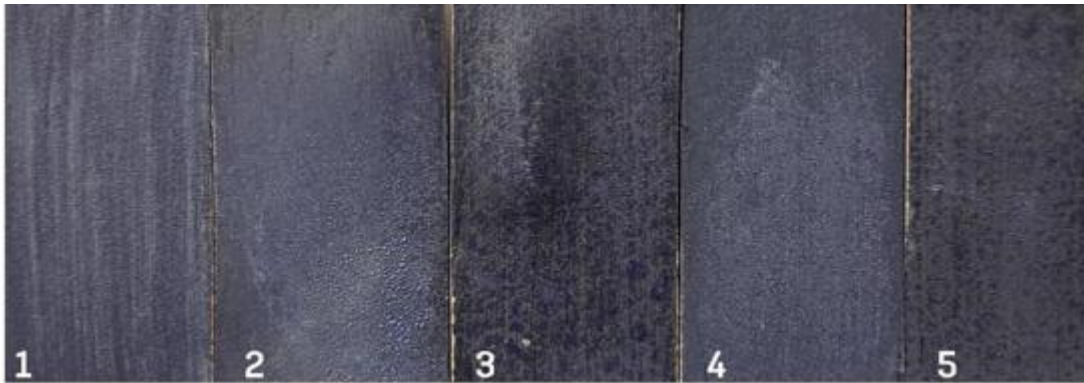
Resim 3.65, Resim 3.66 ve Resim 3.67'de Mavi pigment ile hazırlanan tabletlerin mat sır sonrası yüzey görünümleri yer almaktadır.



**Resim 3.65.** 2 gr mavi rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Mavi Pigment.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

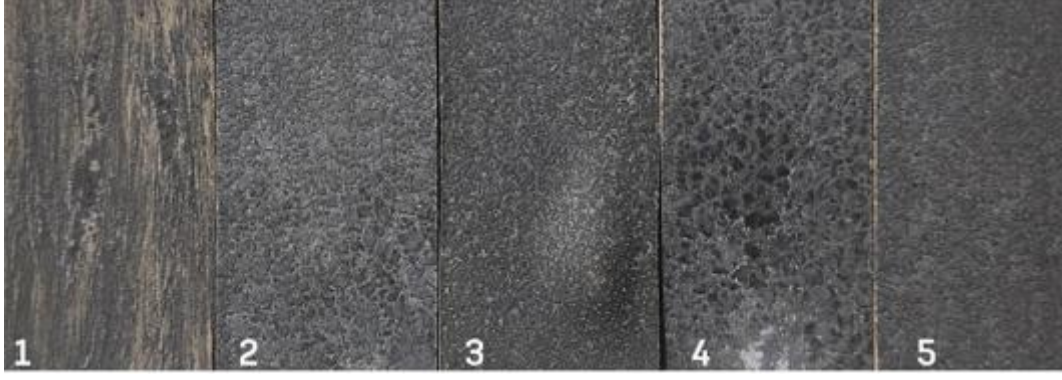


**Resim 3.66.** 4 gr Mavi rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 4 gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Mavi Pigment.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

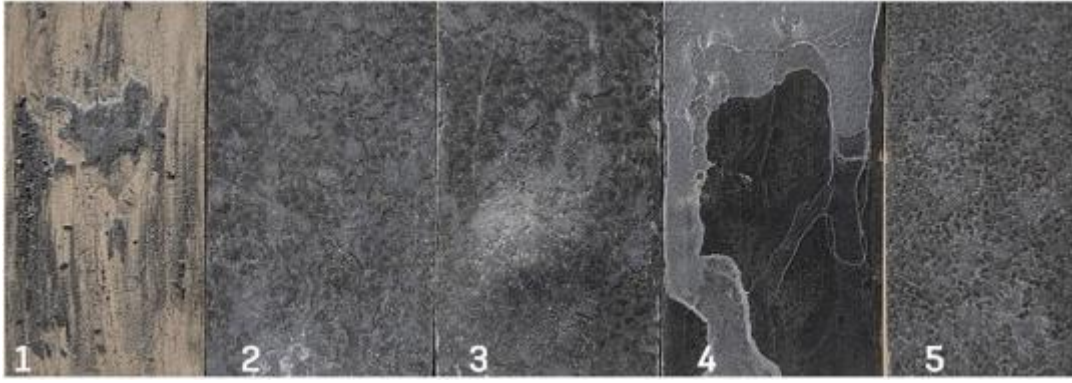


**Resim 3.67.** 6 gr mavi rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Mavi Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Mavi Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Mavi Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Mavi Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Mavi Pigment.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

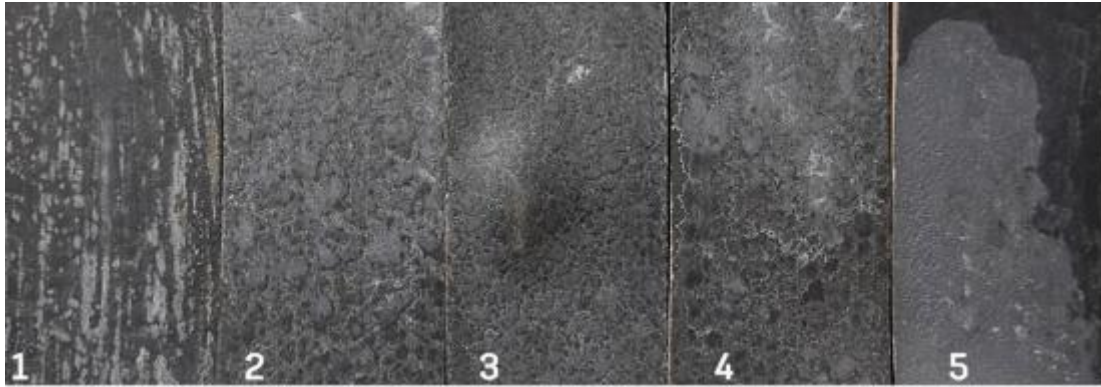
Resim 3.68, Resim 3.69 ve Resim 3.70'de Siyah pigment ile hazırlanan tabletlerin mat sır sonrası yüzey görünüşleri yer almaktadır.



**Resim 3.68.** 2 gr Siyah rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 2gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +2gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 2gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 2gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 2gr Mavi Pigment.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.69.** 4 gr Siyah rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 4gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +4gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 4 gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 4gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 4gr Siyah Pigment.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.70.** 6 gr Siyah rengi pigment ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı tabletler. (1) 5ml Su + 6gr Siyah Pigment, (2) 5ml Benzin +6gr Siyah Pigment, (3) 5ml Mazot + 6gr Siyah Pigment, (4) 5ml Selülozik tiner + 6gr Siyah Pigment, (5) 5ml Sentetik tiner + 6gr Siyah Pigment.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

### 3. Endüstriyel Sırlar ve Engobun Renklendirme Çalışması

Geri dönüşüm çalışmasını çeşitlendirmek amaçlı fabrikada kullanılan parlak, mat, şugar sırlar ve engop içerisine atık boyaların elde edilen pigmentleri karıştırarak bu sırları renklendirmek amaçlanmış olup uygulamaları denenmiştir. Yukarıda belirtilen yapım aşamaları takip edilerek aynı şekilde deneme plakaları basılmıştır. Pigmentler aynı yöntem üzerinden çoğaltılmış ve deneye dahil edilmiştir.

Deneme tabletleri üzerine parlak, mat, şugar sırlar ve engop için fabrikada üretim esnasında kullanılan yoğunluklar ayarlanmıştır. Sırların ve engobun içerisine 1,3,5 gr olarak, pigmentler dahil edilmiş ve bu gramajlar dahilinde sırlama ve engop atma işlemi pistole ile yapılmıştır (Resim 3.71).



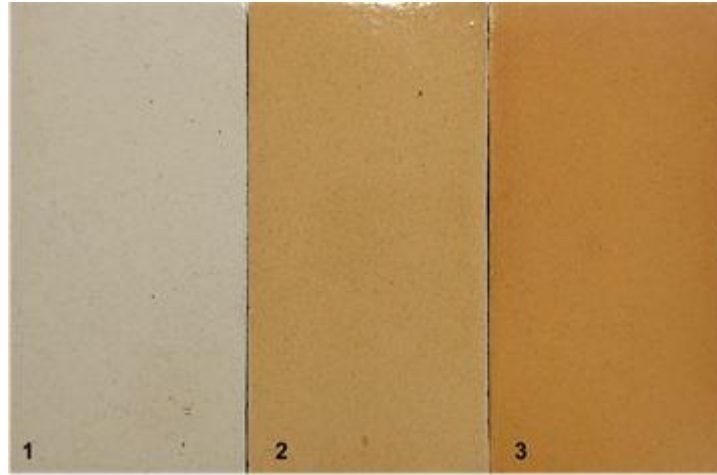
**Resim 3.71.** Pistole ile sırlama işlemi (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Daha önce yapılan sırlama, kenar kazıma işlemleri bu tabletler üzerinde yapılmış olup en son fırın tellerine dizilerek 1200°C 'de 56 dakika süre zarfında fabrika ortamındaki endüstriyel fırında pişirilmiştir (Resim 3.72).

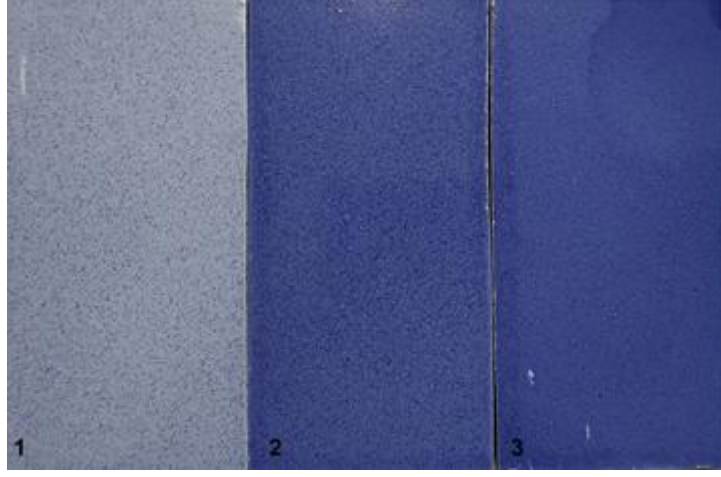


**Resim 3.72.** Deneme tabletlerinin pişirim öncesi fırın tellerine dizim işlemi (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

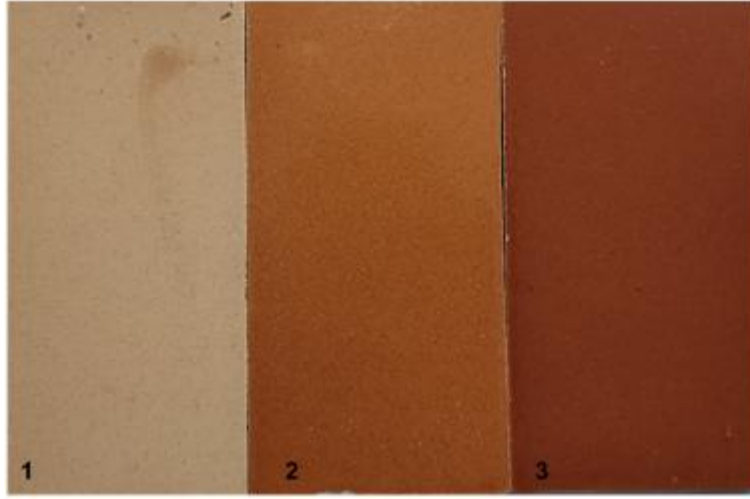
Piştirilen tabletlerin fabrika koşullarında üretimde kullanılan parlak sır ile elde edilen sonuçları Resim 3.73, Resim 3.74, Resim 3.75 ve Resim 3.76'da verilmiştir.



**Resim 3.73.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-49: (1) 1 gr bej pigment + parlak sır, (2) 3 gr bej pigment + parlak sır, (3) 5 gr bej pigment + parlak sır. (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.74.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-50 (1) 1gr Mavi pigment +parlak sır, (2) 3gr Mavi pigment + parlak sır, (3) 5gr Mavi pigment + parlak sır. (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

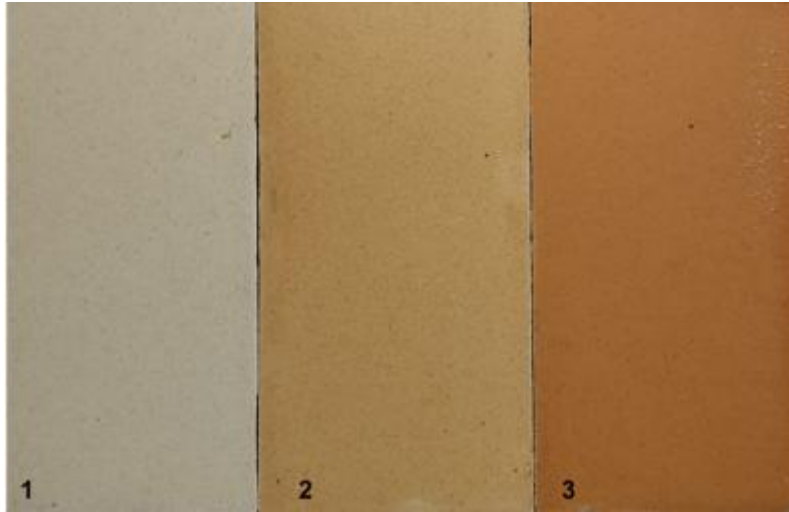


**Resim 3.75.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-51 (1) 1gr Kahverengi pigment +parlak sır, (2) 3gr Kahverengi pigment + parlak sır, (3) 5gr Kahverengi pigment + parlak sır.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

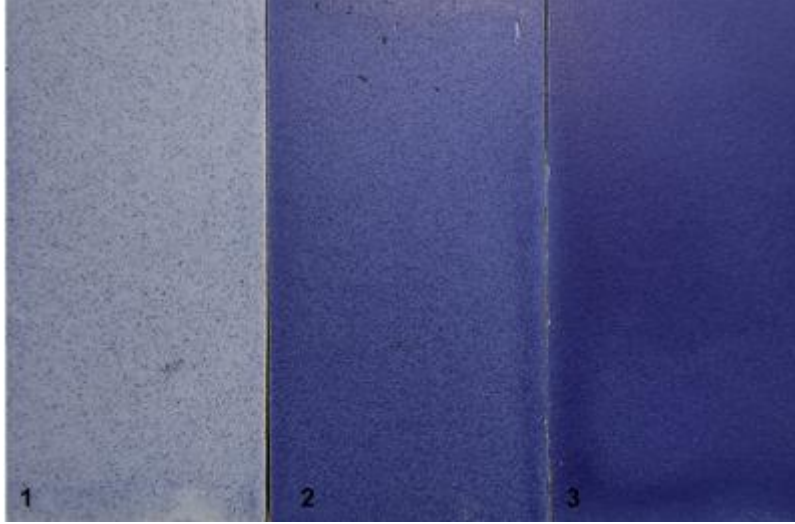


**Resim 3.76.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-52 (1) 1gr Siyah pigment +parlak sır, (2) 3gr Siyah pigment + parlak sır, (3) 5gr Siyah pigment + parlak sır.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Piştirilen tabletlerin fabrika koşullarında üretimde kullanılan mat sır ile elde edilen sonuçları Resim 3.77, Resim 3.78, Resim 3.79 ve Resim 3.80’de verilmiştir.



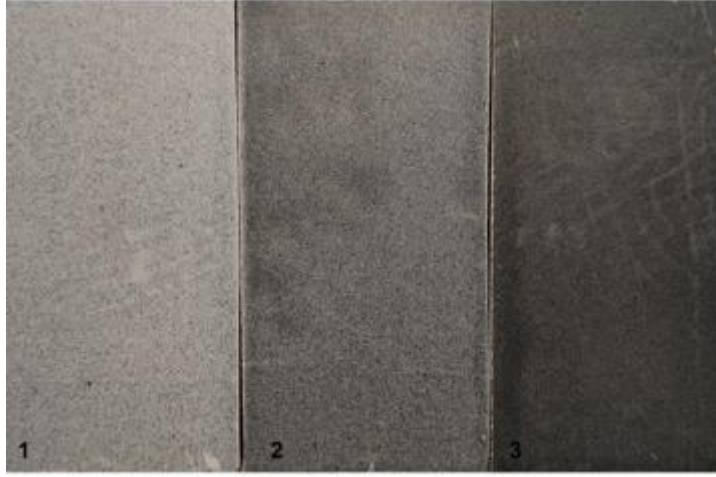
**Resim 3.77.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-53 (1) 1gr Bej pigment +mat sır, (2) 3gr Bej pigment + mat sır, (3) 5gr Bej pigment + mat sır. (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.78.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-54 (1) 1gr Mavi pigment +Mat sır, (2) 3gr Mavi pigment + mat sır, (3) 5gr Mavi pigment + mat sır. (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.79.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-55 (1) 1gr Kahverengi pigment +Mat sır, (2) 3gr Kahverengi pigment + mat sır, (3) 5gr Kahverengi pigment + mat sır.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

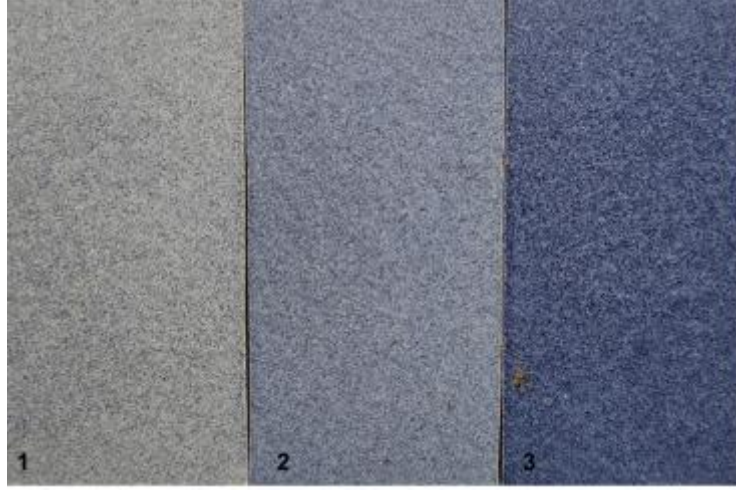


**Resim 3.80.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-56 (1) 1gr Siyah pigment +mat sır, (2) 3gr Siyah pigment + mat sır, (3) 5gr Siyah pigment + mat sır.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi).

Piştirilen tabletlerin fabrika koşullarında üretimde kullanılan şugar sır ile elde edilen sonuçları Resim 3.81, Resim 3.82, Resim 3.83 ve Resim 3.84’da verilmiştir.



**Resim 3.81.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-57 (1) 1gr Bej pigment +şugar sır, (2) 3gr Bej pigment + şugar sır, (3) 5gr Bej pigment + şugar sır.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.82.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-58 (1) 1gr Mavi pigment +şugar sır, (2) 3gr Mavi pigment + şugar sır, (3) 5gr Mavi pigment + şugar sır.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

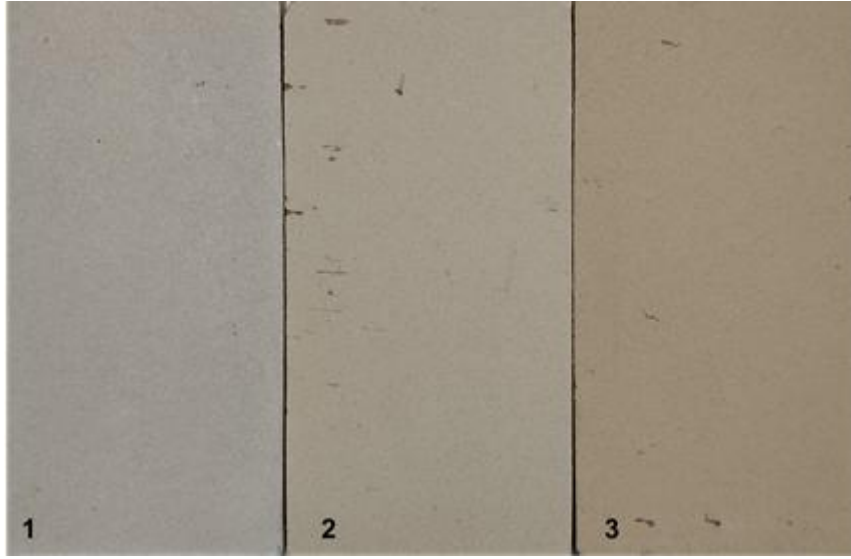


**Resim 3.83.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-59 (1) 1gr kahverengi pigment +şugar sır, (2) 3gr kahverengi pigment + şugar sır, (3) 5gr kahverengi pigment + şugar sır.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

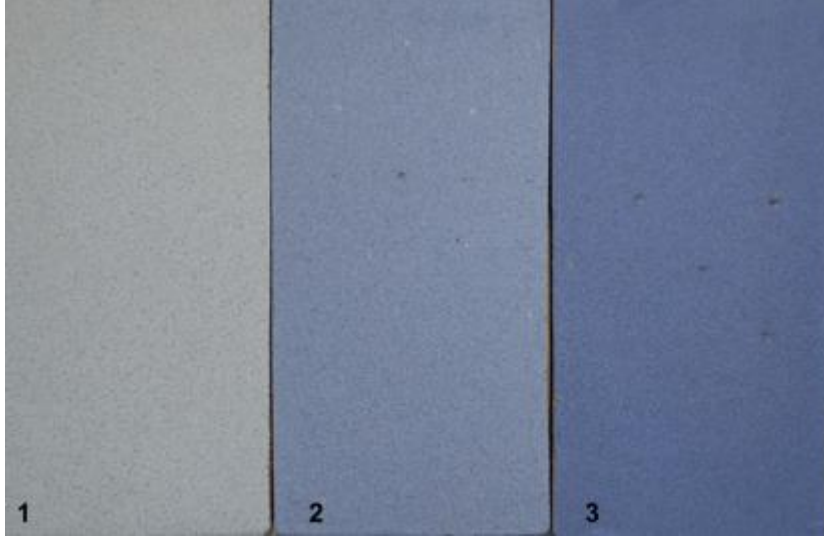


**Resim 3.84.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-60 (1) 1gr Siyah pigment +şugar sır, (2) 3gr Siyah pigment + şugar sır, (3) 5gr Siyah pigment + şugar sır.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Fabrika koşullarında üretimde kullanılan engobun sırasıyla mavi, bej, kahverengi ve siyah pigmentlere karıştırılması ile elde edilen sonuçları aşağıdaki gibidir;



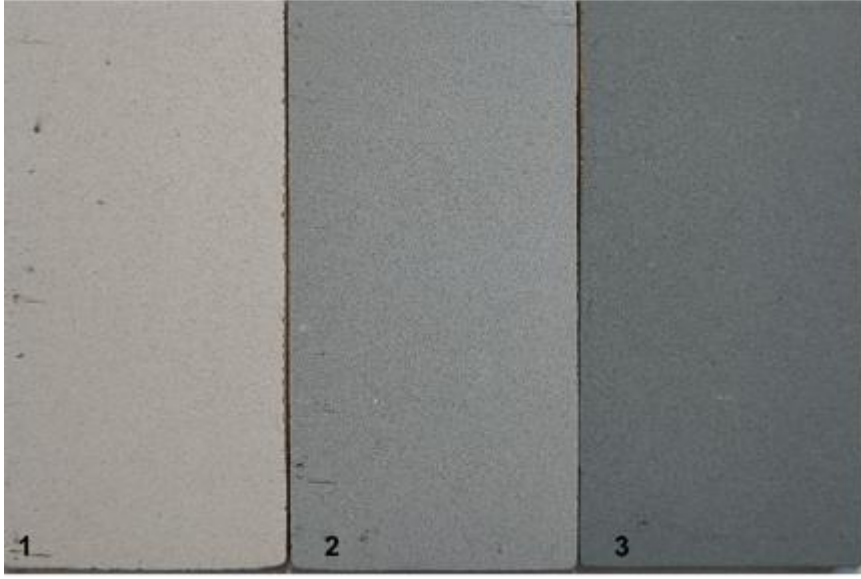
**Resim 3.85.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-61 (1) 1gr Bej pigment + engob, (2) 3gr Bej pigment + engob, (3) 5gr Bej pigment + engob.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.86.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-62 (1) 1gr Mavi pigment +engob, (2) 3gr Mavi pigment + engob, (3) 5gr Mavi pigment + engob. (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.87.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-63 (1) 1gr kahverengi pigment +engob, (2) 3gr Kahverengi + engob, (3) 5gr Kahverengi pigment + engob. (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.88.** Tabletlerin fırın çıkışı görselleri-64 (1) 1gr Siyah pigment + engob, (2) 3gr Siyah pigment + engob, (3) 5gr Siyah pigment + engob.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Kullanılan çözücü maddeler çözücü olma özellikleri açısından değerlendirdiğimizde; Benzin, birçok hidrokarbonun karmaşık bir bileşimidir. Benzinin yapısında bulunan hidrokarbonlar parafinik, olefinik, aromatik yapıda olmakla beraber farklı miktardadırlar. Benzinin özelliklerini ve performansını bileşiminde yer alan hidrokarbonlar ve oksijenatlar etkiler. Benzin, genel anlamda hafif hidrokarbonlardan meydana gelen bir yakıttır. İçten yanmalı motorlarda yüksek oktanlı benzin kullanılmaktadır. Benzin çözücü özelliklere sahiptir bu sebeple boya çıkarıcı, endüstri ve temizlik uygulamalarda kullanıldığı bilinmektedir.

Ülkemizde yaygın olarak bulunan tiner, genel anlamda boya tineri olarak adlandırılmaktadır. Ülke içinde kullanılan standart tinerin fiziksel ve kimyasal yapısı Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından standardize edildiği görülmektedir. Sentetik ve selülozik olmak üzere iki farklı tiner bulunmaktadır. Selülozik tinerin, çözücü bir karışım olduğu bilinmektedir. Yapısında; hidrokarbonlar, glikol eterler, esterler, ketonlar, alkoller bulundurulur ve nitro-selüloz esaslı boyaların, verniklerin vizkozitelerini indirerek uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Boya tineri, kimyasal yapısından kaynaklı olarak saf bir madde olarak tanımlanamamaktadır. Deneysel çalışmalarda gerçek konsantrasyonunun belirlenmesi oldukça zordur. Selülozik tiner, genel anlamda selüloz türevlerinden elde edilen bir çözücüdür. Selülozik bazlı boyaların temizlenmesinde ve inceltmesinde kullanılmaktadır. Geleneksel boya uygulamalarında yaygın olarak kullanılmakla beraber çevresel riskler sebebi ile diğer tiner çeşitleri tercih edilmektedir. Sentetik tiner ise genel olarak organik çözücülerden elde edilen bir temizleme ve inceltme malzemesidir. Boya, vernik ya da yapıştırıcıları temizlemek, çözmek ve

inceltmek için kullanılmaktadır. Sentetik tiner, diğer geleneksel çözücülerle karşılaştırıldığında alternatif olarak daha çevre dostu bir çözücü olarak görülmektedir.

#### **4. Pigmentlerin Pişirim Teknikleri ile İncelenmesi**

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen pigmentlerin endüstriyel ölçekte test edilmesi planlanmış olsa da, seramik karo üretiminde kullanılan dijital baskı makinelerinin baskı kafalarının ortalama birim maliyetinin 2500 € olması ve bu kafaların bozulma riskinin yüksekliği nedeniyle endüstriyel ortamda deneme izni alınamamıştır. Bu nedenle pigmentlerin doğrudan üretim hattında uygulanması mümkün olmamış, alternatif yöntemlere yönelinmiştir. Bu kapsamda, stoneware çamuru üzerinde pigmentlerin denemesi yapılmış; bir yandan Raku pişirim tekniği ile deneyler gerçekleştirilmiş, diğer yandan ise 1200 °C’de elektrikli fırında pişirimler uygulanarak sonuçlar gözlemlenmiştir. Böylelikle pigmentlerin farklı pişirim yöntemlerindeki davranışları karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve endüstriyel ölçekli uygulamaların gerçekleştirilememesi, araştırmanın deneysel ve sanatsal yöntemlerle desteklenmesi sağlanmıştır.

##### **4.1. Raku Pişirim Denemeleri**

Araştırma kapsamında elde edilen pigmentlerin endüstriyel ölçekte denemesi mümkün olmadığından, alternatif bir yöntem olarak Raku pişirim tekniği tercih edilmiştir. Raku pişirimi, ani ısı değişimleri ve indirgen atmosfer koşulları ile pigmentlerin yüzeydeki davranışlarını gözlemlemeye olanak tanımaktadır. Bu doğrultuda, stoneware çamurundan hazırlanan vazo formları, daha önce gerçekleştirilen deneylerden elde edilen bulgular ışığında seçilmiş ve her pigment için en iyi sonuçların alındığı çözücü kombinasyonları kullanılarak hazırlanmıştır. Ardından bu formlar Raku pişirimi için fırına yerleştirilmiş ve sıcaklık yaklaşık 900 °C’ye kadar yükseltilmiştir. Raku pişiriminde kullanılan tüm denemelerde stoneware çamuru üzerine yalnızca şeffaf sır uygulanmış, böylece pigmentlerin çözücü türüne bağlı olarak yüzeyde ortaya çıkan renk değişimleri ve dokusal etkiler doğrudan gözlemlenebilmiştir.



**Resim 3.89.** Stoneware çamurundan oluşturulan vazo formu (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.90.** Stoneware çamurundan oluşturulan vazoların bisküvi pişirimleri. (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Bisküvi pişirimi tamamlanan stoneware vazo formları, Raku pişirimi için hazırlanmıştır. Pigmentlerin daha önce yapılan deneylerde en iyi sonuç verdiği çözücü kombinasyonları (2,4,6 gram pigment, sentetik tiner ile kombinasyonu oluşturuldu) kullanılarak hazırlanan vazo formları üzerine bor katkılı şeffaf sır uygulanmıştır. Aşağıda, sırlama aşamasına ve devamında gerçekleştirilen pişirim sürecine ait görseller sunulmaktadır.



**Resim 3.91.** Raku pişirimi için sırlama çalışması (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.92.** Raku pişirimi için sırlama çalışması. (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Sır uygulaması sonrasında yüzeyde gözeneklenmelerin ve düzensiz dağılımların olduğu görülmüştür. Bu durum, kullanılan pigment-çözücü kombinasyonlarının şeffaf sır ile

tam uyum sağlayamamasından kaynaklanmıştır. Özellikle çözücülerin buharlaşma eğilimi ve pigmentin çamur ile etkileşimi, sır tabakasında lokal düzensizlikler meydana getirmiştir.



**Resim 3.93.** Raku pişirimi için fırına dizim işlemi (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.94.** Raku pişirimi (Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Elde edilen yüzey görünümleri ve pigment-çözücü kombinasyonlarının etkileri ilgili görsellerde sunulmaktadır.



**Resim 3.95.** Kahverengi pigmentin raku pişirimi sonrası etkileri.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Pişirim sonrası yüzeyde pigment-çözücü kombinasyonuna bağlı olarak metalik parlama ve yer yer matlaşmalar gözlenmiştir. İndirgen atmosfer, özellikle sırn yoğunlaştığı bölgelerde farklı ton geçişleri oluşturmuştur.



**Resim 3.96.** Mavi renk pigmentin raku pişirimi sonrası etkileri.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.97.** Bej rengi pigmentin raku pişirimi sonrası etkileri.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.98.** Siyah renk pigmentin raku pişirimi sonrası etkileri.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.99.** Tüm yüzeye uygulanan pigmentlerin raku pişirimi sonrası etkileri.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Raku pişirimi sonrasında siyah pigmentin yüzeyde yoğun ve opak bir görünüm sağladığı, ancak indirgen atmosferin etkisiyle yer yer matlaşmalar ve yüzey düzensizlikleri oluşturduğu gözlemlenmiştir. Vazolarda tüm yüzeye uygulanan siyah, mavi, kahve ve bej pigmentlerde çözücü olarak 25ml sentetik tiner kullanılmıştır. Aynı orantıda pigment gramajlarında artırılarak 20gr sabit olacak şekilde karışım oluşturulmuş vazolar üzerine uygulaması gerçekleştirilmiştir. Mavi pigment, indirgen ortamda yüksek parlaklık kazanmış ve yüzeyde metalik yansımalar oluşturarak görsel açıdan daha canlı sonuçlar vermiştir. Kahverengi pigment, yüzeyde homojen bir dağılım sergilemiş, parlaklık derecesi orta seviyede kalmış ve sıcak tonlarıyla dengeli bir görünüm sunmuştur. Bej pigmentin ise Raku pişirimi sonrasında en düşük renk yoğunluğunu verdiği, yüzeyde mat ve silik bir etki bıraktığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, pigmentlerin Raku pişirimi atmosferine farklı tepkiler verdiğini; özellikle mavi ve siyah pigmentlerin daha belirgin, kahverenginin dengeli, bejin ise zayıf renk etkisi yarattığını ortaya koymaktadır.

#### **4.2. 1200 °C Elektrikli Fırın Denemeleri**

Raku pişirimi sonrasında, pigmentlerin endüstriyel koşullara daha yakın bir ortamda denenebilmesi amacıyla 1200 °C sıcaklıkta 5 saat elektrikli fırın pişirimleri gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, daha önceki deneysel çalışmalarda kullanılan parlak, sugar ve mat sırlar stoneware çamurundan hazırlanmış vazo formları üzerine uygulanmıştır. Farklı sır türleri ile yapılan bu denemeler, pigmentlerin yüksek sıcaklıkta sergilediği renk, yüzey ve doku davranışlarının

gözlemlenmesine olanak sağlamıştır. Sırlama işlemi, daldırma yöntemiyle gerçekleştirilmiş olup kullanılan pigment-çözücü kombinasyonları Raku pişiriminde uygulananlarla aynı tutulmuştur. Bu sayede, farklı sır türlerinin pigmentler üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenebilmiştir. Pişirimler sonrasında elde edilen deneylere ait görseller ve bulgular metnin devamında sunulmaktadır.



**Resim 3.100.** Elektrikli fırına vazoların dizilim işlemi.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)



**Resim 3.101.** Parlak sır ile pişen vazoların etkileri.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

1200 °C elektrikli fırında gerçekleştirilen denemelerde kullanılan mat sırın da stoneware bünyesi ile tam uyum sağlayamadığı tespit edilmiştir. Parlak sırda elde edilen satenimsi dokudan farklı olarak, mat sırın yüzeyde daha sert ve belirgin mat bir doku oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, mat sırın opaklık etkisi parlak sır kadar yoğun olmamış; bu durum pigmentlerin renk şiddetlerinin daha belirgin şekilde yüzeye yansımalarını sağlamıştır. Dolayısıyla mat sır uygulamalarında pigmentlerin renkleri, parlak sırla karşılaştırıldığında daha güçlü ve ayırt edilebilir bir görünüm kazanmıştır.



**Resim 3.102.** Sugar sır ile pişen vazoların etkileri.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

1200 °C elektrikli fırında gerçekleştirilen denemelerde kullanılan sugar sırın da stoneware bünyesi ile tam uyum sağlamadığı tespit edilmiştir. Pişirim süreci sonucunda granüllerin büyük bir kısmı yüzeyden kaybolmuş, yüzeyde kalan granüller ise oldukça sert ve mat bir doku meydana getirmiştir. Bu mat ve sert dokular yüzeyin tamamına homojen olarak yayılmamış, daha çok lokal bölgelerde yoğunlaşarak parçalı bir görünüm oluşturmuştur. Bununla birlikte, sugar sırın oluşturduğu bu yer yer sert dokulara rağmen pigmentlerin renkleri, parlak ve mat sırlarla karşılaştırıldığında daha canlı bir şekilde yüzeye yansımıştır.



**Resim 3.103.** Sırasıyla parlak, mat, sugar sır ile pişen vazoların etkileri.(Cihan Yavaş Görsel Galerisi)

Elektrikli fırında yapılan denemelerde pigmentlerin yalnızca sınırlı alanlarda değil, tüm vazo yüzeyini kaplayacak şekilde uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar da değerlendirilmiştir. Bu uygulamalarda da stoneware bünye üzerinde parlak, mat ve sugar sır türleri kullanılmıştır. Sugar sır uygulanan mavi ve siyah pigmentli formlarda, daha önceki denemelerde olduğu gibi yüzeyde granüllerin büyük oranda kaybolduğu, kalan granüllerin ise oldukça sert ve pürüzlü dokular oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu pürüzlü dokular homojen bir dağılım sergilememiş, lokal bölgelerde yoğunlaşarak parçalı yüzey etkileri meydana getirmiştir. Mat ve parlak sırla kaplanan yüzeylerde ise sonuçlar genel olarak birbirine benzer nitelikte olup, parlak sırla opaklaşmaya bağlı olarak pigmentlerin renk şiddetini düşürdüğü, mat sırla ise daha sert ve belirgin mat bir yüzey oluşturduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, mat sır parlak sır ile karşılaştırıldığında pigmentlerin renklerini bir miktar daha güçlü şekilde yansıtmıştır.

## SONUÇ

Bu çalışmada, dijital inkjet baskı teknolojilerinde oluşan boya atıklarının geri kazanımı ve seramik üretiminde yeniden kullanılabilirliğinin olanakları kapsamlı bir biçimde değerlendirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, farklı çözücüler (su, benzin, mazot, selülozik tiner, sentetik tiner) kullanılarak hazırlanan pigment karışımları tablet formlarında test edilmiştir. Yapılan denemeler, çözücü türünün pigmentlerin yüzeydeki dağılımı, renk yoğunluğu ve homojenliği üzerinde belirleyici bir faktör olduğunu göstermiştir. Karşılaştırmalar sonucunda, su bazlı karışımların yüzeyde düşük homojenlik ve düzensiz dağılım oluşturduğu; benzin ve sentetik tiner bazlı karışımların pigmentlerin yüzeye daha düzenli yayılmasını sağladığı tespit edilmiştir. Mazot ve selülozik tiner ile hazırlanan karışımlar ise orta düzeyde sonuçlar vermiş; yüzeyde belirgin bir sorun oluşturmamış ancak benzin ve sentetik tiner kadar başarılı bir homojenlik de sağlayamamıştır.

Elde edilen bulgular, benzin ve sentetik tinerle hazırlanan karışımların pigmentin yüzeye daha homojen dağılmasını sağladığını ve pürüzsüz yüzeyler oluşturduğunu göstermektedir. Selülozik tiner ile hazırlanan karışımlar ise homojenlik açısından başarılı sonuçlar vermiş, ayrıca pigmentin renk tonunda karakteristik farklılıklar meydana getirmiştir. Su bazlı karışımlar, pigmentin yüzeyde dengeli bir dağılım sergilemesini sağlayamamış ve yüzeyde pürüzlü dokuların oluşmasına neden olmuştur. Bu sonuçlar, sentetik tiner ve benzin bazlı çözücülerin teknik ve estetik açıdan en uygun seçenekler olduğunu açıkça göstermektedir.

Endüstriyel ölçekli doğrudan denemeler, baskı kafalarının yüksek maliyet (yaklaşık 2500 €) ve bozulma riski nedeniyle gerçekleştirilememiştir. Bunun yerine, Stoneware çamurundan hazırlanmış formlar üzerinde alternatif pişirim teknikleri uygulanmıştır. Raku pişirimi ile yapılan denemelerde pigment-çözücü kombinasyonları indirgen atmosfer koşullarında değerlendirilmiş; pigmentlerin yüzeyde metalik yansımalar, renk geçişleri ve özgün dokular oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu deneyler, pigmentlerin sanatsal üretimlerde estetik katkı sağlayabileceğini göstermiştir.

1200 °C elektrikli fırın pişirimlerinde ise endüstride kullanılan üç farklı sır türü (parlak, mat, sugar) uygulanmıştır. Parlak sır uygulamalarında Stoneware bünyesi ile uyumsuzluk nedeniyle fazla opaklanma meydana gelmiş, pigmentlerin renk şiddeti azalmış ve yüzey satenimsi bir görünüm almıştır. Mat sır, yüzeyde daha sert ve belirgin mat bir doku oluşturmuş; pigment renkleri parlak sırla karşılaştırıldığında daha yoğun ve net yansımıştır. Sugar sırda granüllerin büyük kısmı pişirim sırasında yüzeyden kaybolmuş, kalanlar ise lokal bölgelerde sert ve pürüzlü yüzeyler meydana getirmiştir. Ancak sugar sır, parlak ve mat sırlara kıyasla

pigmentlerin renklerini daha canlı biçimde yansıtmıştır. Ayrıca pigmentlerin tüm yüzeyi kapladığı uygulamalarda, bu sır türleri arasındaki farklılıklar daha belirgin hâle gelmiştir.

Bu çalışmanın önemi, seramik sektöründe sürdürülebilir üretim ve atık yönetimi konularına sağladığı bilimsel katkıda yatmaktadır. Geri dönüştürülmüş pigmentlerin üretim süreçlerine dâhil edilmesi, hammadde tüketimini azaltırken atık yönetim maliyetlerini düşürmekte ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine hizmet etmektedir. Ayrıca, yüksek sıcaklık uygulamalarında pigmentlerin renk stabilitesi ve dayanıklılık göstermesi, bu malzemelerin hem sanatsal hem de endüstriyel ölçekte güvenle kullanılabileceğini göstermektedir.

Bununla birlikte, çalışmanın bir sınırlılığı olarak deneylerin yalnızca tek bir boya tedarikçisinin pigmentleri ile gerçekleştirilmiş olması vurgulanmalıdır. Piyasada farklı formülasyonlara sahip çok sayıda inkjet pigmenti bulunmakta olup, bu pigmentlerin yapısal ve kimyasal özelliklerinin değişkenliği dikkate alındığında, farklı tedarikçilerin pigmentleri üzerinde yapılacak karşılaştırmalı çalışmaların konuya daha geniş bir bakış açısı kazandıracığı düşünülmektedir. Gelecek çalışmalarda, çok markalı pigmentlerin analizi ve endüstriyel ölçekte farklı üretim koşullarında test edilmesi önerilmektedir. Bu yaklaşım, sektörde daha evrensel ve optimize edilmiş geri dönüşüm süreçlerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Geri dönüşüm odaklı araştırmaların yüksek maliyet gerektiren bir yapıya sahip olduğu dikkate alındığında, bu alanda yürütülecek projelerin üniversiteler, sanayi kuruluşları ve araştırma fonları tarafından maddi açıdan desteklenmesi kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Bu tür finansal desteklerin sağlanması, fabrikalarda daha kapsamlı ve uzun dönemli geri dönüşüm projelerinin uygulanabilmesine olanak tanıyacak, böylece hem bilimsel hem de sektörel açıdan daha geniş ölçekli kazanımlar elde edilmesine imkân verecektir.

Sonuç olarak, elde edilen bulgular seramik sektöründe ileri dönüşüm uygulamalarının hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik verimlilik açısından güçlü bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Gelecekte farklı renk pigmentlerinin geri dönüşüm potansiyellerinin araştırılması ve endüstriyel ölçekli uzun vadeli performans analizlerinin yapılması, daha optimize edilmiş ve sürdürülebilir üretim süreçlerinin tasarlanmasına katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

- Altay, B. N. (2010). *Dijital Baskı Sisteminde Kullanılan Baskı Malzemelerinin Renk Evrenine Etkisinin Tespiti* [Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi.
- Çavdar, G., & Yardımcı, İ. (2022). Karo Kaplama Sektöründe Mürekkep Püskürtmeli (Inkjet) Baskı Sistemi. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*.
- Dolanbay, H. (2007). *Dış Mekan Ink-Jet Baskı Tekniğinde Baskı Materyaline Bağlı Olarak Ideal Çözünürlüğün İncelemesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi.
- Gençkaya, E. (2011). *Mürekkep Püskürtmeli Baskı Sistemlerinde Solvent Bazlı ve UV Bazlı Mürekkeplerin Tekstil ve Branda Üzerinde Yapılan Baskılarda Görüntü Kalitesine Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi.
- Hayta, P., & Oktav, M. (2020). Yenilenebilir Kaynakların Mürekkep Üretiminde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. *Mus Alparslan University Journal of Science*, 8(2), 805-810.
- Hutchings, I. (2010). Ink-jet printing for the decoration of ceramic tiles: Technology and opportunities. *Proc. of XI Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento QUALICER*, 10.
- Johnson, H. (2002). *Mastering Digital Printing: The Photographer's and Artist's Guide to High-Quality Digital Output* (1. bs). Muska & Lipman.
- Karal, Ş. (2010). *Baskı sistemlerine göre dijital prova sistemi seçim kriterlerinin belirlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi.
- Karasu, B., Karabulut, D., Biçer, A., Varol, U. C., & Oytaç, Z. E. (2019). Seramik Sektöründe İnk-Jet Dekorasyon Uygulamaları. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(3), 691-711. <https://doi.org/10.31202/ecjse.572176>
- Korkmaz, T. (2017). Karo Üretiminde Kullanılan İnkjet Teknolojisinin Seramik Sanatında Alternatif Bir Teknik Olarak Değerlendirilmesi. *İdil Sanat ve Dil Dergisi*, 6(34), 1865-1878.
- Küçükoğlu, E. (2014). *Kahverengi Pigmentlerin Inkjet Mürekkepleri İçin Öğütülmesi ve Karakterizasyonu* [Yüksek Lisans Tezi]. Anadolu Üniversitesi.
- Li, J., Rossignol, F., & Macdonald, J. (2015). Inkjet printing for biosensor fabrication: Combining chemistry and technology for advanced manufacturing. *Lab on a Chip*, 15(12), 2538-2558.
- Narayan, R. (2016). *Medical Biosensors for Point of Care (POC) Applications* (1. bs). Woodhead Publishing.
- Özeskici, Ş. K., Avcıoğlu, C., & Nükte, M. (2019). İnkjet Dijital Baskı Teknolojisi İle Deneysel Seramik Karo Tasarımı ve Uygulaması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 67-80.
- Özkan, Z. Y. (2017). *Seramik Karo Endüstrisinde Dijital Baskı Teknolojisinin Renk, desen, tasarımcı Yönünden İncelenmesi ve Örnek Uygulama* [Yüksek Lisans Tezi]. Anadolu Üniversitesi.
- Sevim, S., Kahraman, D., & Çavdar, G. (2013). Günümüz Seramik Endüstrisinde ve Artistik Seramik Yüzeylerde Kullanılan Baskı Tekniklerinden Örnekler. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 4(4), 1-16.
- Uğur, E. (2018). İç Mekan (İndoor) ve Dış Mekan (Outdoor) Reklam Ürünleri Üretiminde Kullanılan Teknolojilerin ve Malzemelerin Tanımlanması (Optimizasyonu). *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 128-151.
- Yüngeviş, H. (2012). *Nano Boyutlu Co-Ferrit Pigmentlerinin Üretimi ve Öğütme Prosesinin Pigment Özelliklerine Olan Etkisinin Belirlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Anadolu Üniversitesi.