



**T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SERAMİK ANASANAT DALI**

**GÜMÜŞ NİTRAT İÇEREN SIRLARIN FARKLI FIRIN
ATMOSFERLERİ VE FARKLI ÇAMUR BÜNYELERİ
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve ÖZTORUN

KOCAELİ 2025



**T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SERAMİK ANASANAT DALI**

**GÜMÜŞ NİTRAT İÇEREN SIRLARIN FARKLI FIRIN
ATMOSFERLERİ VE FARKLI ÇAMUR BÜNYELERİ
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve ÖZTORUN

Danışman: Doç. Dr. Nermin DEMİRKOL

KOCAELİ 2025

**T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SERAMİK ANASANAT DALI**

**GÜMÜŞ NİTRAT İÇEREN SIRLARIN FARKLI FIRIN
ATMOSFERLERİ VE FARKLI ÇAMUR BÜNYELERİ
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Tezi Hazırlayan: Merve ÖZTORUN

**Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Karar ve No:
27.06.2025/26**

Jüri Başkanı:

Jüri Üyesi:

Jüri Üyesi:

KOCAELİ 2025

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmasında; bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu, çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi, bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin üye olduğu intihal yazılım programı kullanarak Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin/projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

Merve ÖZTORUN

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Müdürlüğü tarafından desteklenen SYL-2024-3781 kodlu “Gümüş Nitrat İçeren Sırların Farklı Fırın Atmosferleri ve Farklı Çamur Bünyeleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması” isimli proje ile desteklenmiştir. Destekleri için Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Müdürlüğü’ne sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Özverisi, destekleri ve kıymetli bilgi ve tecrübeleri ile çalışmalarına yön verdiği için saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Nermin Demirkol’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, Kocaeli Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölüm Başkanı Prof. Safiye Başar’a, Seramik Bölümü’nün değerli öğretim elemanlarına ve tüm öğrenci arkadaşlarıma tez çalışmam süresince verdikleri katkılar için teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	I
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	II
ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÖZET.....	IX
ABSTRACT.....	X
SİMGE VE KISALTMALAR.....	XI
TABLO, GÖRSEL LİSTESİ.....	XII
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1.TEMEL BİLGİLER VE TANIMLAR	4
1.1.SERAMİK TANIMI VE SERAMİK ÇAMUR ÇEŞİTLERİ	4
1.1.1. Akçini Çamuru	4
1.1.2. Kırmızı Çamur	5
1.1.3. Şamotlu Çamur	5
1.1.4. Stoneware (Pekişmiş Çini)	6
1.2. SIR TANIMI VE SIR ÇEŞİTLERİ	6
1.2.1. Aventürin Sırlar	7
1.2.2. Çin Kırmızısı Sırlar	7
1.2.3. Krakle Sırlar	7
1.2.4. Kristal Sırlar	8
1.2.5. Lüsterli Sırlar	9
1.3.6. Mat Sırlar	9
1.2.7. Toplanmalı Sırlar	10

1.2.8. Raku Sırları	10
1.2.9. Seladon Sırları	11
1.3. FIRIN ÇEŞİTLERİ VE PİŞİRİM	11
1.3.1. Fırın Çeşitleri	11
1.3.1.1. Gazlı Kamara Fırınlr	12
1.3.1.2. Elektrikli Kamara Fırınlr.....	13
1.3.2. Fırın İçi Atmosfer	14
1.3.2.1. Oksidasyon	14
1.3.2.2. Redüksiyon	15
1.3.2.3. Nötral Pişirim	16
1.3.3. Pişirim Süreçleri	17
1.3.3.1. Bisküvi Pişirimi	17
1.3.3.2. Sır Pişirimi	19

İKİNCİ BÖLÜM

2. SIR REÇETE HESAPLAMA YÖNTEMLERİ VE SİRLARDA KULLANILAN OKSİTLER	20
2.1. SIR REÇETESİ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ	20
2.1.1. Seger Formülü Bilinen Bir Sırın Reçetesinin Hesaplanması	21
2.1.2. Reçetesi Bilinen Bir Sırın Seger Formülünün Hesaplanması	21
2.1.3. Kimyasal Analizi Bilinen Bir Sırın Seger Formülünün Hesaplanması	21
2.2. SİRLARDA KULLANILAN OKSİTLER VE ÖZELLİKLERİ	22
2.2.1. Metal Oksitler	22
2.2.1.1. Bazik Oksitler	22
2.2.1.1.1. Baryum Oksit (BaO)	22

2.2.1.1.2. Çinko Oksit (ZnO)	23
2.2.1.1.3. Kalsiyum Oksit (CaO)	23
2.2.1.1.4. Kurşun Oksit (PbO)	24
2.2.1.1.5. Lityum Oksit (Li_2O)	25
2.2.1.1.6. Magnezyum Oksit (MgO)	25
2.2.1.1.7. Potasyum Oksit (K_2O)	26
2.2.1.1.8. Sodyum Oksit (Na_2O)	26
2.2.1.1.9. Stronsiyum Oksit (SrO)	26
2.2.1.2. Amfoter Oksitler	27
2.2.1.2.1. Alüminyum Oksit (Al_2O_3)	27
2.2.1.3. Asidik Oksitler	27
2.2.1.3.1. Bor Oksit(B_2O_3)	27
2.2.1.3.2. Kalay Oksit (SnO_2)	38
2.2.1.3.3. Silisyum Dioksit (SiO_2)	29
2.2.1.3.4. Titan Dioksit (TiO_2)	29
2.2.3.5. Zirkon Dioksit (ZrO_2)	29
2.2.2. Renk Veren Oksitler	30
2.2.2.1. Bakır Oksit (CuO)	30
2.2.2.2. Demir Oksit (FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4)	30
2.2.2.3. Kobalt Oksit (CoO)	31
2.2.2.4. Krom Oksit (Cr_2O_3)	32
2.2.2.5. Mangan Dioksit (MnO)	32
2.2.2.6. Nikel Oksit (NiO)	33
2.2.3. Metal Tuzları	33
2.2.3.1. Bakır Klorür (CuCl_2)	33
2.2.3.2. Bakır Sülfat (CuSO_4)	33

2.2.3.3. Bizmut Nitrat ($\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	34
2.2.3.4. Gümüş Nitrat (AgNO_3)	34

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	35
3.1. ÇAMUR SEÇİMİ VE ŞEKİLLENDİRME	35
3.1.1. Çamur Tercihleri	35
3.1.2. Kalıp ve Deneme Tabletleri Hazırlama	35
3.2. HAMMADDE SEÇİMİ VE SIR HAZIRLAMA	37
3.2.1. Reçete Hesaplamaları	37
3.2.2. Reçete Hesaplamalarına Göre Seçilen Hammaddeler ve Araç Gereçler	43
3.3. PİŞİRİM AŞAMASI	44
3.3.1. Bisküvi Pişirimi Aşaması	44
3.3.2. Sır Pişirimi Aşaması	45

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	48
4.1. SONUÇLARDAN ÖRNEKLER	51
4.1.1. 1RC1 Kodlu Numune.....	51
4.1.2. 1RC2 Kodlu Numune.....	53
4.1.3. 1RC3 Kodlu Numune.....	55
4.1.4. 1RM1 Kodlu Numune.....	57
4.1.5. 1RM2 Kodlu Numune.....	59
4.1.6. 1RB Kodlu Numune.....	61
4.1.7. 1RB1 Kodlu Numune.....	63
4.1.8. 1RB2 Kodlu Numune.....	65

4.1.9. 1RBK1 Kodlu Numune.....	67
4.1.10. 1RBK2 Kodlu Numune.....	69
4.1.11. 1RDC1 Kodlu Numune.....	71
4.1.12. 2RC1 Kodlu Numune.....	73
4.1.13. 2RCM1 Kodlu Numune.....	75
4.1.14. 2RCB1Kodlu Numune.....	77
4.1.15. 3RK1 Kodlu Numune.....	79
4.1.16. 3RB1 Kodlu Numune.....	81
4.1.17. 3RB2 Kodlu Numune.....	83
4.1.18. 3RBK1 Kodlu Numune.....	85

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. SONUÇ VE ÖNERİLER	87
KAYNAKÇA	88
ÖZGEÇMİŞ	91

ÖZET

Sırlar, bisküvi bünye üzerine uygulanan, günümüzde çok fazla çeşidi olan ve ürüne görsel zenginlik kazandıran camsı yüzeylerdir. Geçmişten günümüze kadar seramik ürünlerin yüzeylerinde çeşitli artistik etkiler ortaya çıkarmak için sırlardan ve alternatif pişirimlerden yararlanılmıştır. Bunlardan biri de yüzeydeki metalik ışıltılardır. Lüster, redüktif (indirgen) ortamda yüzeyde gelişen ince bir tabakadır. Redüksiyon ortamında lüster oluşumu genellikle metal tuzları ve metal oksitler ile sağlanır. Metal tuzu olan gümüş nitrat (AgNO_3), metalik yüzey oluşturma konusunda çok önemlidir. Gümüş iyonlarının (Ag^+) indirgen (redüksiyon) ortamdaki davranışları, yüzeydeki metalik etkilerin oluşmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada, kurşunlu, alkalili ve borlu sır reçeteleri çeşitli Seger hesaplama yöntemleri kullanarak hazırlanmış ve bu sırlara gümüş nitrat (AgNO_3) ilavesi ile akçini, şamotlu ve beyaz stoneware çamurdan elde edilmiş numuneler üzerine uygulaması yapılmıştır. Çeşitli bünyeler üzerine uygulanan sırların, oksidatif ve redüktif pişirimleri yapılarak, kurşunlu, alkalili ve borlu sırlara gümüş nitratin (AgNO_3) yanı sıra renk veren metal oksitler katılıp pişirim sonrası etkileri incelendi.

Parlak-transparan ve parlak-opak özellik göstermesi istenen sırlar, 1000°C 'de gelişim gösteren, alkali, kurşun ve bor içeren, sır reçeteleri yazılarak seger formülleri hesaplandı. Seger formülleri istenen özelliklere göre tekrar düzenlenerek reçete hesaplamaları yapıldı. Reçete hesaplamalarına göre hazırlanan sırlar, akçini, şamotlu ve beyaz stoneware çamurdan elde edilmiş ve 1000°C 'de bisküvi pişirimi yapılmış deneme tabletleri üzerine fırça yardımıyla uygulandı. Hazırlanan deneme tabletlerinin hem yükseltgen hem de indirgen ortamda pişirimleri yapıldı.

Bu çalışmada, aynı sır reçetelerinin oksidasyon ve redüksiyon ortamlarında farklı etkiler ortaya çıkardığı tespit edildi. Gümüş nitratin (AgNO_3) yükseltgen atmosferde sadece eriticiliği ve parlaklığı arttırdığı, indirgen atmosferde ise metalik etkiler ortaya koyduğu gözlemlendi. Reçetelerin akçini, şamotlu ve beyaz stoneware çamurları üzerindeki farklı etkileri tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: Sır, İndirgen, Yükseltgen, Metalik, Lüster, Gümüş Nitrat

ABSTRACT

Glazes are glassy surfaces applied on biscuit bodies, which have many varieties today and provide visual richness to the product. From the past to the present, glazes and alternative firings have been used to create various artistic effects on the surfaces of ceramic products. One of these is the metallic sparkles on the surface. Luster is a thin layer that develops on the surface in a reductive environment. Luster formation in a reduction environment is generally provided by metal salts and metal oxides. Silver nitrate (AgNO_3), which is a metal salt, is very important in creating a metallic surface. The behavior of silver ions (Ag^+) in a reducing environment provides the formation of metallic effects on the surface.

In this study, leaded, alkaline and boron glaze recipes were prepared using various Seger calculation methods and silver nitrate (AgNO_3) was added to these glazes and applied to samples obtained from akçini, chamotte and white stoneware clay. Oxidative and reductive firings were performed on the glazes applied to various bodies, and metal oxides that give color as well as silver nitrate (AgNO_3) were added to leaded, alkaline and boron glazes and their effects after firing were investigated.

Glazes that were desired to have shiny-transparent and shiny-opaque properties, developed at 1000°C , containing alkali, lead and boron, were written with glaze recipes and seger formulas were calculated. Seger formulas were rearranged according to the desired properties and recipe calculations were made. Glazes prepared according to recipe calculations were applied with a brush on test tablets obtained from akçini, chamotte and white stoneware clay and biscuit fired at 1000°C . The prepared test tablets were fired in both oxidizing and reducing environments.

In this study, it was determined that the same glaze recipes produced different effects in oxidation and reduction environments. It was observed that silver nitrate (AgNO_3) only increased the dissolution and brightness in oxidizing atmosphere, while it produced metallic effects in reducing atmosphere. Different effects of the recipes on akçini, chamotte and white stoneware clays were determined.

Keywords: Glaze, Reducing, Oxidizing, Metallic, Luster, Silver Nitrate

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A.Z.: Ateş Zayıatı

Bkz.: Bakınız

Dk.: Dakika

Fe₂O₃: Demir oksit

g: Gram

H₂O: Su

K₂O: Potasyum oksit

KFelds.: Potasyum Feldspat

mol: Molekül

ml: Mililitre

NaFelds.: Sodyum Feldspat

Röp.: Röportaj

s.: Sayfa

TPR: Sıcaklık Programlı İndirgeme

vb.: Ve Benzeri

vd.: Ve Diğerleri

U: Uranyum

Yy: Yüzyıl

Y: İttriyum

Zr: Zirkonyum

%: Yüzde

°C: Santigrad derece

TABLÖLAR VE GÖRSELLER LİSTESİ

Tablo 1: Reçete 1 İçinde Yer Alan Hammaddeler.....	37
Tablo 2: Hammaddeler ve Molekül Ağırlıkları.....	37
Tablo 3: Hammadde Bileşiklerinin Mol Dağılımları	38
Tablo 4: Sırlarda Kullanılan Oksitlerin Ergiticilik Katsayısı.....	39
Tablo 5: Sırlarda Ergiticilik Katsayısı- Ergime Sıcaklığı İlişkisi.....	40
Tablo 6: Seçilen Reçetelerin Seger Formülasyonu.....	41
Görsel 1: “Lüsterli Vazo”, Doç. Dr. Nürdan Arslan, 2023.....	9
Görsel 2: “Kuşlu Çanak”, Doç. Dr. Nürdan Arslan, 2023.....	11
Görsel 3: Refsan Marka Gazlı Raku Fırını.....	13
Görsel 4: Refsan Marka Elektrikli Fırın Dışı ve İçİ.....	14
Görsel 5: Hazırlanan Alçı Kalıp ve Vakumlu Çamurun Kalıp İçine Basılması.....	36
Görsel 6: Akçini Çamurundan Elde Edilen Deneme Tabletleri.....	36
Görsel 7: Sırların Fırça Yardımıyla Uygulanması İşlemi.....	42
Görsel 8: Gümüş Nitrat(AgNO_3) İçermeyen Sır Denemesinin Pişirim Öncesi Görüntüsü.....	43
Görsel 9: Gümüş Nitrat(AgNO_3) İçeren Sır Denemesinin Pişirim Öncesi Görüntüsü.....	43
Görsel 10: Çalışmada Kullanılan Elektrikli Kamara Fırınının Dışı Ve İçİ.....	44
Görsel 11: Redüksiyon İşlemi İçin Hazırlanan Metal Varil.....	46
Görsel 12: Deneme Tabletlerinin Fırının İçinden Metal Maşayla Alınması İşlemi.....	46
Görsel 13: Metal Varil İçine Yerleştirilen Deneme Tabletleri.....	47
Görsel 14: Redüksiyon İşlemi İçin Kapağı Kapatılan Metal Varil.....	47
Görsel 15: 1RC1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	51
Görsel 16: 1RC1 Kodlu Sır + %5 AgNO_3-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	51
Görsel 17: 1RC1 Kodlu Sır + %5 AgNO_3-Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon.....	52
Görsel 18: 1RC1 Kodlu Sır + %5 AgNO_3-Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon.....	52

Görsel 19: 1R2C Kodlu Sır- Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	53
Görsel 20: 1R2C Kodlu Sır + %4 AgNO ₃ -Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	53
Görsel 21: 1R2C Kodlu Sır + %4 AgNO ₃ -Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon.....	54
Görsel 22: 1R2C Kodlu Sır + %4 AgNO ₃ -Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon..	54
Görsel 23: 1RC3 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	55
Görsel 24: 1RC3 Kodlu Sır + %2 AgNO ₃ -Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	55
Görsel 25: 1RC3 Kodlu Sır + %2 AgNO ₃ -Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon....	56
Görsel 26: 1RC3 Kodlu Sır + %2 AgNO ₃ -Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon...	56
Görsel 27: 1RM1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	56
Görsel 28: 1RM1 Kodlu Sır + %2 AgNO ₃ -Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	57
Görsel 29: 1RM1 Kodlu Sır + %2 AgNO ₃ -BeyazÇamur Bünye- Redüksiyon.....	58
Görsel 30: 1RM1 Kodlu Sır + %2 AgNO ₃ -Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon..	58
Görsel 31: 1RM2 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye- Oksidasyon.....	59
Görsel 32: 1RM2 Kodlu Sır + %2 AgNO ₃ -Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon....	59
Görsel 33: 1RM2 Kodlu Sır + %2 AgNO ₃ -Beyaz Çamur Bünye- Redüksiyon.....	60
Görsel 34: 1RM2 Kodlu Sır + %2 AgNO ₃ -Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon..	60
Görsel 35: 1RB Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	61
Görsel 36: 1RB Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Oksidasyon	61
Görsel 37: 1RB Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon	61
Görsel 38: 1RB Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon.....	61
Görsel 39: 1RB1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	63
Görsel 40: 1RB1 Kodlu Sır + %2 AgNO ₃ -BeyazÇamur Bünye-Oksidasyon.....	63
Görsel 41: 1RB1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon.....	64
Görsel 42: 1RB1 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon.....	64
Görsel 43: 1RB2 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon	65
Görsel 44: 1RB2 Kodlu Sır + %2 AgNO ₃ -Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon	65

Görsel 45: 1RB2 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon	66
Görsel 46: 1RB2 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon.....	66
Görsel 47: 1RBK1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	67
Görsel 48: 1RBK1 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Oksidasyon.....	67
Görsel 49: 1RBK1 Kodlu Sır Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon.....	68
Görsel 50: 1RBK1 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon.....	68
Görsel 51: 1RBK2 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	69
Görsel 52: 1RBK2 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Oksidasyon.....	69
Görsel 53: 1RBK2 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon.....	70
Görsel 54: 1RBK2 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon.....	70
Görsel 55: 1RDC1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	71
Görsel 56: 1RDC1 Kodlu Sır + %2 AgNO ₃ -Şamotlu Çamur Bünye-Oksidasyon	71
Görsel 57: 1RDC1 Kodlu Sır + %2 AgNO ₃ -Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon ...	72
Görsel 58: 1RDC1 Kodlu Sır + %2AgNO ₃ -Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon	72
Görsel 59: 2RC1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	73
Görsel 60: 2RC1 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Oksidasyon.....	73
Görsel 61: 2RC1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon	74
Görsel 62: 2RC1 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon	74
Görsel 63: 2RCM1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	75
Görsel 64: 2RCM1 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Oksidasyon	75
Görsel 65: 2RCM1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon.....	76
Görsel 66: 2RCM1 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon	76
Görsel 67: 2RCB1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	77
Görsel 68: 2RCB1 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Oksidasyon	77
Görsel 69: 2RCB1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon.....	78
Görsel 70: 2RCB1 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon.....	78

Görsel 71: 3RK1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	79
Görsel 72: 3RK1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon.....	80
Görsel 73: 3RK1 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon.....	80
Görsel 74: 3RB1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon	81
Görsel 75: 3RB1 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Oksidasyon.....	81
Görsel 76: 3RB1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon.....	82
Görsel 77: 3RB1 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon	82
Görsel 78: 3RB1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	83
Görsel 79: 3RB1 Kodlu Sır + %4 AgNO ₃ -Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	83
Görsel 80: 3RB1 Kodlu Sır + %4 AgNO ₃ -Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon.....	84
Görsel 81: 3RB1 Kodlu Sır + %4 AgNO ₃ -Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon...	84
Görsel 82: 3RBK1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon.....	85
Görsel 83: 3RBK1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon.....	86
Görsel 84: 3RBK1 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon.....	86

GİRİŞ

Sır, bisküvi denilen gözenekli pişmiş çamur bünyelerin yüzeylerini kaplayarak gözeneksiz hale getiren, bünyenin dış etkenlerden korunmasını sağlayan camsı tabakadır.

Seramik sırları eriyik silikatlar olarak da tanımlanabilirler (Arcasoy ve Başkırkan, 2020: s. 259). Bütün camlar gibi düzensiz amorf yapıya sahiptir. Sırların temel özellikleri de bu amorf yapıya dayanmaktadır. Seramik alanında muazzam sayıda çeşitli sırlar mevcuttur. Çok sayıdaki bu sırların incelenmesini kolaylaştırmak için, onları farklı sınıflandırmalara tabi tutmuşlardır. Seramik sırları şu şekilde gruplandırabiliriz; pişirilme sıcaklığına göre sırlar, üretim türüne göre sırlar, içeriklerine göre sırlar, dış görünümüne göre sırlar ve kullanım alanlarına göre sırlar (Hacızade, 2019: s. 183).

Sırları ayrıca artistik ve endüstriyel sırlar olarak iki başlıkta altında incelemek mümkündür. Endüstriyel sırlar mekanik direnci yüksek, asitlere ve bazlara karşı dayanıklı sırlar olup porselen-stoneware (pekişmiş çini)-sağlık gereçleri-karo sırları olarak sınıflandırılırlar. Artistik sırlar, yüzeye teknik özellikler katmanın yanı sıra estetik bir değer katmaktadır (Taçyıldız, 2018: s. 11).

Farklı renk ve dokuların ortaya çıktığı artistik sırlar sanatsal ürünlerde kullanıldığında ürüne artı değer katan sırlardır. Metalik sırlar ve lüsterli sırlar artistik sırlar grubuna girmektedir (Yıldız, 2019: s. 1)

Lüster tekniği, İslam öncesinde Mısır'da uygulanan ve İslam yolu ile İspanya'dan Avrupa'ya yayılan bir tekniktir. Dekor ve renk zenginliği yapıldığı bölgelere göre farklılık göstermiştir (Uysal, 2007: s. 2)

Lüster, altın ve bakırsı metalik parlaklık gösteren mor veya mavi yanardöner görünüm sergileyen bir seramik dekor şeklidir. Sırın yüzeyinde gelişen ince film tabakası lüster olarak tanımlanır (Mete, 2020: s. 322). Sır pişirimi sonrasındaki soğuma aşamasında sırda bulunan metal tanecikleri sır yüzeyine doğru hareket ederek, yüzeye ışıltılı bir görüntü kazandırır (Çizer, 2010: s. 153).

Matt Fiske'e göre lüster etkisi; "Yanardönerlik veya gökkuşağı etkisi; yüzeylerde oluşan optik bir olgudur. Bu olgu; renk tonu, gözlem ve aydınlatma

açılarına göre değişir ve genellikle ışığın, iki ya da daha fazla yarı saydam yüzeylerde oluşturduğu faz kayması ve çoklu yansımından kaynaklanır” (Fiske, 2014: s. 2).

Orta çağda sırlı seramiklerin yüzeyindeki dekoratif metalik etkiler lüsterin oluşturduğu incecik film tabakası şeklinde karşımıza çıkmıştır. Genelde bir lüster tabakasının bileşimi, yüzde yüz bakır ve yüzde yüz gümüşe kadar bir aralıkta değişkenlik gösterir. Lüster düşük sıcaklıklarda gümüş ya da bakırın kontrollü indirgenmesiyle oluşur. Ağıl ve Karasu çalışmalarında lüsteri “Lüster aslında insanlar tarafından üretilen ilk tekrarlanabilir nano-yapılı ince bir metalik tabakadır” diyerek tanımlamıştır (Ağıl ve Karasu, 2019: s. 51-53).

Lüster rengi oluşumda, ışığın prizmadan geçtiğinde oluşturduğu renk tayfının açılışı gibidir ve bu gökkuşağı etkisini oluşturur. Gümüş ve bakır iyonlarının indirgenmesinden sonra, bu metallerin yüzeyde birikmesi sonucunda oluşan tabakalar kırıcı-yansıtıcı görev yaparak bu oluşumu bize yansıtırlar.” (Çizer, 2010: s. 12).

Lüsterler dört gruba ayrılmaktadır. Lüster sır (sır içi lüsteri), Macun lüsteri (indirgenmiş, Arap lüsteri), buharlaşma lüsteri ve rezinat lüsteri (Daly, 2012: s.7).

Lüsterler, oksidatif ve redüktif ortam lüsterleri olarak da ayrılmaktadır. Yükseltgen ortamda, Rezinat Lüsterleri yapılır. İndirgen ortamda ise sır içi, sır altı, sır üstü vb. farklı yöntem uygulanır (Kılıç, 2024: s. 257).

Rezinat lüsterleri, sır pişirimi yapılmış ürünler üzerine fırça ya da pistole ile uygulanır. 600°C-800°C dereceler arasında yükseltgen ortamda pişirilerek elde edilir (Mete, 2020: s. 326).

Redüksiyon lüsteri ise; Kilmacun Lüsteri, Sırıçi Lüsteri, Sıraltı Lüsteri, Bakır Lüsteri, Buharlaşma ve Püskürtme Lüsterleri ve Ham Sırüstü Lüsteridir (Kılıç,2024: s. 258).

Yapılan çalışmalarda erken İslam dönemine ait seramiklerin analiz edilmesiyle, gümüş bileşiklerinin kullanımının, indirgeme işleminden sonra metalik etkiyi ortaya çıkardığı net bir şekilde gözlemlenmiştir. Sır içi lüster tekniğinde gümüş (Ag^+) iyonu sır içine gümüş nitrat ($AgNO_3$)’tan ilave edilir. Gümüş nitrat ($AgNO_3$) kristal yapıda renksiz suda çözülebilen zararlı bir metal tuzudur.

Bu çalışmada indirgen ortam lüsteri olan sır içi lüster tekiği kullanılmıştır. Gümüş nitrat (AgNO_3)'ın indirgen ve yükseltgen ortamlardaki metalik etkisinin, diğer metal oksitler ile birlikte nasıl etkiler ortaya çıkardığı tespit edilmiştir.

Gümüş nitrat (AgNO_3) içeren sırların akçini (beyaz çamur), şamotlu ve stoneware (pekişmiş ini) bünyeler üzerindeki etkileri de analiz edilmiştir. Kırmızı amur her ne kadar düşük dereceye uygun bir çamur olsa da ısıl şoklara karşı direnci zayıf olduğu için bu çalışmada kullanılmamıştır. Yükseltgen ortam pişirimleri elektrikli fırında indirgen ortam pişirimleri gazlı fırın kullanılarak yapılmıştır.



BİRİNCİ BÖLÜM

1.TEMEL BİLGİLER VE TANIMLAR

1.1. SERAMİK TANIMI VE SERAMİK ÇAMUR ÇEŞİTLERİ

Seramiğin keşfinden bugüne kadar pek çok tanımı yapılmıştır. En basit ifade ile seramiği, doğada bulunan inorganik hammaddelerin belirli oranlarda karıştırılarak, şekillendirildikten sonra ateşle buluşması sonucu sertlik ve dayanım kazanması olarak ifade edebiliriz.

Seramik teknolojisindeki gelişmeler ve ürün çeşitliliğinin artmasına paralel olarak, seramiğin tanımlanmasına da yeni kavramlar eklenmiştir (Arcasoy ve Başkırkan, 2020: s. 25). Seramik, genellikle kil, feldspat ve kuvars gibi malzemelerin işlenmesi, kurutulması ve pişirilmesiyle oluşan sert ve kırılğan özelliklere sahip bir malzemedir. Bir diğer ifadeyle inorganik malzemelerden oluşan, çeşitli şekillendirme yöntemleri uygulandıktan sonra, kurutulup, sırlı ya da sırsız olarak pişirilip dayanım kazanan malzeme olarak tanımlanabilir. Günümüzdeki seramik tanımlamalarından bir diğeri ise şöyle de yapılabilmektedir. “Metal ve alaşımların dışında kalan, inorganik sayılan tüm mühendislik malzemeleri ve bunların ürünlerinden olan her şey seramiktir.” (Arcasoy,1983: s. 1).

Endüstriyel ve sanatsal amaçla kullanılan pek çok çamur çeşidi vardır. Sanatsal üretimde serbest elle şekillendirme yönteminde kullanılan ve bu çalışmada tercih edilen çamur çeşitlerini ve özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz.

1.1.1. Akçini Çamuru

Bu ürünlerin genel karakteristik özellikleri, pişmiş çamurun renginin beyaz, gözenekli ve kırılğan olmasıdır. Yumuşak akçini, sert akçini ve karışık akçini gibi türleri vardır. Yumuşak akçini, kalklı akçini olarak da bilinir. Hepsinin ortak özelliği ise beyaz ve sarı pişen killeri içermesidir. İçeriğinde demir içermeyen kil ve kaolin, kuvars, kalsiyum karbonat (CaCO_3) bulunur. Kalklı akçini çamuru %35-45 Kuvars, %45-55 Kil Cevheri, %5-25 Kalk olarak karşımıza çıkar. Kırığı beyazdır ve endüstride pişirme aralığı 900-1230°C'dir. Kalk oranı yükseldikçe pişirim sıcaklığı düşer (Arcasoy ve Başkırkan, 2020: s. 30).

1.1.2. Kırmızı Çamur

Kırmızı çamur içinde %30-60 Fe₂O₃, %1- 20 SiO₂, %1-10 Na₂O, % 5-20 Al₂O₃ ve %10 TiO₂ bulunmaktadır. Alüminyum ve titan bileşiklerinin geri kazanımından sonra kırmızı çamuru kullanmak daha ekonomik olarak görülmektedir (Özgün, 2012: s. 3).

Alüminyum üretimi sırasında atık malzeme olarak ortaya çıkan kırmızı çamur pek çok alanda kullanıldığı gibi seramik sektöründe de kullanılmaktadır. Kırmızı çamur ana bileşenler olarak demir oksit, alüminyum oksit, silis, titan dioksit, sodyum oksit, kalsiyum oksit, az miktarda Zr, Y, Tr, U ve nadir toprak elementleri içerir (Ercağ, 1999: s. 9).

Kırmızı çamur bünyesi, ısıl şoklarına dayanıklı olmadığı için redüksiyon işlemi sonrasında bünyede çatlaklar ve kırılmalara neden olabilmektedir. Bu yüzden bu çalışmada tercih edilmemiştir.

1.1.3. Şamotlu Çamur

Çamurun şamot (grog) olabilmesi için plastikliğini kaybedinceye kadar pişmesi gerekir. Şamot, öğütme ve kırma makinalarında istenilen tane büyüklüğünde olacak şekilde öğütme işlemine tabi tutulur. Çamur yapımında kullanılan şamotun özellikleri, tane boyutu, kullanılan şamot miktarı, çamur çeşidi ve yapılacak olan ürünün büyüklüğüne göre değişiklik gösterir. Çamurların içine, çamurun kendi kırığı ilave edilerek, başka pişmiş kırıklar da belli oranlarda ve farklı büyüklüklerde katılır. Şamot katkısı ile seramik çamurlarının sıcaklık değişimlerine karşı direnci artar. Pişmiş çamuru gözenekli yapar, çamurdaki küçülmesini ve bağlayıcılığını azaltır (Arcasoy, 1983: s. 21). Ayrıca şamot, pişirim işlemini tamamlamış bir malzeme olduğu için, pişirim işleminde gerçekleşen ara tabaka oluşumunu tamamlamıştır. Dolayısıyla şamotlu çamur da bu yüzden çok fazla değişime uğramamaktadır (N. Arslan, kişisel iletişim, 26.06.2025).

Çok ince taneli şamotlar, kilin çok hızlı su emmesine neden olur ve bu kile zarar verir. Standart boyuttaki ürünler için %10 seviyesine kadar şamot katkısı eklenebilir. Özel ve büyük boyutlu işler için farklı oranlarda şamot kullanılabilir. Şamotlu çamur

bünyesindeki demir oksit oranına göre yüksek sıcaklıklarda farklı renk tonları ortaya çıkarır (Kayalıoğlu, 2016: s.34).

1.1.4. Stoneware (Pekişmiş Çini)

Günümüzde çeşitli dillerde farklı isimlerle tanımlanan (Steinzeug, Stoneware, Gre), Türkçe’de ise “pekişmiş çini” olarak adlandırılan stoneware, gözeneksiz seramik ürünleri sınıfında yer alır (Arcasoy ve Başkıran, 2020: s. 164).

Stoneware (pekişmiş çini) çamurlar, artistik seramik ürünleri ve endüstriyel ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Stoneware bünyeler standart bir formüle sahip değildir. Farklı şekillendirme yöntemlerine uygun hale getirilerek karakterize edilmektedir. Türlerine göre farklılık gösterse de genellikle 1200-1300°C’de pişebilen, su emme özelliği %0-4 değerleri arasında değişime uğrayan ve pişme direnci yüksek olan çamurlardır (Taçyıldız, 2015: s. 21).

1.3. SIR TANIMI VE SIR ÇEŞİTLERİ

Seramik ürünlerin yüzeyini kaplayan, ürüne teknik, estetik ve hijyenik özellikler kazandıran sır, gerek endüstriyel seramiklerde gerekse sanatsal seramiklerde seramiğin vazgeçilmez yardımcı ürünüdür (Mete, 2020: s. 215).

Sır, çeşitli metal oksitlerin ve hammaddelerin belirlenen oranlarda karıştırılarak içerisine su ilave edilmesi ile oluşturulan, ısı işlem sonucunda eriyerek ürünlerin yüzeyini kaplayan camsı tabakadır. Sır, seramiğin yüzeyinin asidik ve alkali ortama dayanıklı olmasını sağlayan, seramik bünyeyi gözeneksiz hale getirerek düzgün bir yüzey elde edilmesini sağlamaktadır. Sırın bünyeye dayanım sağlamasının yanı sıra yüzeye dekoratif görüntü de kazandırmaktadır (Şölenay, 2009: s.1). Sır yapımında önemli faktörler vardır. Birincisi reçeteye katılan hammaddeler, ikincisi sırın uygulanma şekli, üçüncüsü ise sır pişirimidir (Taçyıldız, 2018: s. 13).

Seramik ürünlerin sanatsal değerlerini arttırmak ve yüzey ile form arasındaki bağı kurmak için özel sırlar tercih edilir. Artistik sır olarak aldırılan sırlar, endüstriyel kullanımlarda tercih edilmezler. (Genç, 1994: s. 2).

Gümüş nitratin (AgNO_3) zehirli olmasından dolayı endüstride ve sofrta eşyası yapımında asla tercih edilmez.

1.3.1. Aventürin Sırları

Aventürin “Yıldıztaşı” anlamına gelmektedir. Alkali, bor, kurşun ve az miktarda alümina içeren sır bünyelerinin metale doyurulmasıyla oluşturulurlar. Demir oksit, bakır oksit ve krom oksit yaygın olarak Aventürin sırların yapımında tercih edilir (Genç, 1994: s. 5).

Bu sırlarda, kristal sırların aksine, kristaller sır içinde gömülü haldedir. Bu nedenle kristaller, sır içerisinde pırıltılı bir görüntü ortaya çıkartır. Yavaş soğutma, aventürin sır oluşumunu olumlu yönde etkiler. Aventürin sırlar akışkan olup, pişirim aşamasında ürünler yerleştirilirken fırın içinde önlem alınması gerekir (Taçyıldız, 2018: s. 128).

1.3.2. Çin Kırmızısı Sırlar

“Öküz Kanı Kırmızısı” adıyla da bilinen Çin kırmızısı sırlar redüksiyon sırları arasında en çok bilinendir. Uzak Doğu çömlekçileri tarafından çağlar boyu merak ve ilgiyle takip edilen ve elde etmesi zor olan bir sır çeşididir (Ayta, 1976: s. 86).

Bu adı almasının sebebi ilk kez Çinliler tarafından uygulanmış olmasından dolayıdır. İndirgen ortamda bakır oksidin (CuO), bakır oksidul (Cu_2O) şekline dönüşmesiyle kırmızı renk ortaya çıkar (Genç, 1993: s. 18).

Çin Kırmızısı sırların pişiriminde fırınların tellerine zarar vereceği düşünüldüğünden, elektrikli fırınlarda bu sır pişirimi tercih edilmez. Pişirimde kullanılan fırınların gazlı, kömürlü ya da odunlu olması gerekmektedir (Genç, 1994: s. 8). Bu sırların bileşiminde bakır oksit oranı yükseltildikçe kırmızı renk açılır ve yeşile renge döner. En iyi sonuçlar %0,3-1,0 bakır oksit (CuO) katkısı ile elde edilir (Arcasoy, 1983: s. 237).

1.3.3. Krakle Sırlar

Yüzeyi çatlak ağıyla kaplayan sırlar, krakle sırlar olarak tanımlanır (Arcasoy, 1983: s. 230). Endüstriyel alanda sır hatası olarak kabul edilen sır çatlağı, sanatsal seramik ürünlerde dekoratif yüzeyler oluşturmaktadır. Bu sırlar yüzey özelliğine göre

parlak-deri çatlaklı (deri kraklesi) sırlar olarak da adlandırılmaktadır. Genel olarak sırdaki çatlama, bünye ile sır arasındaki genleşme katsayısının birbirine uyumlu olmamasından kaynaklanır (Taçyıldız, 2018: s. 99).

Sırda çatlamayı sağlamak için, sırn uygulandığı bünye ile sır bileşiminde bilinçli değişiklikler yapılması gerekir. Öncelikle çamur bünyesinden kalsiyum (CaO) ve SiO₂ uzaklaştırılmalıdır. Sır bileşiminde ise kullanılan alkali oranı yükseltip beraberinde SiO₂ oranı da azaltılır. Böylece sırn genleşme katsayısı yükseltilir. Pişirim sırasında sır ve bünye arasındaki genleşme farkından dolayı krakle görünümü oluşur. Krakle sırların kalın uygulanmasıyla sırn çatlama ya yatkınlığı doğru orantılı olarak artar. Sırn krakle oluşumu termal şok ile de artırılabilir. Bölgesel olarak ısıtma yapılarak krakle (çatlak) desenleri farklılaştırılabilir. Pişirim sonrası boya, mürekkep ve oksit gibi boyayıcılar ile çatlaklar belirginleştirilebilir (Arcasoy, 1983: s. 231).

1.3.4. Kristal Sırlar

Cam fazı içinde veya yüzeyinde mikroskobik ve makroskobik kristal içeren sırlar, kristal sırlar sınıfına girer (Mete, 2020: s. 287). Kristal sır olarak isimlendirilen bu sırlar, cam içindeymiş gibi görünen, görüntüsü ise donmuş su buharı şeklindedir. Bu donmuş gibi görünen oluşuma nüve ismi verilir. Bu kristaller pişirme sonrası, soğutma işlemi sonucunda sır yüzeyinde oluşur (Erdem, 2010: s. 2).

Kristal nüveler sır yüzeyinde oluşmaktadır ve kristal nüvelerin oluşması çok zordur. İçeriğindeki maddelerin yanı sıra pişirim derecesi ve soğutma gibi faktörler kristal oluşumunu büyük ölçüde etkiler (Genç, 1993: s.10). Kristallerin büyüklüklerinin başarısı fırın sıcaklık kontrolleriyle doğrudan orantılıdır (Erdem, 2010: s. 28-29).

Sırda kristallerin ortaya çıkması çeşitli faktörlere bağlıdır. Kristalleşme hızı, kristalleşme hızının en yüksek olduğu sıcaklık ve sırn akışkanlığının yüksek olması gibi faktörler etkindir (Alhan, 2019: s. 4)

Her hammaddenin kristalleri farklıdır ve farklı büyüme şekilleri gösterir. Şekil ve renk olarak her hammaddenin ayırt edici özellikleri vardır. Örneğin çinko oksit, çubuk şeklinde kristal demetleri oluştururken, molibden çiçek şeklinde buz kristalleri oluşturmaktadır (Arcasoy,1983: s. 234).

1.3.5. Lüsterli Sırlar

Lüster kelimesi, ışıltılı ve pırıltılı manasına gelmektedir. Lüsterli sırlar, sır içi lüster olarak da adlandırılır. Üzerine uygulanan bünyelere sanatsal değer katan sırlardır (Çizer, 1995: s. 11).

Lüsterli sırlar elde edilmesine göre; sır üstü-sır içi olarak gruplandırılabilir. Lüsterli sırlarda sıran içeriğinin yanı sıra, renklendirici oksitlerin tercihi, indirgeme uzunluğu, pişirim sıcaklığı ve çamur bünyeler ile sır arasında oluşan bağın gücü lüsterli sırları etkileyen faktörlerdir (Taçyıldız, 2018: s. 135). Şamotlu bünyeler, pişirimi tamamlanmış bisküvi parçaları içerdiği için sır ile bünye arasında oluşan ara tabaka daha az gerçekleşir. Bu da sır içinde bulunan metal iyonlarının, bu ara tabakanın azlığı dolayısıyla yüzeye taşımakta zorluk çıkartmaktadır (N. Arslan, kişisel iletişim, 26.06.2025). Lüsterli sırlar, düşük akışkanlığa sahip sırların içine, renk veren metal oksitlerin ve metal tuzların ilavesiyle pişirilerek, redüksiyon işlemi uygulanması sonucu elde edilir. (Şölenay, 1995: s. 5). Aynı zamanda yüksek derece opak ya da mat sırların pişirimi yapıldıktan sonra üzerine tekrar metal tuzlarıyla birlikte düşük derecede redüksiyon işlemi yapılarak da lüster etkisi elde edilebilir. Görsel 1’de 1250°C’ de örtücü sır ile pişirilir ve tekrar 1000°C redüksiyon işlemi yapılmıştır (N. Arslan, kişisel iletişim, 26.06.2025).



Görsel 1: “Lüsterli Vazo”, Doç. Dr. Nurdan Arslan, 2023

1.3.6. Mat Sırlar

Mat sırlar, seramik bünyenin yüzeydeki kusurlarını örten, bu özelliğiyle ürüne çekicilik kazandıran sırlardır. Mat sırların en basit elde etme şekli şeffaf bir sır içine

matlık sağlayacak hammadde ve oksit ilavesiyle elde edilir. Bir diğer şekli ise Seger formülünde $Al_2O_3/SiO_2=1/2$ oranını oluşturularak sağlanır. Matlık oluşturan hammaddeler ve metal oksitler şunlardır: ZnO, CaCO₃, TiO₂, SnO₂, ZrO₂, BaCO₃, SrCO₃, Talk, Kuvarstır (Arcasoy, 1983: s.226).

Mat sırların içinde bulunan hammaddelerin özelliklerinden dolayı sırlar örtücüdür. Sırdaki matlığın sebebi ise sırnın yüzeyinde oluşan ve mikroskobik boyutları olan küçük kristallerin ışığı kırmasıdır (Genç, 1994: s. 7).

Mat sırdaki kristaller ışığı kırarak sırnın kısmen opak olmasını neden olurlar. Mat sırlar erimiş sırnın yavaş soğutulması ve bileşiminde yapılan bazı değişiklikler ile meydana gelirler. Soğuma işleminin çok dikkatli yapıldığı bir mat sırnın yüzeyinde oluşan kristaller çok küçük ve eşit olarak dağılmıştır. Oluşan sır yüzeyi son derece düzgündür (Mete, 2020: s. 285).

1.3.7. Toplanmalı Sırlar

Toplanmalı sırların yüzey gerilimi çok fazladır. Bu sırlar, bünyenin yüzeyinde bölüm bölüm toplanmalar oluşturur. Yüzey geriliminin yüksek olması ile toplanma şekilleri doğrudan ilişki içindedir (Ayta, 1976: s. 6).

Toplanmalı sırlar özel pişirim yöntemi gerektirmeyen, elde edilmesi çok kolay olan sırlardan biridir. Toplanmalı sır oluşturmak için bünye ile sır arasında yüzey gerilimini arttırmak gerekir. Bunun için de sırnın yüzey gerilimini arttıran oksitler sır içine ilave edilerek toplanmalı sırlar oluşturulur (Taçyıldız, 2018: s. 109).

Yüksek gerilim özelliğine sahip Al₂O₃, MgO, CaO ve ZnO, NiO, SnO₂, Cr₂O₃, V₂O₅ gibi metal oksitlerdir. Toplanmalı sırlarda yüksek yüzey gerilimine sahip sır kullanımının yanı sıra, çamurun gözenekli oluşu, fırın iç atmosferi, ara tabaka oluşturma özelliği, uygulanan sırlama yöntemi ve pişirim işlemindeki zaman denetimi de oldukça büyük bir öneme sahiptir (Arcasoy, 1983: s. 232).

1.3.8. Raku Sırları

Raku sırları genel olarak düşük derecelerde (850°C-1000°C) eriyebilen sırlar olup, birçok bakımdan diğer sırlara benzer özellikler gösterir. Raku sırları, kullanılan eriticilere göre kurşunlu ya da alkali-bor içeren sırlar olarak sınıflandırılabilirler (Taçyıldız, 2018: s. 142).

Seramikte raku özel bir üretim tekniğidir. Raku sırlarının uygulanacağı ürünler ısıl şoklara karşı dayanıklı çamurlardan yapılmalıdır. Bisküvi pişirimi yapılan bünyeler üzerine raku sırları uygulanır. Raku sırlarında pişirme süreci çok hızlı gerçekleştirilir (Genç, 1994: s. 9). Geleneksel Raku işlemleri yapılırken soğuma sırasında fırının içi oksijensiz kalır. Geleneksel Raku işleminde fırının içinde indirme yapılmaktadır. Fakat günümüzde ürünlerin gazlı fırında normal pişirimleri yapılarak, 950-750°C'ye kadar soğuyan fırından maşa yardımıyla çıkarılır ve talaş içerisine atılarak redüksiyon işlemi yapılır (Özcan,1997: s. 2).



Görsel 2: “Kuşlu Çanak”, Doç. Dr. Nurdan Arslan, 2023

1.3.9.Seladon Sırları

17.yy oynanan “L’Astree by Honoré d’Urfe” (1568-1625) isimli Fransız bir oyundan "Celadon" isimli çobanın grimsi-yeşil olan kostümünden geldiği düşünülse de kökeni tam olarak bilinmemektedir (İn, 2014: s. 2).

Uzakdoğu’da çok sık kullanılan Seladon sırları, griden yeşile dönen, yeşile doğru renk çeşitlerine sahip olan 10.-14. yüzyıllarda çok sık görülen indirgen ortam sırlarından biridir. Renk oluşumuna redüksiyonun yanı sıra, sır kompozisyonunda yer alan demir, krom, kalay, titan ve nikel bileşikleri etki etmektedir (Arcasoy, 1983: s. 238). Seladon sırları, ülkemizde “Mertabani” ismiyle bilinir. Bu sırlara sahip porselenlerin en eskileri Sung devrine aittir (Genç, 1993: s. 12).

1.2. FIRIN ÇEŞİTLERİ VE PİŞİRİM

Seramik yapımında en önemli aşama pişirimdir. Pişirimin içinde yapıldığı fırınlar çeşitli sınıflara ayrılırlar. Bu ayrımdaki özellikler şunlardır: Fırının çalışma

prensibi, fırının şekli, pişmeyi sağlayan ateşin durumu ve yakıtın türü (Arcasoy, 1983: s. 91).

Seramik fırınları sınıflandırılırken çalışma prensibine göre sürekli ve periyodik (aralıklı) olarak iki ana gruba ayrılırlar.

1.2.1. Fırın Çeşitleri

Sürekli çalışan fırınlara örnek, zikzak fırın, ring fırın ve tünel fırın gösterilir. Periyodik çalışan fırınlar ise kubbeli yuvarlak fırın, sahra fırını, çan fırın, kassel fırını ve kamara fırınlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Periyodik yani aralıklı olarak çalıştırılan endüstriyel fırınlarda öncelikle pişirilecek ürünler fırınlamaya kadar hazırlanır, fırınlara doldurulur, pişirme işleminden sonra soğutulur ve ardından boşaltılır. İkinci kullanım için bu aşamaların tamamlaması gerekir. Sürekli çalışan endüstriyel fırınlar ise, pişme sıcaklığı sürekli sağlanmaktadır ve fırının belirli bir bölgesi sürekli sıcak kalır. Pişirilecek ürünler, fırında bulunan sabit sıcaklık olan bölgede pişer. Bu tip fırınlarda, fırın kapanmadığı için doldurma ve boşaltma işlemleri sürekli (Küçükçakır, 2019: s. 10).

Atölye ve laboratuvar koşullarında genellikle periyodik çalışan fırın olan kamara fırınlar kullanılır. Kamara fırınlarda da yakıt türüne göre odun, petrol, gaz ve elektrik enerjisi kullanarak pişirimler gerçekleştirilir. İlkel kamara fırınlarında yakıt olarak odun, petrol ve gaz kullanımı yaygındır. Günümüz endüstriyel şartlarında atölye ve laboratuvarlarda elektrikli ve gazlı fırınlar tercih edilir.

1.2.1.1 Gazlı Kamara Fırınlar

Enerji kaynağı olarak genellikle tüp kullanılan fırınlar gazlı fırınlardır. Kullanılan tüp ya da doğalgaz tesisatının basınç göstermesi gerekmektedir. Tüpün miktarı ve basıncı bu gösterge ile ayarlanmaktadır. Brülör, tüpün fırın ile ısı bağlantısını sağlayan kısımdır. Brülör; oksijen ve gazın belirli oranlarda karışımıyla yanmayı sağlamaktadır (Küçükçakır, 2019: s. 28)

Oksijensiz yani karbon monoksitli ortam oluşturmada kullanılan fırınlardır. Bu fırınlar çalıştırılırken özel bir dikkat gerekir. Fırınlama işleminin süreci kısa ve maliyet açısından da elektrikli fırınlara göre daha az maliyetlidir (Ros, 2006: s. 133).

Genellikle günümüzde raku tekniği için gazlı fırınlar tercih edilir. Redüksiyonlu pişirimlerde yüksek sıcaklıkta fırının kapağı açılıp, içinden ürünler çıkartılıp, redüksiyona tabi tutulmaktadır. Elektrikli fırın içinde bulunan rezistanslar ani sıcaklık değişimlerinden zarar görebileceği için redüksiyonlu pişirimlerde tercih edilmezler.

Sanatsal seramik üretimde gazlı raku fırınının tercih edilmesindeki önemli nedenler arasında; fırınının kolay taşınabilir olması, ürünlerin kolay deforme olmaması ve pişirim sayısının fazla olması gibi etkenler gösterilebilir. Ayrıca fırının ağır olmaması, seramik ürünlerin fırın içine kolay yerleştirilebilir olması ve rahat çıkarılabilir olması da bu faktörlerden bir kaçıdır (Aslan ve Canduran, 2016, s. 35).



Görsel 3: Refsan Marka Gazlı Raku Fırını

1.2.1.2.Elektirikli Kamara Fırınlar

Çalışma prensibi olarak periyodik çalışan fırınlardan olan elektrikli kamara fırınlar, endüstriyel seramik pişiriminde ve artistik seramik pişiriminde de çok sık kullanılırlar. Büyük ölçekli bir hacme sahip olmasından dolayı endüstriyel alanda kamara fırınlar tercih edilir (Küçükçakır, 2019: s. 24).

Günümüzde atölyelerde, okullarda, laboratuvarlarda ve her türlü işletmede elektrikli kamara fırınlar kullanılır. Pişirim için gerekli olan sıcaklık, fırının içinde bulunan özel rezistans tellerinden geçen elektrik akımıyla sağlanır. Elektrikli fırında pişirim oksidatif ortamda gerçekleşmektedir. Yakıt herhangi bir duman

çıkarmadığından baca yerine havalandırma deliklerinden oksijen sağlanır. Pişirilecek ürünler fırınların içine direkt olarak yerleştirilmenin yanı sıra yerleştirmenin dışarıda arabalar aracılığıyla yapılabilirdiği fırınlar da mevcuttur (Arcasoy, 1983: s. 94).



Görsel 4: Refsan Marka Elektrikli Fırın Dışı ve İçi

1.2.2. Fırın İçi Atmosfer

Pişirimi etkileyen faktörler; fırın içi ısı iletimi, karbon ve kükürdün bünyeden ayrılması, bünyeden suyun uzaklaşması ve bünye bileşiklerinin buharlaşmasıdır. Ayrıca, sıran yüzey gerilimi ve sıran viskozitesi de pişirimi etkiler. Pişirim sırasında, değişik değerlikli metal oksit bileşiklerinin yükseltgenmesi veya indirgenmesi sıraların özelliklerini etkilemektedir. Yakıttan kaynaklanan fiziksel ve kimyasal özelliklerin hepsi veya bir tanesi malzemenin pişiririm sonucunu değiştirebilir. Fırın atmosferindeki oksijen içeriği oldukça önemlidir. Eğer ortamda seramik malzemenin absorblayabileceği miktarda yeterli oksijen varsa fırın atmosferi yükseltgendir. Eğer fırın atmosferi, malzemeden oksijenin uzaklaşmasına elverişli ise ortamın indirgen olduğu söylenebilir. Isıtmanın yakıtlar ile yapıldığı fırınlarda, fırın atmosferinde bulunan yanma gazları; karbondioksit (CO_2), azot (N_2), karbon monoksit (CO), su (H_2O) ve az miktarda kükürt dioksittir. (SO_2) Fırın atmosferinde bulunan gazların özelliğine göre üç çeşit pişirim atmosferi vardır (Mete, 2020: s. 201).

1.2.2.1. Oksidasyon (Yükseltgen)

Pişirme sonrasında fırın içinde yanabilen yakıt artığı gazların olmadığı pişirimler oksitleyici (yükseltgen) pişirme adına alırlar. Yanma havası, dışarıdan emilen ve fırın

içinde bulunan oksijendir. Oksijen seramik çamuruyla ve sırn içindeki bulunan çeşitli renk veren metal oksitleri oksitleyerek renk değişikliklerini uğramasını sağlar (Arcasoy, 1983: s. 102).

Eğer bu yanma, fırında yeterli hava kaynağıyla devam ederse o zaman pişirme "temiz" olur ve duman çıkmaz (duman, kısmen yanmamış yakıttır) (Billington, 1962: s. 156). Oksidasyon olarak da bilinen yükseltgen fırın atmosferini oluşturan havadaki gazlar (%78 azot (N₂), %21 oksijen (O₂)) ile ilişkilendirilir. Bu gazların içinde %21 serbest oksijen bulunur. Pişirim ortamında havanın veya oksijenin yeterli miktarda bulunması, fırında pişirilen eşyaların oksijenle iyi temas etmesini ve pişirmenin yükseltgen ortamda gerçekleşmesini sağlar. Yükselten ortam, pişirim sürecinin tamamını kapsar. İndirgen ortamdaki pişirim ise pişme sürecinin tamamında değil belirli bir sürecinde yapılır ve pişirimin diğer süreçleri ise yükseltgen ortamda gerçekleşir. Oksijenin renk veren oksitleri oksitlemesiyle oluşan renk değişimleri, özellikle sanatsal seramik sırlarının, gerek indirgen ortamda gerekse yükseltgen ortamda yapılan pişirimlerde karşımıza çıkar (Mete, 2020: s. 208).

1.2.2.2. Redüksiyon (İndirgen)

Redüksiyonlu pişirim, pişirme sırasında oksijenin sınırlı tutulduğu ve yakıtın yeterince yanmadığı bir ortamda gerçekleşen bir pişirme yöntemidir. Bu tür pişirim, özellikle sırların ve renklerin değişmesini sağlamak amacıyla tercih edilir. İşlem sırasında seramik objeler, oksijenin az olduğu bir atmosferde pişirilir ve bu da seramik yüzeyler üzerinde kimyasal değişikliklere neden olur.

Redüksiyon işlemi kimyasal olarak şöyle ifade edilebilir. Oksijen iyonlarının değeriği azalmaktadır ve bu sebeple indirgenme olarak isimlendirilmektedir. Redüksiyon sırasında indirgen bir maddenin sır içinde bulunması önemlidir. Bu hammaddeler ve bileşikler, redüksiyon sırasında oksijenle reaksiyona girer. Redüksiyon işlemi, yanma havasının yani oksijenin az olduğu ortamda pişirimin gerçekleşmesi ve yüksek değeriikli metal oksitlerin düşük değere indirgenmesidir. İndirgeme işlemi için çeşitli değeriiklere sahip metal oksitler sır içinde bulunması gerekir. Bu oksitlere örnek demir oksit ve manga oksittir (Arcasoy.1983: s. 101).

Fırın içinde ya da redüksiyonun yapılacağı ortamda, oksijen azalarak karbon monoksit (CO) gibi gazları ortaya çıkarır. İçerideki atmosferde gerçekleşen yanma ile

karbon monoksit gazı ve duman, redüksiyonlu pişirimin gerçekleşmesini sağlar (Şölenay, 2009: s. 62). Bu oksitler, daha düşük bir değerlik durumuna indirgenir. Örneğin; ferrik oksit (Fe_2O_3), demir okside (FeO) indirgenir ve bu da mavi veya yeşil tonlarını ortaya çıkarır (Billington, 1962: s. 157).

Demir oksit, CO ile bu şekilde indirgenir. $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightarrow 2\text{FeO} + \text{CO}_2$

Redüksiyon işlemi kontrollü olarak gerçekleştirilmelidir. Benzer sonuçların elde edilebilmesi için pişirmeyi kontrol eden elemanlar ve redüksiyon koşulları değişiklik göstermemelidir (Şölenay, 1995: s. 25).

Günümüzde bazı modern fırınlar gaz ya da elektrikle ısıtılmaktadır. Gazla çalışan fırınlarda indirgeme atmosferi, yakıt/hava karışımının zenginleştirilmesiyle elde edilirken, elektrikli fırınlarda hidrokarbon gazlarının verilmesiyle sağlanır. İndirgeme işlemi sırasında sıcaklık, atmosfer ve zaman üzerinde hassas bir kontrol olması, başarı için hayati önem taşır. Ancak bu kontrol geleneksel fırınlarda sağlanması son derece zordur. Gazlı ve elektrikli fırınlar daha fazla kontrol imkânı sunsa da, zehirli atık gazların üretimi nedeniyle güvenlik ve çevre açısından sorunlar oluşturabilir. Katalizörler ve diğer malzemeler üzerine yapılan sıcaklık programlı indirgeme (TPR) çalışmaları, azot (%95) içinde hidrojen gazı (%5) kullanılarak, zehirli atık gaz üretmeyen güvenli bir indirgeme atmosferi sağlandığını göstermiştir. TPR çalışmaları, sır formülasyonlarında yaygın olarak kullanılan reaktif oksitlerin, redüksiyon işlemlerinde kullanılan sıcaklıklarda ($650\text{--}700^\circ\text{C}$) veya daha düşük sıcaklıklarda, bu atmosfer içinde indirgenebildiğini ortaya koymuştur. Elektrikli fırınlarda, seramik sırları için indirgeme atmosferi olarak H_2/N_2 karışımının kullanılabilirliğini gösterir (Malinsa, Tongeb, 1999: s. 395).

1.2.2.3. Nötral Pişirim

Seramiğin pişirilmesinde, yakıtın dengeli olarak yakıldığı fırınlarda “nötr” pişirim ortamı yaratılır. Çok özel amaçlı teknik seramiklerin pişirilmesi sırasında, tamamen oksijensiz bir atmosfer yaratılır. Bu atmosfer ise hidrojen, karbon monoksit ve azot gazı karışımından oluşur. “Koruyucu Gaz” ortamında pişirme olarak tanımlanan bu özel pişirim ile oluşan nötr atmosferde, ürünün ortamla kimyasal iletişime girmeksizin, reaksiyonlardan arındırılmış “inert” (etkisiz) atmosferde pişirilmesi sağlanır (Arcasoy ve Başkıran, 2020: s. 143).

Yanmanın ve fırın atmosferinin denetimi için yanma gazlarının analizi önemlidir. Yanma gazlarının analizi “Orsat” cihazı ile yapılır (Mete, 2020: s. 209). Pişirilecek ürünün niteliğine bağlı olarak, pişirme işleminin farklı aşamalarında, bu üç gaz ortamından (yükseltgen, indirgen ve nötr) ya ikisinin ya da üçünün de uygulanması istenebilir. Bu durum kombine edilmiş pişirme ortamı olarak bilinmektedir. Yani kombine edilmiş gaz ortamında pişirme, çeşitli gaz ortamlarının bir kaçının katılımı ile gerçekleşen pişirme işlemidir (Hacızade, 2019: s. 168).

1.3.3. Pişirim Süreçleri

Seramikte pişirim, gerekli kimyasal ve fiziksel değişiklikleri sağlamak için yeterli ısı uygulaması ve bu ısının yeterli süreyle sürdürülmesi işlemidir. Bu bir zaman ve sıcaklık sürecidir. Hangi türde seramik olursa olsun veya hangi amaçla pişiriliyor olursa olsun prosedür genel olarak aynıdır. Seramikler, fırın hala soğukken yerleştirilir, ardından ısı kademeli olarak ve dengeli bir şekilde artırılır. Gerekli kadar maksimum sıcaklığa ulaşılır ve gerekli süre boyunca bu sıcaklık korunur. Sonra yine kademeli olarak dengeli bir şekilde soğutulur. Seramikler, rahatça elle alınabilecek kadar soğumadan fırından çıkarılmaz (Billington, 1962: s. 155).

Pişirme işlemi sürecinde seramik bünye, geçici ve kalıcı değişiklikler gösterir. Geçici değişikliklerden biri, pişme sırasında gerçekleşen hacimsel büyümedir. Kalıcı değişikliklerin yani asıl pişmiş bünyenin oluşmasını sağlayan sebepler çoğunluktadır. Kalıcı değişikliklerin en önemli olanları şunlardır; kristal değişikliği, cam fazı oluşumu, yer değiştirme reaksiyonları. Bu süreçlerin sonucunda seramiğin pişirilme işlemi gerçekleşir (Arcasoy, 1983: s. 90).

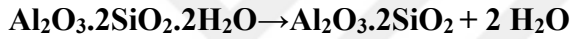
1.3.3.1. Bisküvi Pişirimi

Şekillendirilen malzemelerin sırlanması sırasında, sıranın sulu yapısından kaynaklı, bünyenin sırla temas ettiği zaman dağılarak şekillerini kaybettiği görülür. Bu nedenle malzemeye dayanım kazandırmak için ürünün sırlanmadan önce pişirilmesi gerekir. Bu işleme bisküvi pişirimi, ürünlere de bisküvi denir (Mete, 2020: s. 197).

Bisküvi pişiriminde fırın rejimi uygulaması oldukça önemlidir. Fırın içine yerleştirilen kuru ürünler kademeli olarak ısıtılmalıdır. 120°C’ de suyun kaynama noktasından daha yüksek olan sıcaklıkta, kuruma tamamlanmış olmalıdır. Ancak bu

aşamada yavaş ilerlemek çok önemlidir. Su buharlaştıkça genişler ve bu genişleme çok hızlı olursa, özellikle kalın olan ürünler kırabilir (Buharın patlaması nedeniyle kırılan bir çömlek, özellikle en kalın olan tabanda çok küçük parçalara ayrılmış olarak bulunur.). Bu aşamayı mümkün olan en uzun sürede güvenli bir şekilde tamamlamak gerekir. 120°C ile 500°C arasında, fırın hızlandırılabilir, ta ki fırın mat kırmızı rengini alana kadar (Billington, 1962: s. 159-160).

Bu noktada, kil üzerinde bazı değişiklikler olmaya başlar. Organik maddeler bünyeden uzaklaşır. Kil, birleşik suyunu bırakır ve kristal faz değişikliği gerçekleşir. Seramik çamurunu oluşturan çıkış mineralinin türüne, mineralin konsantrasyonuna ve bunlara etki eden sıcaklığa göre, farklı kristal değişimleri ortaya çıkar. Kaolinit denen kil cevheri 500-600°C’de metakaolinite dönüşür. Bu sırada Kaolinitin iki molden oluşan kristal suyu uçar ve %13.95’lik bir kızdırma kaybı (ateş zayıyatı) ortaya çıkar (Arcasoy, 1983: s. 90).



Metakaolinit + Su

700°C’den sonra, yeni silikatlar oluşmaya başlar. Kil, suyu ve organik maddelerin atılmasından sonra kalan gözenekleri dolduracak şekilde büzülür (Billington, 1962: s. 159-160).

Çamurun plastikliğinin kaybolması, ortamdan ısı çeken bir reaksiyondur. Bu reaksiyon endotermik (sıcaklık alıcı) olarak adlandırılır. Oluşan metakaolinit bileşiği, 830°C’nin üstünde, bünyesinden ısı vererek mullit ve kristobalite dönüşür. Bu reaksiyon ekzoterm (sıcaklık açığa çıkarıcı) reaksiyon diye adlandırılır (Arcasoy, 1983: s. 90).



Mullit + Kristobalit

Mullit kristali seramik bünye için çok önemli bir kristaldir. İğne şeklinde görüntülenen bir kristaldir. Mullit oluşumu, seramik çamuru ile bünyenin üzerinde bulunan sır arasındaki bağı güçlendirir. Bu ara tabakada oluşan mullit, sırn bünye ile arasındaki bağı sağlamlaştırarak sırn bünyeye tutunması sağlar.

1000°C her türlü iyi bir pişirim için en düşük sıcaklıktır. Ayrıca daha yüksek bir sırlama sıcaklığı gerektiren stoneware (pekişmiş çini) türlerini pişirmek için de yeterli olabilmektedir. Bu sıcaklık, bazı terra-cotta ve sırsız seramikler için yeterli olur, ancak kesinlikle çok gözeneklidir.

1050°C-1080°C: Yumuşak sırları düzgün şekilde alacak olan kil türleri için tatmin edici bir sıcaklıktır.

1100°C: Sofra eşyaları için gereken olgunlaşma sıcaklığıdır. Bu sıcaklıkta pişirilen seramikler çok gözenekli ürünler değildir.

1150°C: Ticari earthenware için gereken sıcaklıktır. İnce bir sır tabakası tutabilecek kadar gözenek bulundurur. (Billington, 1962: s. 160).

1.3.3.2. Sır Pişirimi

Bisküvi pişirimi yapılmış ürünlerin yüzeylerine, çeşitli sırlama yöntemleri kullanılarak sırlama işlemi yapılır. Daha sonra malzemeler fırına yerleştirilerek, sırların özelliklerine göre belirlenen sıcaklıkta pişirme işlemi yapılır. Yanma sırasında açığa çıkan kükürt dioksit (SO₂), azot monoksit (NO) ve karbon monoksit (CO) gibi gazlar sır yüzeyinde yoğunlaşarak sırların parlaklığının kaybolmasına ve kötü görünüm almasına neden olmaktadır. Bu yüzden pişirim işlemi özenle yapılmalıdır. Fakat bazı renkler sadece indirgen ortamda gerçekleşir.

Ürünlerin bisküvi pişirimi yapılmadan, hem bisküvi hem de sır pişiriminin tek seferde yapıldığı pişirime tek pişirim adı verilir. Roller fırınlarında %1 nem içeren kuru pres baskı yöntemiyle üretilen ürünlerin pişirimlerinde tercih edilir. Tek pişirim yöntemi maliyet açısından çift pişirime oranla oldukça avantajlıdır.

İKİNCİ BÖLÜM

2. SIR REÇETE HESAPLAMA YÖNTEMLERİ VE SIRLARDA KULLANILAN OKSİTLER

2.1. SIR REÇETESİ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Sırlar, kuvars, feldspatlar, kaolin, dolomit, mermer, üleksit gibi hammaddelerden ve oksitlerden oluşurlar. Ancak sırlarda kullanılan hammaddelerin sayısının çok fazla olması, aynı oksidin farklı hammaddelerden sır bileşimine sokulması gibi durumlarda, sırların özelliklerinin değişmesi nedeniyle, sırlar formülleştirilmiştir (Taçyıldız, 2018: s. 37).

Bir sır geliştirmek istediğimizde, sırnın özelliklerine göre hangi metal oksitlerin sır içinde, hangi oranda yer aldığının belirlenmesi, seçmemiz gereken hammaddelerin miktarları ve metal oksitlerin birbirleriyle orantıları, belirli bir formül içerisinde hesaplanmalıdır.

Seramik sırlarını bir moleküler formülde, aynı zamanda bu formülde sıralanan oksitlerin birbirine olan oranlarını da ortaya koyacak şekilde, Hermann Seger kendi adı ile anılan “Seger” formülünü ortaya koymuştur (Arcasay, 1983: s. 163).

Önceden de belirtildiği gibi sır bileşimine giren hammaddeler, oksit cinsinden bazik oksit (RO , R_2O), amfoter oksit (R_2O_3) ve asidik oksit (RO_2) olmak üzere üç grupta toplanır (Mete, 2020: s. 233).

Seger formülünde bazik oksitler (PbO , K_2O , Na_2O , CaO , ZnO , BaO , MgO , SrO , Li_2O , CoO , CuO , FeO , NiO , MnO , CdO) toplamı 1.0 mol olacak şekilde hesaplanır ve RO olarak kodlanır.

Amfoter Oksitler (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Sb_2O_3 , Mn_2O_3 , Cr_2O_3) R_2O_3 şeklinde kodlanır.

Asidik Oksitler (SiO_2 , SnO_2 , ZrO_2 , B_2O_3 , TiO_2 , UO_2 , CeO_2) RO_2 şekilde kodlanır.

Seger Formülasyonu

1 RO . x R_2O_3 . y RO_2

Çeşitli sır reçete hesaplama yöntemleri vardır ve aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır.

2.1.1. Seger Formülü Bilinen Bir Sırın Reçetesinin Hesaplanması

Reçete hazırlanırken hammadde seçimi bir çok faktöre bağlıdır. Hammaddelerin saf halde bulunabilirliği, bunun için %100 saflık gerekli değildir. Fakat harmandan harmana göre değişiklik gösterebilen safsızlık da içermemesi gerekir. Hammaddelerin kolay bulunması ve maliyeti, hammaddelerin fabrika koşullarında sürekli kullanıma uygunluğu, seçilecek hammaddelerin suda çözünür özellik göstermesi ve içeriğinde zehirli bileşikler olması durumunda fritleştirme yapılması gerekir. Hammadde seçiminde dikkat edilecek bir diğer husus da Seger formülünde yer alan oksitlerin mümkün olduğunca çoğunluğu sağlayabilen hammaddelerin içinden seçilmesi gerektiridir (Mete, 2020: s. 239).

Seger formülüne giren oksitler mol değerleri ile yazılmaktadır. Sırın reçetesinin hesaplanması için sıra hangi hammaddelerin gireceği belirlenerek, hammaddelerin kimsasal formülleri ve moleküler ağırlıkları bilinmesi gerekmektedir. Seger formülünde bulunan oksitlerin mol oranları, reçetede yer alması istenilen hammaddelerin mol ağırlıkları ile çarpılır (Arcasoy, 1983: s. 172).

2.1.2 Reçetesi Bilinen Bir Sırın Seger Formülünün Hesaplanması

Sırlarda reçete, sır bileşimde yer alan her bir hammaddenin, birim, kısım, gram, kilogram ya da çoğunlukla yüzde olarak ifade edilişidir (Taçyıldız, 2018: s. 42).

Sır hazırlarken seçilen hammaddeler, hammaddelerin içinde yer alan oksitlerin sıra kattığı özellikler göz önünde bulundurularak tercih edilir. Tercih edilen hammaddelerin yüzde oranlarının toplamı yüzde yüz (%100) olmalıdır. Hazırlanan reçetenin özelliklerini (yüzey gerilimi, genleşme katsayısı, asit-baz vb.) belirlemek için seger formülüne ihtiyaç duyulur. Reçeteye katılan hammaddelerin yüzde oranları, molekül ağırlıklarına bölünür ve çıkan sonuç hammaddenin içindeki oksitlerin oranlarıyla çarpılarak hesaplanır.

2.1.3. Kimyasal Analizi Bilinen Bir Sırın Seger Formülünün Hesaplanması

Literatürde sırlar, kimyasal yüzdelikleri ile de ifade edilebilir. Tarih öncesi döneme veya günümüze ait bir seramik parça üzerindeki sır (Seger ve reçetesi bilinmiyorsa) yeniden üretilmek istenirse, parçadan numune alınarak kimyasal analizi

elde edilebilir. Elde edilen kimyasal analizden de sıranın Seger formülü ve reçetesi hesaplanabilir (Taçyıldız, 2018: s. 45).

Kimyasal analiz sonucunda tespit edilen oksitlerin yüzde oranları kendi mol ağırlıklarına bölünür ve sadece bazik oksitler toplanır. Her bazik oksit, çıkan toplam bazik oksit değerine bölünür ve bu bölümler sonucu bazik oksit toplamalarının 1 mol olması sağlanır.

2.2. SIRLARDA KULLANILAN OKSİTLER VE ÖZELLİKLERİ

Seger Formülüne giren oksitler, bazik oksitler (RO, R_2O), amfoter oksitler (R_2O_3) ve asidik oksitler (RO_2) olarak sınıflandırılırlar.

2.2.1. Bazik Oksitler

Bazik oksitler bir ve iki değerlikli oksitlerdir. Kimyasal formülleri RO ve R_2O şeklinde gösterilir.

2.2.1.1. Baryum Oksit (BaO)

Baryum karbonat ($BaCO_3$) seramik sırlarında kullanılan bir hammadde olup, pişirme esnasında yapısındaki karbonatın uzaklaşmasıyla, sır içinde baryum oksit (BaO) olarak kalır. Tek başına ergime derecesi ($1360^\circ C$) çok yüksektir. Baryum oksit zehirli bir bileşiktir ve bu nedenle sırlarda fritleştirilmiş haliyle kullanılması önerilir (Taçyıldız, 2018: s. 24).

Az katkı miktarlarıyla yapılan baryum oksit katkısı, sır yüzeyinde parlaklık sağlar. Katkı oranının artmasıyla ise matlık oluşmasına neden olur. Sırlara Baryum oksit katkısı sırların sertleşmesine neden olmakta, fakat kimyasal dayanımını da azaltmaktadır. Genel olarak baryum oksit katkısının 0,10 molü geçmemesi gerekir. Silis ve kurşun oksitçe fakir olan sırlarda ise alkalilerin mol toplamaları miktarı 0,30 molü geçmediği durumlarda, baryum oksit hammaddesi ile normal mat sırlar elde edilebilir. Alkalice zengin sırların, baryum oksit ile yapılan matlaştırmalarında çoğunlukla sır yüzeyinde toparlanma ve hava kabarcıkları ortaya çıkarttığı görülür (Arcasoy, 1983: s. 169). Ham olarak kullanıldığında, sır yüzeyinde kabarcıklara neden olabilir. Fritleştirilmiş haliyle kullanıldığında ise sır yüzeyinde kabarcıklar giderilebilir.

2.2.1.2. Çinko Oksit (ZnO)

Çinko oksit 1100°C’de eriyebilen bir oksittir. Sırlarda 0.05-0.20 mol arası parlaklığı yükseltici etki yapmaktadır. 0,30 molden başlayarak yükselen mol oranlarındaki katkıları ise matlaşmayı ve sırn ergimesini geciktirici etki yapar. Çinko oksit sırn esnekliğini arttırmaktadır. Aynı zamanda düşük genleşme katsayısından dolayı sırların çatlamasını önlemde de etkilidir (Arcasoy, 1983: s. 168).

Yüksek sıcaklıklarda çinko, eriticilik etkisinin yanında sırn viskozitesini düşürmek için kullanılan en etkin hammaddedir. Sırlarda miktarının az tutulmasıyla özellikle mavi ve yeşil renklerin gelişmesini sağlar. Yüksek miktarda bulunduğunda ise özellikle bazı sırlarda sırn kristalleşme yatkınlığını kuvvetlendirerek, yüzeye mat görünüm vermektedir. Sır içinde yüksek oranlarda kullanıldığında, sırn soğuması sırasında çinko silikat (Zn_2SiO_4) kristallerini oluşturur. Çinko silikat kristalleri ortaya çıkarken, sır içinde bulunan pigment veya renk veren oksitler, sırn bünyesinde toplanarak yüzeye dekoratif bir özellik kazandırır. Kristal sır bünyesinde alümina azaltılması gerektiği unutulmamalıdır (Mete, 2020: s. 226).

Kalay ve zirkon gibi herhangi bir örtücü katkısı olmaksızın, salt çinko oksit ile çok başarılı örtücü seramik sırları yapılabilir. Çinko oksit nadiren alkaliler ile yer değiştirdiğinde, sırn kimyasal etkilere karşı direncini artırır. Çinko matı sırlarda, çinko oksit (ZnO) oranının sistematik olarak yükseltilmesiyle çok bilinen sır türleri olan ipek matı ve deri kraklesi sırlar elde edilebilmektedir (Arcasoy ve Başkıran, 2020: s. 273).

Sır yapımında kullanılan çinkonun kaynağı, yapay yolla elde edilen beyaz renkli çinko oksittir (ZnO). Çinko oksit yerine bazen, çinko karbonat bileşiğinden de yararlanılır. Beyaz renkli çinko karbonat ($ZnCO_3$) tuzu, pişirilme sürecinde parçalanarak çinko okside (ZnO) dönüştüğünde, sırda aynı etkiler oluşturur (Hacızade, 2019: s. 200-201). Ayrıca sır içine çinko borat ($2ZnO.3B_2O_3.3,5H_2O$) da ilave edilebilir.

2.2.1.3. Kalsiyum Oksit (CaO)

Sır hazırlarken reçeteye kalsiyum oksit ilavesi için genellikle kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) yapısındaki mermer, tebeşir ve kalk taşından yararlanılır. Kalsiyum oksit, (CaO) sırn içinde bulunan diğer oksitler ile birleşerek cam oluşumunu destekler.

Özellikle bor oksit (B_2O_3) ile birleşmesi sonucunda dayanımı yüksek sırlar oluşturur. Bunun dışında boksitli sırlarda bor tülü oluşumunu artırıcı rol oynar. $1040^\circ C$ ' ki sırlarda, kalsiyum oksit (CaO) oranı 0.25 molün üstündeyse sırlarda parlaklık kendini matlığa doğru bırakır (Arcasoy, 1983: s.168). Kalsiyum oksit (CaO), wollastonit ($CaO.SiO_2$) ve üleksit ($Na_2O.2CaO.5B_2O_3.12H_2O$)' den de sır içine alınabilir.

Kalsiyum karbonatın tek başına ergime sıcaklığı (yaklaşık $2700^\circ C$) çok yüksektir. Termal genleşmesi ise alkali oksitlerden daha düşüktür. Sır süspansiyonunun dibe çökmesini engelleyen en önemli oksitlerden biridir (Taçyıldız, 2018: s. 21). Kalsiyum oksit, feldspat ile birlikte ısıtılırsa, feldspatın $1280^\circ C$ olan ergime noktasını düşürür ve daha kolay ergiyen bir cam ortaya çıkmasını sağlar. Bu özelliğinden dolayı sır üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır (Tanışan ve Mete, 1986: s. 19). Sırın, gaz, su, asit ve alkali çözeltilerine karşı direnci artırmaktadır. Özellikle sır ve çamur arasında oluşan 'ara tabaka' ($CaO.SiO_2$) oluşumunu destekleyerek, bu iki tabaka arasındaki gerilimleri önemli ölçüde azaltır. Bundan dolayı sır çatlaklarını önlemektedir. Sırın bileşiminde gereğinden fazla kalsiyum oksit kullanımı, sırın genleşme kat sayısını azaltırken, kristalleşme yatkınlığını da artırmaktadır (Mete, 2020: s. 223).

2.2.1.4. Kurşun Oksit (PbO)

Sırlarda en çok kullanılan oksitlerden biri olan kurşun oksitin (PbO) erime noktası $880^\circ C$ 'dir. Silikat karışımlarının içinde çok iyi bir eritici olarak işlevi vardır. Kurşun oksit renk veren oksitler için iyi bir çözücüdür (Arcasoy, 1983: s. 166). Kurşun oksit sıırı yumuşatarak ona esneklik kazandırır. Kurşun kullanımının olumsuz etkilerinden biri de zehirli olmasıdır. Kurşun oksit içeren sırlar, sırcalaştırılmış olsalar da sıcak suda ve seyreltik asetik asitte çözünmeleri nedeniyle sofrta eşyalarında üretiminde kullanımı oldukça tehlikelidir (Hacızade, 2019: s. 201).

Sırda kimyasal olarak diğer metal oksitlerle bir ilişki içinde olamaması durumunda, sırın sarımtırak bir renge dönüşmesine neden olmaktadır. Sırın termal genleşme katsayısını azaltır. Sırlarda kullanım oranı yükseldikçe sırın ergimiş haldeki viskozitesini düşürmektedir. Sırın akışkanlığını ise artırmaktadır. Akışkan sırların elde edilmesinde tercih edilen en önemli oksitlerden biridir (Taçyıldız, 2018: s. 26). Düşük sıcaklıklarda silisyum dioksit (SiO_2) ile reaksiyona giren kurşun oksit, orta

dereceli sırlarda da kullanılabilir. Kurşun oksit (PbO), refraksiyon (kırınım) indisinin yüksek oluşu nedeniyle, sır yüzeylerinin parlak ve sedefimsi bir görünümde olmasını sağlar. Sır içi ve sır altı renklendirmelerde, renklerin canlı olmasına yardımcı olur (Mete, 2020: s. 227). Kurşun oksit sır içine, üstübeç ($2PbCO_3.Pb(OH)_2$), Mürdesenk (PbO) ve Sülyen (Pb_3O_4)’den dahil edilebilir.

2.2.1.5. Lityum Oksit (Li_2O)

Lityum oksidin (Li_2O) erime noktası $1700^{\circ}C$ ’nin üzerinde olmasına karşın, sırlarda çok kuvvetli bir eritici olarak tanımlanmaktadır. Sodyum oksit ve potasyum oksit içeren alkali sırlara oranla, lityum oksitli sırlarda genleşme katsayısı daha düşüktür. Yine aynı alkalilere oranla, lityum oksitli sırlarda parlaklık daha fazla olup hava koşullarına ve asitler karşı direnci daha yüksektir. Alkali içeren artistik sırlarda lityum oksit (Li_2O) oranının çok yükselmesi sonucu büyük kristaller elde edilebilmektedir (Arcasoy, 1983: s. 170).

Fazla kullanımında ise sırnın matlaşmasına neden olmaktadır. Sırın ergimiş haldeki viskozitesini düşürür ve akışkanlığını artırır (Taçyıldız, 2018: s. 26-27).

Lepidolit, petalit, spodumen, lityum alüminat ve lityum karbonat’dan sır içine katılabilir. Lityum oksit (Li_2O) lüsterli sır bünyesinde olumlu etkiler yapmaktadır (Şölenay, 1995: s.19).

2.2.1.6. Magnezyum Oksit (MgO)

Sırlara parlaklık etkisi için katılan magnezyum oksidin $1100^{\circ}C$ altındaki sırlarda 0,10 molü geçmemesi gerekir. Katkı oranı yükseldikçe sır matlaşmaktadır. Düşük genleşme katsayısı nedeniyle sır çatlığını önlemede yararlıdır. Magnezyum oksit büyük bir yüzey gerilimine sahip olması nedeni ile artistik sırlardan olan toplanmalı sırların elde edilebilmesinde kullanılır. Magnezyum oksit katkılı sırlarda büyük ölçüde sert yüzeyler elde edilebilir. Bu sırlar genellikle hava koşulları olmak üzere, asit ve bazlara karşı dirençlidir (Arcasoy, 1983: s. 168).

Magnezyum oksit, sırnın bünyeye tutunmasını sağlamaktadır. Sır içerisinde azalması ve çoğalması, sırnın viskozitesini değiştirmektedir. Magnezyum oksit demir oksidin rengini etkiler ve kalsiyum oksitle aynı sır içerisinde kullanıldığında, sırnın rengini sarımsı olmasına neden olur (Hortling ve Jokiner, 2001: s. 2124).

2.2.1.7. Potasyum Oksit (K_2O)

Alkaliler olarak tanımlanan potasyum oksit (K_2O) ve sodyum oksit (Na_2O) bazik oksitlerden olup, sırlarda eritici olarak büyük rol oynamaktadır. Kurşun oksit (PbO)’e karşı bazı avantajları vardır. Örneğin, zehirsiz, renksiz ve ucuz oluşları gibi (Arcasoy, 1983: s. 167). Potasyum Feldspat mineralinden, potasyum karbonat veya potasyum nitrattan sır içine alınabilir. Kolay temin edilebilen bir oksit olması nedeni ile eritici olarak lüsterli sırlar da sıklıkla tercih edilmektedir (Şölenay, 1995: s. 19).

Potasyum feldspata ısıtıl işlem uygulandığı zaman, yaklaşık olarak $1160^{\circ}C$ ’ de bozulmaya başlamaktadır. $1290^{\circ}C$ ’de tamamen ise erir. Saf potasyum eridiğinde, bozularak “lösit” adı verilen minerale dönüşmektedir (Rado, 1988: s. 29). Yüksek dereceli sırların reçete bileşiminde önemli miktarda potasyum feldspat ve kalkerin birlikte kullanıldığı görülmektedir (Taçyıldız, 2018: s. 19).

2.2.1.8. Sodyum Oksit (Na_2O)

Alkali oksitlerden biridir. Sodyum oksit, potasyum oksit gibi eritici görevi yapar. Lüsterli sırlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Sodyum feldspat ($Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$), sodyum karbonat (Na_2CO_3), sodyum klorür ($NaCl$) ve sodyum nitrat ($NaNO_3$)’tan sır içine alınabilirler (Şölenay, 1995: s.19). Ayrıca kalsine boraks ($Na_2O.2B_2O_3$), üleksit ($Na_2O.2CaO.5B_2O_3.12H_2O$) ve kernitten ($Na_2O.2B_2O_3.4H_2O$) de sır içine dahil edilebilirler. Sodyum oksit ve potasyum oksidin sır içine birlikte dahil edilebildiği hammaddeler de bulunmaktadır. Bunlardan biri nefelin siyenit (MTA formülü: $Na_3.KAlSi_4O_{16}$) bir diğeri ise pegmatittir ($K_2O.Na_2O.2Al_2O_3.22.SiO_2$).

Sırlarda kullanım oranı arttıkça, sır yüzeylerinde çatlamalara neden olmaktadır. Renkli sırlarda kullanıldığında ise boyaların renklerini ve parlaklığını netleştirmektedir (Taçyıldız, 2018: s. 10).

2.2.1.9. Stronsiyum Oksit (SrO)

Sırlarda kalsiyum oksit ile aynı özellikler göstermektedir. Kap-kacak ve sağlık gereçleri sırlarında kullanıldığında, çizilmeye karşı dayanıklı olması ve sırların asitlere karşı direnci artırdığı bilinmektedir. İğne deliği hatalarını gidermek için 0.1 mol Stronsiyum oksit katkısı bile yeterli olabilmektedir. Stronsiyum karbonat katkısı ile

doğurulan parlak sırların her tipi mat bir görünümüne sahip olmaktadır (Arcasoy, 1983: s. 169).

Çok az katkı oranlarında bile sırda iyi bir ergime sağlayabilmektedir. Özellikle düşük derece sıcaklık sırlarında, kristalleşmenin kontrolünü gerçekleştirmesini sağlar. Baryum okside (BaO) göre oranla, sırlarda daha fazla beyazlık ve akıcılık istendiğinde tercih edilebilmektedir. Bor tülü oluşumunu engellemek için sıra %5-10 arasında stronsyum karbonat (SrCO_3) katkısı önerilmektedir. Kurşun oksit ve baryum oksidin zehirli özellikleri nedeniyle, sırlarda bu eriticilerin yerine stronsyum oksit tercih edilmektedir (Mete, 2020: s. 224).

2.2.2. Amfoter Oksitler

Amfoter oksitler üç değerlikli oksitlerdir. Kimyasal formülleri R_2O_3 şeklinde kodlanmaktadır.

2.2.2.1. Alüminyum Oksit (Al_2O_3)

Alüminyum oksit doğada bulunan kil, kaolen, feldspat gibi mineraller içinde yer alır. Yüksek erime sıcaklığına sahip olan alüminyum oksitin (Al_2O_3) suda çözünme özelliği yoktur. Sırda oksijen oranının ayarlanmasında ve kristalleşmeyi engellenmede kullanılmaktadır. Sırın viskozitesini yükselterek akışkanlığı azaltır. Sırlarda mekanik direnci yükseltir, ısı genleşmeyi ise azaltır. Sırın olgunlaşmasını sağlar. Sır içinde oranı arttıkça sıra matlık ve sertlik kazandırır (Genç, 1993: s. 39).

Sırda alümina miktarı, sırın bünye ile olan ilişkisini düzenler. Seger formülünde 0,1-0,2 molden daha düşük alümina içeren sırların bünyeyi aşındırdığı gözlenmiştir (Mete, 2020: s. 221).

2.2.3. Asidik Oksitler

Asidik oksitler dört değerlikli oksitlerdir. Seger formülünde R_2O_3 sembolü şeklinde gösterilmektedir.

2.1.3.1. Bor Oksit (B_2O_3)

Bor oksit, sırların erime sıcaklığını kolaylıkla düşüren oksitlerden biridir. Ancak sırlarda fazla oranlarda kullanıldığında, sırda beyaz örtücülük (Bor Tülü) ortaya çıkarmaktadır. Sır çatlağının giderilmesi için sırlarda az miktarda bor oksit katkısı

olumlu, %12'nin üzerinde katkıları ise olumsuz sonuçlar vermektedir (Arcasoy, 1983: s. 171).

Sırlara, boraks ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), üleksit ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), kolemanit ($2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), borik asit ($\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) ve borlu firitten ilave edilebilir. Bor oksit (B_2O_3), sırn ergimiş haldeki viskozitesini düşürmektedir. Sırın akışkanlığını ise artırmaktadır. Boraks ve borik asit suda çözünme özelliği gösterdiğinden firitli sırlarda sıklıkla tercih edilmektedir. Kalsiyum oksit içeren sırlarda geniş bir ergime aralığı sağlar, sırn çizilmeye karşı direncini artırır (Taçyıldız, 2018: s. 23).

2.2.3.2. Kalay Oksit (SnO_2)

Kimyasal kompozisyonu SnO_2 olan kalay oksit doğada “kasiterit” minareli şeklinde bulunur. Sırın erimesi sırasında, sır içinde çözünmeden kalır, ancak çok ince öğütüldüğünde ise sıra opaklık özelliği kazandırır. Suda çözünmez, çok kuvvetli asitlerde çözünür. Erime noktası 1150°C olup 560°C 'de yumuşamaya başlamaktadır. Örtücü sırların hazırlanmasında en çok kullanılan madde olup, birçok seramik boyasının da temelini oluşturmaktadır. Sırlara yumuşak bir renk verirken aynı zamanda eritken olarak da rol oynamaktadır. Sırlara %4-7 oranında katılarak yarı örtücü, %8-10 oranında katkısı ise tam örtücü sırların elde edilmesini sağlar. Bakır oksit ile yeşil renge boyanmış kurşunlu saydam bir sır, kalay oksit katısıyla mavi renk vermektedir (Mete, 2020: s. 226).

Renkli örtücü sırlar, beyaz sırn, renk veren oksitlerle boyanması sonucunda elde edilebilmektedir. Sırlarda SnO_2 kullanımı sır çatlaklarının oluşumunu önleyebilmektedir (Arcasoy, 1983: s. 196). Yüksek sıcaklıklarda beyaz opaklaştırıcı özelliğini kaybederek, sırn grileşmesine neden olabilir. Katkı oranına bağlı olarak sırlarda iğne başı ve kavlama olarak bilinen sır hatalarına neden olabilmektedir. Termal genleşme katsayısının yüksek olması nedeniyle sırda çatlama hatasını ortaya çıkarır. Opaklaştırıcı özelliği zirkon bileşiklerinden daha fazladır. Krom oksit ile birlikte kullanıldığında pembe renk oluşumu sağlar. Bakırlı sırlarda, bakır kırmızısı oluşumuna katkıda bulunur. Redüksiyon fırın atmosferinde ise opaklaştırıcı özelliğini kaybederek, sıra gri bulutumsu bir yüzey özelliği kazandırır (Taçyıldız, 2018: s. 27-28).

2.2.3.3. Silisyum Dioksit (SiO₂)

Tüm sırlarda tek ortak oksit olan silisyum dioksit (SiO₂), kaolen, kil, feldspat ve en çokta kuvarstan alınarak sırlara sokulabilir. Sırlarda cam oluşturuıcı olarak tanımlanabilen silisyum dioksit (SiO₂), bu görevi ancak bazı oksitler ile uygun oranlarda birleştiği zaman yapar. Sırlarda silisyum oksit (SiO₂) oranının artması ile orantılı olarak sırn erime sıcaklığı derecesi de yükselir (Arcasoy, 1983: s.170).

Silisin fazla kullanılması, sırda matlık yaratırken, az kullanımı da kaynama yaratır. Düşük sıcaklık sırlarında, silisin eritici oksitlere oranı 2/1 mol yüksek sıcaklık sırlarında 10/1 mol olmaktadır. Silisin artmasıyla sırn genişleme katsayısı azalır (Mete, 2020: s. 221). Seramik sırlarının içindeki kuvars (SiO₂) miktarı, sırların hava ve çevre koşullarına karşı direncinde önemli rol oynar. Silisyum oksit (SiO₂) sahip olduğu düşük genişleme katsayısı nedeniyle sır çatlaklarının giderilmesinde kullanılır. Bu önlem alınırken kuvarsın sır içine en ince şekli ile katılması öngörülür. Artan oranları ile seramik sırnın basınca karşı direncini de yükselttiği gibi onun kimyasal direncini de arttırmaktadır (Arcasoy ve Başkıran, 2020: s. 275). Kuvars, kuvars kumu ve çakmak taşından sır bünyesi içine dahil edilebilir.

2.2.3.4. Titan Dioksit (TiO₂)

Titan oksidin tek başına ergime derecesi çok yüksek (1830°C) olup, seramik sırlarında opaklaştırıcı olarak kullanılmakta. Sır içinde kristalleşmelere neden olmaktadır. Küçük kristallerin oluşumuna katkıda bulunması nedeniyle kristal sırlarda tercih edilmektedir. Renkli sırlarda az oranlarda kullanıldığında, rengin şiddetini arttırmaktadır. Renkli sırlarda yüksek oranlarda kullanıldığında, rengin matlaşmasına neden olmaktadır (Taçyıldız, 2018: s. 28).

Kurşunsuz sırlarda beyaz, kurşunlu sırlarda ise açık sarı renk verir. Çeşitli oksitlerle renklendirilmiş sırlara titan dioksit katkısı ile farklı renk değişiklikleri ortaya çıkmaktadır (Mete, 2020: s. 231).

2.2.3.5. Zirkon Oksit (ZrO₂)

Zirkon oksidin tek başına ergime derecesi oldukça yüksektir (2700°C). Seramik sırlarında opaklaştırıcı olarak kullanılmaktadır. Sır bileşimine zirkon oksit (ZrO₂) ve zirkon silikattan (Zr.SiO₄) girer. Sert bir eriticidir. Sırn çatlamaya karşı direncini

artırmaktadır. Yüksek dereceli mat opak sırların elde edilmesinde zirkon oksit tercih edilir. Düşük dereceli mat opak sırların elde edilmesinde zirkon silikat tercih edilebilir. Opak parlak sırlarda, camlaştırmacı özelliğinden dolayı zirkon silikat kullanılır. Yüksek sıcaklıklarda erir, soğutulduğunda kristalleşmektedir (Taçyıldız, 2018: s. 27).

Özellikle saydam olmayan örtücü sırların yapımında kalay oksit yerine kullanılır. Ne kadar ince öğütülürse o derecede örtücülüğü arttırır. Kalay oksidin verdiği mavimsi beyazlığa göre daha kuvvetli bir beyazlık elde edilmesini sağlar. %6-9 oranlarındaki katkılarla yarı örtücü, %10-15 oranlarında ise tam örtücülük meydana getirmektedir. Ancak örtücülük özelliği yanında erimede güçlük ve yumurta kabuğu denilen türden sır hatalarına yol açabilmektedir. Sırçalaştırma ile bu hatalar ortadan kalkmaktadır (Mete, 2020: s. 226).

2.2.2. Renk Veren Oksitler

2.2.2.1. Bakır Oksit (CuO)

Bakır oksidin tek başına ergime derecesi yüksek (1478°C) olmasına rağmen, bakır karbonat (CuCO_3) 500°C 'de erir ve bakır okside dönüşür. Sır içinde ergitici özellik de gösteren güçlü bir renklendiricidir. Isıl genleşme katsayısının yüksek olması nedeniyle sırda çatlamaya neden olabilir (Taçyıldız, 2018: s. 32).

Sırın yapısına da bağlı olarak kurşunlu sınırlarda bakır oksit ile yeşilin tüm tonları elde edilebilir. Salt alkali kurşunsuz sırlar da “Mısır mavisi” adıyla anılan mavi tonları elde edilebilir. Alkali sırların bileşiminde az da olsa kurşun bulunuyorsa turkuaz renk elde edilebilir. Çin kırmızısı adı verilen renk de bakır oksitle elde edilebilir. Bakırlı sırlarda titan ile mavi ve yeşil renkler ortaya çıkar. Normal parlak bir sırın bakır bileşikleriyle doyurulması sonucu %8 ile %25 katkı oranlarında siyah mat metalik sırlar elde edilebilir (Arcasoy, 1983: s. 190).

2.2.2.2 Demir Oksit (FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4)

Demir iyonu (Fe^{+}) içeren bileşiklerin renkleri, kullanıldıkları sır bünyesine ve pişirim atmosferine bağlı olarak değişmektedir (Şölenay, 1995: s. 20).

Genel olarak sırlarda, oksitleyici pişirimlerde demir oksit katkı oranlarına göre sarı, kahverengi, kızıl kahverengi, şarap kırmızısı renkler oluşturduğu görülmektedir. İndirgeyici atmosferde ise gri-mavi, koyu gri renk tonları elde edilebilir. Demir oksit

ile doyuran bir sırda, bakır ve mangan oksitler ile doyuran sırlara göre ortaya çıkan metalik görünümün yerini, pürüzlü mat bir yüzey görünümüne bırakmaktır (Arcasoy, 1983: s. 191).

Redüksiyonlu pişirim atmosferinde, yüksek dereceli, alkalice zengin sırlarda, %10 ve daha yüksek oranlarda kullanıldığında, siyah zeminli, kırmızıdan kızıl kahveye dönen benekli sırlar elde edilmektedir. Temmoku, seladon ve aventürin sırların elde edilmesinde kullanılan en önemli oksitlerdendir. Fırın atmosferinde karbon monoksit bulunması durumunda demir oksit kimyasal olarak dönüşüme uğramaktadır. Yani ferik demir (demir (III) oksit), demir (II) oksit haline indirgenir (Taçyıldız, 2018: s. 35).

2.2.2.3. Kobalt Oksit (CoO)

Seramik sırlarında, normal koşullarda açık maviden laciverte kadar tüm renk tonlarını oluşturur. Fakat kobalt oksit diğer renk veren oksitlerin hepsinden daha serttir ve çok iyi öğütülmezler ise sır içinde çözülmesi zorlaşır (Arcasoy, 1983: s. 191). Kobalt oksit oranı arttıkça lacivertten siyaha doğru koyulaşan renkler ortaya çıkar. Redüksiyonlu ve oksidasyonlu pişirim tekniklerinde renk değişikliği göstermez ve erime sıcaklığı 1805°C'dir. İyi bir kristal yapıcı özelliğine sahiptir (Öztürk Razi, 2019: s. 28).

Çinko oksit içeriği yüksek olan ve alkali içerikli sırlarda, parlak mavi ve tonları elde edilir. Magnezyum oksitli sırlarda kullanıldığında, morumsu mavi ve tonlarında sırlar elde edilmektedir. İyi öğütülmemiş kobalt oksit sır içinde lekelenmelere ve beneklenmelere neden olabilmektedir. Sırlarda kobalt karbonat (CoCO_3), kobalt oksitten daha kolay çözünmektedir. Kurşunlu ve borlu sırlarda sır akmasına ve keskin köşelerde renk farklılığına neden olabilir. Kobalt oksit, diğer renk veren oksitlerle birlikte kullanıldığında çeşitli renk tonlarında sırlar elde edilir. Sırın çatlamaya karşı direncini artırır (Taçyıldız, 2018: s. 33).

2.2.2.4. Krom Oksit (Cr_2O_3)

Normal koşullarda sırları yüksek sıcaklıklarda bile yeşile boyama özelliğine sahiptir. Çinko bileşiklerinin kromlu sırlarda artan oranlarında yer almaları ile birlikte yeşil renk giderek bozulur. Kirli gri kahverengiye dönüşür. Alkali sırlarda da krom ile

yeşil renk elde edilir. Borlu-Alkalili sırlarda ise krom oksit ile benekli yeşil renkler oluşturulabilir. %1 krom oksit ile düşük sıcaklıkta normal koşullarda bile bol kurşunlu asidik sırlarda, sarı rengin tonları elde edilmektedir (Arcasoy, 1983: s. 192).

Ergime derecesi yüksek (2265°C) olmasına rağmen, çok az miktarda kullanılsa bile krom oksit güçlü renklendirici özelliği göstermektedir. Sır bileşimine bağlı olarak %2' nin üzerinde kullanıldığında, sırn opaklaşmasına neden olmaktadır. Çinko oksit içeren sırlarda kullanıldığında, kahverengi ve tonları elde edilebilir. Alkali oksit içeren sırlarda kullanıldığında, sarı-yeşil renk tonlarında sırlar elde edilir. Krom oksit 1250°C'den başlayarak buharlaşma gösterdiğinden, birlikte pişirildiği diğer sırların rengini etkileyebilir. Kurşunlu sırlarda, düşük sıcaklıklarda ve oksidasyonlu pişirim atmosferinde kullanıldığında krom kırmızısı olarak adlandırılan sırlar elde edilebilir (Taçyıldız, 2018: s. 34).

Lüsterli sınırlarda az oranda kullanılan krom klorür ve krom oksit ile değişik tonlarda yeşil renkler elde edilmesi sağlanır (Şölenay, 1995: s. 21).

2.2.2.5. Mangan Oksit (MnO)

Mangan oksit (MnO, MnO₂, MnCO₃) sırlarda en yaygın kullanılan renklendirici olarak tanımlanmaktadır. Mangan oksidin ergime derecesi 1650°C olup, bakır oksit ve kobalt oksit ile kıyaslandığında zayıf renk verme özelliğine sahiptir. Pişirim atmosferine bağlı olarak çeşitli renk ve karakterde sırlar elde edilebilir (Taçyıldız, 2018: s. 35).

Seramik sırlarında ve boyaların yapımında kahverengi, mor ve siyah renklerin elde edilmesinde en çok mangan bileşikleri kullanılmaktadır. Sırın bileşimine göre mangan bileşikleri ile şu renkler sağlanır; bol kurşunlu sırlarda yaklaşık %2-5 katkı ile kahverengi elde edilir. Borlu sırlarda aynı oranlarda kahverengi ve mor. Alkali sırlarda ise saf mor renklerin tonları elde edilir. Sırda, alkali oranının artması ile elde edilen mor renk giderek daha kuvvetli ve belirgin bir görünüm alır. Tüm örtücü ve mat sırlarda katkı oranlarına göre mangan ile açık bejden kahverengiye kadar renk oluşumu sağlanır. Sırların mangan ile doyurulması sonucunda ise metalik parlak yüzey oluşturduğu görülmektedir (Arcasoy, 1983: s. 194).

2.2.2.6. Nikel Oksit (NiO)

Nikel oksit (NiO) ve türevleri (NiO₂, Ni₂O₃, NiCO₄) sırlarda en yaygın kullanılan renklendiricilerdir. Nikel oksidin ergime derecesi yüksek (1990°C) olmasına rağmen, özellikle yüksek dereceli sırlarda kolay çözünmektedir. Güçlü bir renklendirici özelliği göstermektedir. Sır bileşiminde miktarı fazlalaştıkça matlaşmaya neden olmaktadır. Yüzey gerilimi yüksek olduğu için sırda toplanmalara neden olabilir. Kristalleşme eğilimi nedeniyle diğer renk veren oksitler ile birlikte kullanıldığında, çeşitli renklerde sırlar elde edilebilir. Çinko oksitçe zengin, kurşunlu-alkalili sırlarda, nikel oksit ile pembe, yosun yeşili, mavi tonlarında sırlar elde edilebilir (Taçyıldız, 2018: s. 36).

2.2.3. Metal Tuzları

2.2.3.1. Bakır Klorür (CuCl₂)

Bakır klorürün formülü CuCl₂ şeklindedir. Sağlık açısından alerjik reaksiyonlara neden olan zehirli bir kimyasaldır. Suda kolayca çözünmektedir. Farklı sır bileşimlerinde renk etkileri çok değişiklik göstermektedir. Prof. Arne Ase'nin çalışmalarına göre renk oluşumları şöyledir: En ideal renkleri, yüksek sıcaklıklarda ve indirgen fırın atmosferinde ortaya çıkarmaktadır. Fırın atmosferindeki tercih edilen indirgeme sıcaklığı da renk üzerinde önemli bir etki yaratır. En iyi sonuçlar ürünün tam olarak sinterleştiği noktada elde edilir. %20-30 oranlarındaki yüksek katkısı kahve-kırmızıdan siyaha kadar renkler oluşturmaktadır. Bakır klorür indirgen ortamda siyah rengin oluşması için çok iyi bir renklendiricidir (Güzelgün, 2012: s. 38).

2.2.3.2. Bakır Sülfat (CuSO₄)

Kimyasal kompozisyonu CuSO₄ olan bakır klorür mavi renkli küçük kristal yapılı bir kimyasaldır. Özellikle suda çözünmüş haldeyken zehirli kimyasala dönüşmektedir. Koruyucu önlemler alınmadan kullanılmamalıdır. Bakır kırmızısı elde edilebilmesi için sır kompozisyonunda, bakır sülfatın yüksek oranda kullanılması gereklidir. Bakır sülfat oksijenli ortam pişirimlerinde sarı rengin oluşumuna katkı sağlamaktadır (Güzelgün, 2012: s. 37).

2.2.3.3. Bizmut Nitrat ($\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Genellikle tüm tanınan renk veren oksitler ile bizmut nitrat kullanıldığında renkler pek değişikliğe uğramazlar. Bizmut, Bizmut Nitrat formu ile çoğu lüsterli sırrının ana yapısını oluşturmaktadır. Diğer birçok dekor boyası ve altın yaldız bileşiklerinde de eritici olarak görev alırlar (Arcasoy, 1983: s. 201).

2.2.3.4. Gümüş Nitrat (AgNO_3)

Kimyasal formülü AgNO_3 olan gümüş nitrat suda çözülen, renk içermeyen kristal yapıda bir metal tuzudur. Zararlı bir kimyasal olmasından dolayı kullanırken çok dikkatli olunmalıdır ve kesinlikle eldivensiz kullanılmamalıdır.

Gümüş nitratin seramik sırlarına eklenmesiyle, pişirim sırasında Ag^+ iyonları, sırrın içindeki alkali metallerin iyonlarıyla (örneğin Na^+ ve K^+) reaksiyonuna girerek değişime uğrar. Bu süreç, gümüş iyonlarının sırrın içine difüze olmasını sağlar. İndirgen atmosferde, gümüş iyonları metalik gümüşe indirgenerek, yüzeyde parlak ve metalik bir lüster efekti oluşturmaktadır. Bu mekanizma, erken İslam dönemine ait seramiklerde de gözlemlenmiştir (Pradell. vd. 2006: s. 206)

Gümüş nitratin tek başına kullanımı, düşük sıcaklıkta oksijenli fırın ortamında herhangi bir renk değişimi sağlayamamaktadır. Buna bağlı olarak oksijenli fırın ortamında gümüş nitrat, sarı renk oluşmasını sağlayabilir. Diğer renklendiricilerle birleştirilen gümüş nitrat çeşitli renkler oluşturur. Gümüş nitrat çok buharlaşır ve bu eğilimden dolayı sır içinde dağınık kümeler şeklinde kendini gösterir. Gümüş nitrat, kobalt içeren sır bileşiminde mavi-yeşil lüster etkisi, kurşunlu sır bileşimlerinde ise sarı renk geçişli lüster etkisi, uranyum içeren sır bileşimlerinde ise siyah lüsterli gümüş renk geçişli etkiler oluşturmaktadır. Selenyumlu ve bizmutlu sır içeriğindeki gibi indirgen ortamda gümüş nitrat, gri ve altın sarısı rengini oluşturmaktadır. Gümüş bileşikleri düşük sıcaklarda soğuma esnasında indirgen ortamda lüster etkisi vermektedir (Güzelgün, 2012: s. 52-53).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. ÇAMUR SEÇİMİ VE ŞEKİLLENDİRME

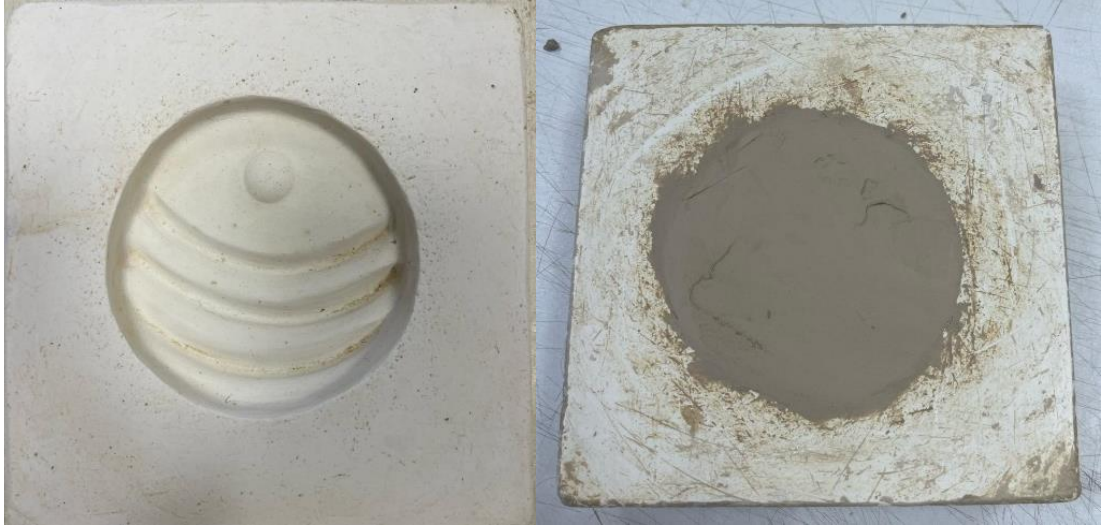
3.1.1. Çamur Tercihleri

Bu çalışmada sırların uygulanacağı deneme tabletlerinin hazırlaması beyaz çamur (akçini) ve şamotlu çamur “Refsan” firmasından, stoneware (pekişmiş çini) çamuru ise “Hanterra” firmasından temin edilmiştir. “Refsan” marka beyaz seramik çamurunun kimyasal analizi şu şekildedir: SiO₂: % 50,4, Al₂O₃: % 20.6, Fe₂O₃: % 1.0, TiO₂: % 0.7, CaO: % 10.7, MgO: % 0.4, Na₂O: % 0.5, K₂O: %1.1, A.Z.: %14.4. Küçülme oranı ise % 6’dır. “Refsan” marka şamotlu çamurun pişme rengi sarı-pembe olarak belirtilmiştir. Küçülme oranı sıcaklık değişimlerine göre % 7-10 arasındadır. “Hanterra” firmasından temin edilen stoneware çamurunun özellikleri ve kimyasal analizi şu şekildedir: SiO₂: % 75.7, TiO₂: % 1.50, Al₂O₃: % 19.0, Fe₂O₃: % 0.80, CaO: % 0.20, MgO: % 0.30, K₂O: % 2.30, Na₂O: % 0.20. Küçülme oranı ise % 6.3 olarak verilmiştir.

Kırmızı çamurun ısıl şoklara karşı direnci olmadığı için bu çamur çeşidi bu çalışmada tercih edilmemiştir.

3.1.2. Kalıp ve Deneme Tabletleri Hazırlama

Bu çalışmada deneme tabletlerini hazırlamak için bir model oluşturulur. Daha sonra bu modelin alçı kalıbı alınır. Kalıp için “Baldudak” marka alçı “Refsan” firmasından temin edilmiştir. Alçı kalıp, dökümü yapılarak sertleşmesi beklenir. Hazırlanan model, alçı kalıp içinden çıkarılır ve kalıp temizlenir. Rötüşlama işleminden sonra kalıp, kurumaya bırakılır. Alçı, içindeki nemi tamamen attıktan sonra deneme tabletlerinin çoğaltılma sürecine geçilir. Kalıp içerisine plastik çamur basılarak deneme tabletleri şekillendirilir. Şekillendirilen deneme tabletleri oda sıcaklığında kurumaya bırakılır. Kuruyan deneme tabletlerini bisküvi pişirimine hazırlamak için çapaklı kısımları zımpara yardımıyla rötüşlenir.



Görsel 5: Hazırlanan Alçı Kalıp ve Vakumlu Çamurun Kalıp İçine Basılması



Görsel 6: Akçini Çamurundan Elde Edilen Deneme Tabletleri

Laboratuvarda bulunan deneme fırınına yerleştirilen deney tabletleri, bisküvi pişirim aşaması için hazır hale getirilmiştir.

3.2. SIR HAZIRLAMA VE HAMMADDE SEÇİMİ

3.2.1. Reçete Hesaplamaları

Seğer reçete hesaplamaları için öncelikle şeffaf sır reçetesi oluşturmak istenmiştir. Bazı şeffaf sır reçeteleri incelendikten sonra, temel olarak alkali, bor ve kurşun içeren sır reçeteleri hazırlanır. Reçete hazırlarken silika, feldspatlar, kaolin ve metal oksitlerin sırlara kattığı özellikler göz önünde bulundurularak üç temel reçete oluşturulur. Reçeteyi oluşturacak hammaddeler yüzdelik (%) oranlarla belirtilir. Reçeteye katılan bütün hammaddelerin toplamı yüzde yüz (%100) olacak şekilde belirlenir.

Reçete 1

%20 Üleksit ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)	%10 Kaolen ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
%20 Boraks ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	%5 Çinko Oksit (ZnO)
%15 Sodyum Feldspat ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)	%5 Dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)
%20 Potasyum Feldspat ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)	%5 Kuvars (SiO_2)

Tablo 1: Reçete 1 içinde Yer Alan Hammaddeler

Reçete1'in Seger formülünün hesaplanması: Öncelikle kullanılan hammaddelerin molekül ağırlıkları yazılmadır.

Hammadde	Molekül Ağırlığı
Üleksit ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)	739g/mol
Boraks($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	381g/mol
Sodyum Feldspat ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)	524g/mol
Potasyum Feldspat($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)	556g/mol
Kaolen($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	258g/mol
Çinko Oksit (ZnO)	81g/mol
Dolomit($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)	184g/mol
Kuvars(SiO_2)	60g/mol

Tablo2: Hammadeler ve Molekül ağırlıkları

Hammaddelerin reçete içindeki yüzde oranları, molekül ağırlıklarına bölünür ve reçete içinde, bileşiği oluşturan oksitlerin kaç mol yer aldığı tespit edilir. Şu şekilde hesaplama yapılır.

%20 Üleksit ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$) için hesaplama: $20/739 = 0,027$

%20 Boraks ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) için hesaplama: $20/381 = 0,052$

%15 Sodyum Feldspat ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) için hesaplama: $15/524 = 0,028$

%20 Potasyum Feldspat ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) için hesaplama: $20/556 = 0,035$

%10 Kaolen ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) için hesaplama: $10/258 = 0,038$

%5 Çinko Oksit (ZnO) için hesaplama: $5/81 = 0,061$

%5 Dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) için hesaplama: $5/184 = 0,027$

%5 Kuvars (SiO_2) için hesaplama: $5/60 = 0,083$

Çıkan sonuç, hammaddeyi oluşturan oksitlerin mol sayıları ile çarpılır. Aşağıdaki tabloda hesaplamalar gösterilmektedir.

Ham.	Mol	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	ZnO	Al_2O_3	SiO_2	B_2O_3
Üleksit	0,027	0,027	-	0,054	-	-	-	-	0,135
Boraks	0,052	0,052	-	-	-	-	-	-	0,104
NaFelds.	0,028	0,028	-	-	-	-	0,028	0,171	-
KFelds.	0,035	-	0,035	-	-	-	0,035	0,21	-
Çinko O.	0,061	-	-	-	-	0,061	-	-	-
Dolomit	0,027	-	-	0,027	0,027	-	-	-	-
Kaolen	0,038	-	-	-	-	-	0,038	0,077	-
Kuvars	0,083	-	-	-	-	-	-	0,083	-
Toplam		0,107	0,035	0,081	0,027	0,061	0,101	0,541	0,239

Tablo 3: Hammadde Bileşiklerinin Mol Dağılımları

Bazik oksitlerin toplamı yani Na₂O, K₂O, CaO, MgO, ZnO

$$0,107 + 0,035 + 0,081 + 0,027 + 0,061 = 0,311$$

$$\text{Na}_2\text{O}: 0,107/0,311 = 0,344$$

$$\text{K}_2\text{O}: 0,035/0,311 = 0,112$$

$$\text{CaO}: 0,081/0,311 = 0,260$$

$$\text{MgO}: 0,027/0,311 = 0,086$$

$$\text{ZnO}: 0,061/0,311 = 0,196$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3: 0,101/0,311 = 0,324$$

$$\text{SiO}_2: 0,541/0,311 = 1,739$$

$$\text{B}_2\text{O}_3: 0,239/0,311 = 0,768$$

Reçete 1'in Seger Formülasyonu bu şekilde hesaplanmıştır.

0,34 Na₂O

0,11 K₂O

1,73 SiO₂

0,26 CaO

0,32 Al₂O₃

0,76 B₂O₃

0,09 MgO

0,20 ZnO

Seger formülde yer alan metal oksitlerin, ergiticilik katsayılarına göre hesaplamalar yapılarak 1000 °C'de ergime gösterip göstermediğine dair hesaplamalar Tablo 4 ve Tablo 5'den faydalanarak yapılmıştır.

Kimyasal Formülü	Ergiticilik Katsayısı
PbO	2,00
B ₂ O ₃	1,00
Sb ₂ O ₃	1,00
Na ₂ O	0,88
K ₂ O	0,88
ZnO	0,60
MgO	0,54
CaO	0,58
BaO	0,60
Al ₂ O ₃	0,32
SiO ₂	0,38
ZrO ₂	0,32
SnO ₂	0,38
Fe ₂ O ₃	0,60
MnO	0,60
CuO	0,60
TiO ₂	0,38

**Tablo 4: Sırlarda Kullanılan Oksitlerin Ergiticilik Katsayısı
Seramik Sırının Sırrı (Taçyıldız, 2018: s.59)**

Ergime Sıcaklığı (°C)	Ergiticilik Katsayısı
1000	58,00
1050	55,00
1100	49,00
1160	46,00
1200	45,50
1280	36,00
1300	35,00
1350	32,00
1450	26,00
1500	20,00

**Tablo 5: Sırlarda Ergiticilik Katsayısı- Ergime Sıcaklığı İlişkisi
Seramik Sırının Sırrı (Taçyıldız, 2018: s.60)**

Seğer formülünde yer alan her bir bazik oksitin, B_2O_3 ve Sb_2O_3 'ün mol sayıları kendilerine ait ergiticilik katsayısı ile çarpılarak toplanır ve $Y = RO$ (bazik oksitler)+ ($B_2O_3 + Sb_2O_3$) değerleri bulunur. Al_2O_3 , SiO_2 , ZrO_2 , TiO_2 , SnO_2 kendilerine ait ergiticilik katsayısı ile çarpılarak toplanır ve X değeri bulunur (Taçyıldız, 2018: s. 58).

$$Na_2O: 0,344 \times 0,88 = 0,302$$

$$K_2O: 0,112 \times 0,88 = 0,098$$

$$CaO: 0,260 \times 0,58 = 0,150$$

$$MgO: 0,086 \times 0,54 = 0,046$$

$$ZnO: 0,196 \times 0,60 = 0,117$$

$$Al_2O_3: 0,324 \times 0,32 = 0,103$$

$$SiO_2: 1,739 \times 0,38 = 0,660$$

$$B_2O_3: 0,768 \times 1 = 0,76$$

Bulunan değerler, ergiticilik katsayısı formülünde yerine konularak ergiticilik katsayısı bulunur.

$$\text{Ergiticilik Katsayısı} = 100 \times Y / (X + Y)$$

$$\text{Ergiticilik Katsayısı} = 100 \times 1,473 / (0,763 + 1,473) = 65.87$$

Bulunan değer, Tablo 5' deki değerlerin karşılığında yer alan ergime sıcaklığı değerleri ile karşılaştırılarak sağlanması yapılır.

Örnek hesaplamalar dikkate alınarak sır reçetesi oluşturmak için iki hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Öncelikli olarak hammaddeler seçilerek, seçilen hammaddelerin oluşturduğu sırın seger formülü hesaplanır. Sırın, sıcaklık, parlaklık ve opaklık gibi özellikleri düşünülerek, metal oksitlerin sıra kattığı özellikler de göz önünde bulundurulur ve seger formülü istenilen sır niteliğini ortaya çıkacak şekilde değiştirilir. Sonrasında sır reçetesi yeniden düzenlenir. İstenen sır şeffaf-parlak ve parlak-opak özelliklerde olup, sır reçeteleri buna göre oluşturulmuştur. Kurşunlu, alkali-borlu, borlu-kurşun üç sır reçeteleri seçilmiştir. Sır reçetelerinin seger formülasyonları Tablo 6’da gösterilmiştir.

Bazik Oksitler Reçete 1 Seger Formülasyonu	Amfoter Oksitler	Asidik Oksitler	Sır Pişirimi Yapıldıktan Sonraki Görüntüsü
0,34 Na ₂ O 0,11 K ₂ O 0,26 CaO 0,09 MgO 0,20 ZnO	0,32 Al ₂ O ₃	1,73 SiO ₂ 0,76 B ₂ O ₃	
Reçete 2 Seger Formülasyonu			
0,35 PbO 0,65 Na ₂ O	0,2 Al ₂ O ₃	2 SiO ₂ 0,9 B ₂ O ₃	
Reçete 3 Seger Formülasyonu			
0,73 PbO 0,12 Na ₂ O 0,15 K ₂ O	0,35 Al ₂ O ₃	3,2 SiO ₂	

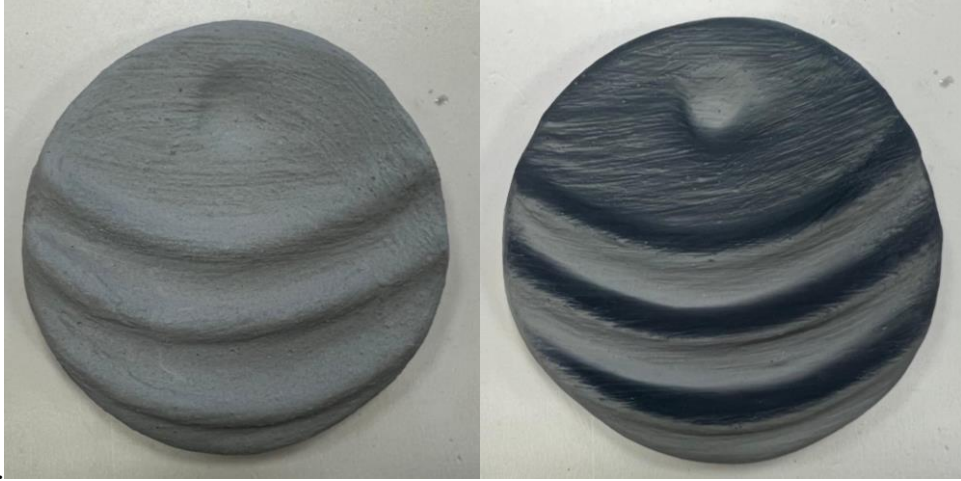
Tablo 6: Seçilen Reçetelerin Seger Formülasyonu

Hesaplanan sonuçlara göre 20g olarak katı tartımı yapılan sırlara, çeşitli metal oksitler %1, %2, %3, %4, %5, %10 ve %20 gibi oranlarda sır reçetesi içerisine ilave edilir ve yaklaşık 10ml su eklenerek 20 dakika boyunca bilyalı değirmende öğütülür.

Deneme aşamasında hazırlanan sırlar kodlanmıştır. Reçete 1; 1R, reçete 2; 2R, reçete 3; 3R şeklinde kodlanmıştır. İlk olarak sır içine eklenen oksitler 1R1, 1R2 vd. şeklinde kodlandı. Ayrıca ilk deney aşamasında bakır oksidin kimyasal sembolü “Cu”, kobalt oksit “Co”, mangan oksit “M”, demir oksit “D” ve gümüş nitrat “S” olarak kodlandı. Daha sonra seçilen örnekleme yapılan numuneler, yine reçete kodları olarak 1R, 2R ve 3R şeklinde kodlanırken, reçete içine katılan oksitler, mangan oksit “M”, demir oksit “D”, bakır oksit “B”, krom oksit “K” ve kobalt oksit “C” olarak kodlanmıştır. Oksitlerin reçete içinde artan oranları “1” ve “2” şeklinde kodlanmıştır. Hazırlanan sırlar fırça yardımıyla bisküvi pişirimi yapılmış deneme tabletleri üzerine uygulanmıştır. Daha sonra aynı sır reçeteleri içine %1, %2 ve %4 oranlarında gümüş nitrat (AgNO_3) ilave edilerek tekrar fırça yardımıyla bisküvi pişirimi yapılmış deneme tabletleri üzerine uygulanmıştır.



Görsel 7: Sırların Fırça Yardımıyla Uygulanması İşlemi



**Görsel 8: Gümüş Nitrat (AgNO_3)
İçermeyen Sır Denemesinin
Pişirim Öncesi Görüntüsü**

**Görsel 9: Gümüş Nitrat (AgNO_3)
İçeren Sır Denemesinin
Pişirim Öncesi Görüntüsü**

Aynı sır reçetesinin gümüş nitrat (AgNO_3) içeren ve gümüş nitrat (AgNO_3) içermeyen numunelerin pişirim öncesi görüntüsü Görsel 8 ve Görsel 9’ da gösterilmiştir. Henüz sır pişirimine girmediği halde bile gümüş nitrat içeren deneme tabletlerinin yüzeyinde bir birikmenin yaşandığı gözlemlenmiştir.

3.2.2. Reçete Hesaplamalarına Göre Seçilen Hammaddeler ve Araç Gereçler

Sırları hazırlamak için kullanılan hammaddeler şu şekildedir: Esan marka 63 mikron olarak öğütülmüş Kuvars, “Seramik Sır” markasından satın alınan Uşak kaoleni ve diğer bütün hammaddeler ise “Refsan” firmasından temin edilmiştir. Metal oksitler “Refsan” markasından satın alınmış fakat Gümüş Nitrat “Nanokar” firmasından temin edilmiştir.

Sırların hazırlanmasında “Kocaeli Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümü Teknoloji Laboratuvar” ında bulunan havan, elek ve porselen potlar kullanılmıştır. Sırların öğütülmesi ise bu bu laboratuvarda bilyalı değirmende gerçekleştirilmiştir.

3.3. PİŞİRİM AŞAMASI

3.3.1. Bisküvi Pişirimi Aşaması

Beyaz çamur, şamotlu çamur ve stoware çamuru kullanılarak hazırlanan deneme tabletleri, kurutma ve rötuşlama aşamasından sonra bisküvi pişirimi için “Kocaeli

Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümü Teknoloji Laboratuvar” ında bulunan elektrikli deneme fırınına yerleştirilir. Sonrasında bisküvi pişirimi işlemi 1000°C yapılmıştır.

Bisküvi pişirimi için uygulanan fırın rejimi aşağıdaki şekilde uygulanmıştır.

240 dk. → 500°C

60 dk. → 600°C

60 dk. → 800°C

60 dk. → 1000°C

1000°C de 20 dakika bekleme

Serbest Soğuma



Görsel 10: Çalışmada Kullanılan Elektrikli Kamara Fırının Dışı Ve İçi

3.3.2. Sır Pişirimi Aşaması

Reçete hesaplamaları üzerinden tartımları yapılarak sırlar hazırlanmıştır. Beyaz, şamotlu ve stoneware çamurdan elde edilen ve 1000°C’ de bisküvi pişirimi yapılmış deneme tabletleri üzerine, fırça yardımıyla uygulanmıştır. Sır pişirimi için deneme tabletleri, elektrikli fırın ve gazlı fırında pişirim yapmak üzere hazırlanmıştır.

Öncelikle temiz bir yanma atmosferi sağlayan elektrikli fırında pişirim gerçekleştirilmiştir. Yükseltgen yani oksijenli ortamda pişirim işlemi yapılmak üzere, deneme tabletleri fırının içine yerleştirilir. Seger formülüne göre 1000°C’de hazırlanan sırlı numuneler, pişirim işlemi için aşağıdaki fırın rejimi uygulanmıştır.

Elektrikli Fırında Uygulanan Sır Pişirim Rejimi

180 dk. → 500°C

60 dk. → 600°C

60 dk. → 1000°C

1000°C de 20 dakika bekleme

Serbest Soğuma

Soğuma işleminden sonra ortaya çıkan sonuçlar, araştırma sonuçları kısmında değerlendirilecektir.

İndirgen atmosfer pişirimi için üniversitemizde bulunan gazlı fırın kullanılmıştır. Elektrikli fırın için hazırlanan numunelerin aynı reçeteleri ve aynı örnekleri gazlı fırın pişirimi için de hazırlanmıştır. Gazlı fırın pişirimi için numuneler fırın içine, fırının ateşlemesini sağlayan brülörden çıkan gaz ve ateş temasından uzak bir yükseklikte bulunacak şekilde yerleştirilir. Gazlı fırın pişiriminde kontrol çok önemlidir. Tüpten gelen gaz sürekli ayarlanarak kontrollü bir sıcaklık artışı sağlanmalıdır. Gaz kontrolü, fırın rejimi için fırın sıcaklığı 2 saatte 1000°C’ ye yükselecek şekilde ayarlanmıştır. Gazlı fırında uygulanan fırın rejimi aşağıda gösterildiği gibi uygulanmıştır.

Gazlı Fırın Rejimi

15 dk. → 200°C

15 dk. → 400 °C

15 dk. → 500 °C

30 dk. → 600 °C

15 dk. → 800 °C

15 dk. → 1000 °C

1000°C ‘de 15 dk. Bekleme

İndirgeme (redüksiyon) işlemi için metal varil içerisine talaş, gazete kağıdı, kuru dal, kuru yapraklar, soğan kabuğu, mandalina-portakal kabuğu ve ceviz-fındık-fıstık kabukları gibi organik artıklar yerleştirilerek gazlı fırın pişiriminin bitmesi beklenir.



Görsel 11: Redüksiyon İşlemi İçin Hazırlanan Metal Varil

Fırın rejimi tamamlandığında fırın kontrollü bir şekilde 850°C' ye kadar soğutma işlemine tabi tutulur. 850 °C'de fırının kapağı açılarak numuneler metal maşa yardımıyla, redüksiyon işlemi için önceden hazırlanmış metal varil içerisine yerleştirilerek kapağı kapatılır. Metal varil içerisine yerleştirilen numuneler 20 dk. boyunca redüksiyon işlemine tabi tutulur.



Görsel 12: Deneme Tabletlerinin Fırının İçinden Metal Maşayla Alınması İşlemi



Görsel 13: Metal Varil İçine Yerleştirilen Deneme Tabletleri



Görsel 14: Redüksiyon İşlemi İçin Kapağı Kapatılan Metal Varil

Redüksiyon işlemi tamamlandıktan sonra metal varilin kapağı açılarak soğumaya bırakılır. Soğuyan deneme tabletleri metal varilin içinden çıkartılır ve kül artıklarından temizlenir. Temizleme işlemi çok hassas bir şekilde yapılmalıdır. Temizleme işlemi için yumuşak nemli bir sünger tercih edilmiştir. Sert keçe gibi dokulara sahip materyaller sır yüzeyine değdirilmemelidir. Aksi halde yüzeydeki metalik tabaka zarar görür. Çıkan sonuçlar araştırma sonuçlarında değerlendirilecektir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Gümüş Nitrat içeren sırların, yükseltgen ve indirgen ortamdaki davranışlarını ortaya koymak için çeşitli denemeler üzerinden analizler yapılmıştır. Aynı zamanda, aynı sır reçetelerinin, gümüş nitrat (AgNO_3) ilavesi öncesi ve sonrası, indirgen ve yükseltgen atmosferdeki farkları analiz edilmiştir. Bu sır reçeteleri, akçini çamuru, şamotlu çamur ve stoneware çamurundan hazırlanan, bisküvi pişirimleri 1000°C ' de yapılmış numuneler üzerine uygulanarak, farklı etkiler ortaya çıkarıp çıkarmadığıyla ilgili tespitler yapılmıştır. Temel birkaç sır reçetesi içine, çeşitli renk veren metal oksit ilaveleri ve gümüş nitrat (AgNO_3) katısıyla da hangi metalik etkilerin ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

Borlu-Alkalili sır reçetesi, yarı parlak ve yarı opak özelliklerdedir. Bu sır reçetesi içine katılan CuO , elektrikli fırında yükseltgen ortam pişiriminde yeşil-turkuaz etkiler vermiştir. Gazlı fırında pişirilen numunelerin redüksiyon işleminden sonra, kahve-kırmızı-sarı tonlu renk etkileri ortaya çıkardığı görülmüştür. Fakat metalik etki vermemiştir. Bakırın (Cu) farklı bileşiği olan sülfat, nitrat ve klorür yapıları, bakır oksit (CuO) ile birlikte kullanıldığında kahve bakır, yer yer gri metalik ve hafif gökkuşağı efektleri oluşmuştur. Aynı sır reçetesinin gümüş nitrat katkısıyla birlikte, yükseltgen ortam pişiriminde yeşil-turkuaz renk aynı kalmış, fakat sırn ergimesini arttırarak yüzeye parlak bir görüntü vermesini sağlamıştır. Redüksiyon işleminden sonra gümüş nitrat içeren bu reçete, gümüş nitrat içermeyen numuneye göre metalik altın sarısı ve hafif gökkuşağı etkileri ortaya çıkarmıştır. Bor ve alkali içeren bu reçetede %10 CuO oranı yüzeye yeşil renk verirken, CuO oranı arttıkça (%20) yükseltgen ortamda gri-gümüş metalik etkiyi ortaya çıkarmıştır. Redüktif ortamda ise yoğun CuO gri metalik etkinin yanı sıra kırmızı etkileri de ortaya çıkardığı gözlemlenmiştir.

Bor ve alkali içeren sır reçetesine gümüş nitrat ve MnO ilavesiyle oksidatif ortamda açık kahveden koyu kahveye doğru renk etkileri ortaya çıkarmıştır. Redüksiyonlu ortamda ise parlak altın sarısı etki net olarak gözlemlenmiştir. CoO katkısı yükseltgen ortamda mavi-lacivert renk ortaya çıkarırken, redüksiyon işlemi sonrasında mor-lila, gümüş ve altın sarısı etkileri ortaya çıkarmıştır. Aynı gümüş

nitratlı reçeteye demir oksidin (Fe_2O_3) artan katkı oranlarına bağılı olarak yükseltgen ortam pişiriminde daha koyu tonlarda sarı-kahve ve siyaha çalan renk tonları ortaya çıkarken, indirgen ortamda kahve-sarı-lila gibi metalik etkiler oluşturduğu görülmüştür. Yükseltgen ortam pişiriminde, krom oksit katkısı ise açık yeşilden koyu yeşile varan renk tonları oluşurken, indirgen ortamda gümüş nitrat içermeyen örneklerde metalik etki ortaya çıkmamış, fakat gümüş nitrat içeren krom oksitli kompozisyonlarda gri metalik, yer yer gökkuşağı yansımaları olduğu görülmüştür.

Kurşunlu sırlar parlak ve şeffaf özellikler göstermektedir. Kurşunlu-borlu ve kurşunlu-alkalili iki sır reçetesinden en iyi sonuç kurşunlu-borlu sır reçetesi ile elde edilmiştir. Kurşunlu-alkalili sır reçetesinde %2 'den fazla oranda krom oksit içeren denemelerde köpürme gerçekleşmiştir. Bu sorunun giderilmesi için uşak kaoleni yerine grolleg kaolen kullanılmıştır. Fakat yeni denemelerde sırn ergimesi azalmıştır. Sırda matlık ortaya çıkmıştır. Fakat sır mat olsa da redüksiyon işlemi sonrasında farklı bir artistik etki ortaya çıkarmıştır.

Kurşunlu sırların içine ilave edilen CuO oranlarının, borlu-alkalili sırlara kıyasla, yükseltgen ortamda daha az katkı oranlarıyla (%10) bile gri-gümüş metalik etki ortaya çıkardığı gözlemlenmiştir. İndirgen ortamda CuO katkısı, gümüş nitrattan bağımsız olarak kahve-kızıl-bakır metalik etki ortaya çıkarmış ve gümüş nitrat ilavesi ile de kahve-bakır etkinin daha fazla arttığı gözlemlenmiştir. Bakır oksit ve krom oksit birlikte kullanıldığında ise krom oksitten kaynaklı kızıl-kahve renk, daha belirginleşmiştir. Krom oksit (Cr_3O_4), redüksiyonda kızıl kahve tonu verirken, gümüş nitrat içeren kurşunlu reçetelerde, yeşile dönük altın yansımalar oluşturmuştur. Demir oksidin (Fe_2O_3) %3' e kadar katkısı ve gümüş nitrat ilavesiyle, yükseltgen ortamda sarı renk oluşturmuştur. İndirgen ortamda gümüş nitrat içeren numune yine MnO ' de olduğu gibi altın sarısı etki göstermiştir.

Kurşunlu sır reçetelerinde CoO , MnO ve Fe_2O_3 , gümüş nitrat ile birlikte kullanılmıştır. Yapılan denemelerde, bu oksitlerin redüksiyon işleminde metalik etki ortaya çıkarmadığı için gümüş nitrat ilavesi yapılarak indirgen ortam pişirimleri gerçekleştirilmiştir. Gümüş nitrat, altın ve gökkuşağı etkileri ortaya çıkarmıştır. Kurşunlu sırlarda yükseltgen ortamda CoO katkısı parlak mavi renk ortaya çıkarırken,

redüksiyon ortamında altın sarısı ve mavimsi etkiler ortaya çıkarmıştır. MnO katkısı yükseltgen ortamda kahve tonları, indirgen ortamda altın sarısı etki ortaya çıkarır.

Bu reçeteler, akçini çamurunda ve beyaz stoware çamurunda benzer etkiler gösterirken, şamotlu çamurun gözenekli ve dokulu yapısından kaynaklı altın sarısı, gümüş ve gökkuşağı etkileri daha az ortaya çıkmıştır. Şamotlu çamur bünyeler gözenekli yapısından kaynaklı, sırtı bünyesi içine çekerek yüzeydeki sırtı inceltmiş ve bundan dolayı da efektler azalmıştır. Dokulu yapısından dolayı yüzeydeki ışık kırılımı azaldığı için parlaklık diğer iki çamur türüne göre daha azdır. Bunun bir diğer sebebi de, şamotlu çamurun içinde bulunan pişmiş parçalar, zaten ara tabaka oluşumunu tamamladığı için sırt ile bünye arasında, pişirim sırasında oluşan ara tabakanın az olması sebebiyle, metal iyonlarının yüzeye doğru hareketini azaltarak, yüzeyde lüster oluşumunu engellemesidir. Fakat sırt daha kalın uygulandığında yüzeydeki yansımalar artmıştır. Seçilen denemeler tek tek aşağıdaki şekilde analiz edilmiştir.

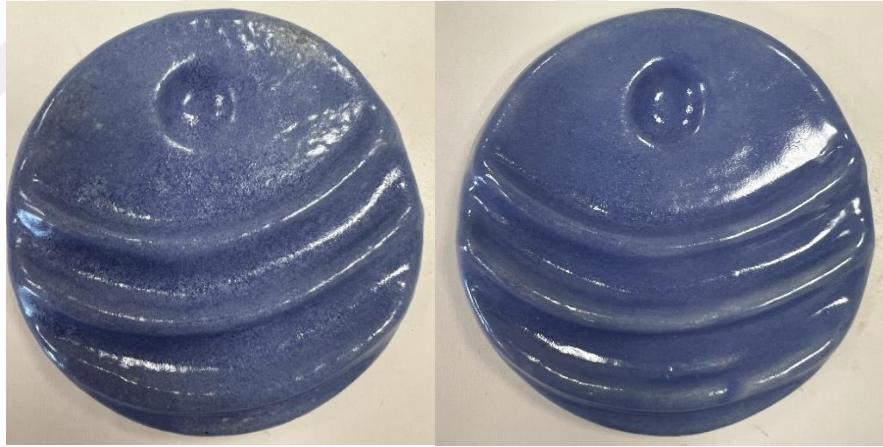
4.1. SONUÇLARDAN ÖRNEKLER

4.1.1. 1RC1 Kodlu Numune

Reçete 1 içine %0,5 kobalt Oksit(CoO) ilave edilmiştir.

0,34 Na ₂ O			
0,11 K ₂ O		1,73 SiO ₂	+ %0,5 CoO
0,26 CaO	0,32 Al ₂ O ₃	0,76 B ₂ O ₃	+ %5 AgNO ₃
0,09 MgO			
0,20 ZnO			

Elektrikli fırında, akçini çamurundan hazırlanan numunenin, yükseltgen ortam pişirimi gerçekleştirilmiş ve %0,5 kobalt oksit ilavesi mavi-lacivert etki ortaya çıkarmıştır. Görsel 15' de gösterilmiştir. Aynı reçeteye %5 gümüş nitrat (AgNO₃) ilave edildiğinde parlaklığın çok belirgin oranda arttığı tespit edilmiştir. %5 gümüş nitrat (AgNO₃) içeren akçini çamurundan elde edilen numune Görsel 16' da gösterilmiştir.



**Görsel 15: 1RC1 Kodlu Sır
Beyaz Çamur Bünye
Oksidasyon**

**Görsel 16: 1RC1 Kodlu Sır +%5 AgNO₃
Beyaz Çamur Bünye
Oksidasyon**

Yine akçini çamurundan yapılan numuneler, gazlı fırın pişirimi sonrasında redüksiyon işlemine tabi tutulmuş ve aynı sır reçetelerinden %5 gümüş nitrat (AgNO₃) içeren numune Görsel 17' de gösterilmiştir. Parlak altın sarısı yansımaların yanı sıra gökkuşağı etkisi, pembe-turuncu ve yer yer koyu metalik parlaltıların ortaya çıktığı görülmektedir.



Görsel 17: 1RC1 Kodlu Sır + %5 AgNO₃ Beyaz Çamur Bünye - Redüksiyon

Şamotlu çamurdan yapılan numuneler, diğer örneklerde olduğu gibi bünye rengi ve dokusunun pürüzlü yapısından kaynaklı, birkaç ton koyu renk etkisi ortaya çıkarır. Dokulu yapısı sayesinde farklı artistik etkiler verir. Görsel 18’ de gösterilmiştir. Akçini çamurundaki metalik etkilerin benzerlerine şamotlu çamur bünyenin yüzeyinde de rastlanmıştır. Altın sarısı, lila ve gümüş etkileri karışık bir şekilde ortaya çıkmıştır. Stoware çamuru numuneleri akçini numuneler ile benzerlik gösteririr.



Görsel 18: 1RC1 Kodlu Sır + %5 AgNO₃ Şamotlu Çamur Bünye – Redüksiyon

4.1.2. 1RC2 Kodlu Numune

Bu örnekte Reçete 1 içine %2 kobalt Oksit (CoO) ilave edilmiştir.

0,34 Na ₂ O		
0,11 K ₂ O		1,73 SiO ₂ + %2 CoO
0,26 CaO	0,32 Al ₂ O ₃	0,76 B ₂ O ₃
0,09 MgO		
0,20 ZnO		

Elektrikli fırında, yükselten (oksidasyon) ortam pişirimi, gümüş nitrat ilavesi olmadan ve %4 gümüş nitrat (AgNO₃) ilavesiyle yapılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar, gümüş nitrat (AgNO₃) içermeyen örnekte ergime sorunu ortaya çıkmasına rağmen, %4 gümüş nitrat (AgNO₃) ilavesi sonrası her ne kadar metalik bir yansıma elde edilmemiş görünse de ergimesini artırarak parlak bir görüntüye ulaşmasını sağlamıştır. Akçini çamurundan elde edilen numune örnekleri Görsel 19 ve Görsel 20’ de gösterilmiştir.



**Görsel 19: 1RC2 Kodlu Sır
Çamur Bünye- Oksidasyon**



**Görsel 20: 1RC2 Kodlu Sır + %4 AgNO₃
Beyaz Çamur Bünye – Oksidasyon**

Aynı reçetelerden oluşturulan numuneler, indirgen (redüksiyon) ortam pişirimine tabi tutulmuştur. Gümüş nitrat (AgNO₃) içermeyen numuneden herhangi bir metalik efekt alınamamıştır. Bunun yanı sıra %4 gümüş nitrat (AgNO₃) içeren numune, altın yanar-dönerli, alttan mavimsi etkinin yansıdığı bir görüntü ortaya çıkmıştır.



Görsel 21: 1RC2 Kodlu Sır + %4 AgNO₃ Beyaz Çamur Bünye- Redüksiyon

Stoneware (yüksek derece) çamurundan elde edilen örnekler, stoneware çamurunun beyaz olmasından kaynaklı olarak beyaz akçini çamurundan elde edilen örneklerle benzerlik göstermiştir.

Şamotlu çamurdan elde edilen numuneler, bünye renginin farklı olmasından ve bünyesinde bulunan şamottan (grog) kaynaklı, yüzeyinde pürüzlü bir görüntü oluşturmuştur. Bu pürüzlü yüzey, metalik yansımayı biraz kırmaktadır. Görsel 22' de görüldüğü gibidir. Gazlı fırın pişiriminde, pişirim kaynaklı sır yüzeyinde bir miktar kabarcıklar oluştuğu gözlenmiştir.



Görsel 22: 1R2C Kodlu Sır + %4 AgNO₃ Şamotlu Çamur Bünye- Redüksiyon

4.1.3. 1RC3 Kodlu Numune

Reçete 1 içine %3 kobalt oksit (CoO) ilave edilmiştir.

0,34 Na ₂ O			
0,11 K ₂ O		1,73 SiO ₂	+ %3 CoO
0,26 CaO	0,32 Al ₂ O ₃	0,76 B ₂ O ₃	+ %2 AgNO ₃
0,09 MgO			
0,20 ZnO			

1RC2 kodlu numuneye oranla kobalt oksit (CoO) oranı arttırılarak %3 oranına yükseltilmiştir. Yükseltgen ortam pıdıriminde, akçini bünyeler üzerinde yoğun mavi-lacivert tonu elde edilmiştir. Görsel 23' de gösterilir. Aynı reçeteye %2 oranında gümüş nitrat (AgNO₃) eklenerek yine akçini bünye üzerinde ergimenin arttığı gözlenmiştir. Görsel 24' de gösterilir.



**Görsel 23: 1RC3 Kodlu Sır
Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon**



**Görsel 24: 1RC3 Kodlu Sır + %2 AgNO₃
Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon**

Akçini bünyeler üzerine uygulanan redüksiyon (indirgen) işlemi sonrası %2 gümüş nitrat (AgNO₃) içeren numune, parlak altın sarısı etkilerin yanı sıra zeminden yansıyan, kobalt oksitin yarattığı mavi-mor ve lila tonları, yeşilimsi metalik etkiler ortaya çıkmıştır. Görsel 25' de gösterilmiştir.



Görsel 25: 1RC3 Kodlu Sır + %2 AgNO₃ Beyaz Çamur Bünye- Redüksiyon

Redüksiyon ortamından çıkan şamotlu numune Görsel 26’ da gösterilmiştir. Akçini bünyede çıkan sonuçlarla benzerlik gösterir. Altın sarısı, mor-lila etkiler yoğun olarak gözlenmiştir. Fakat yine şamotlu çamurun bünyesinden kaynaklı dokulu yüzey oluşmuştur. Bu da metalik yansımaların biraz daha az görümesine sebep olmaktadır. Stoneware çamur bünyeler ise akçini bünyeler ile hemen hemen aynı sonuçları vermiştir.



Görsel 26: 1RC3 Kodlu Sır + %2 AgNO₃ Şamotlu Çamur Bünye- Redüksiyon

4.1.4. 1RM1 Kodlu Numune

Reçete 1 içine %2 Mangan oksit (MnO) ve %3 Gümüş Nitrat (AgNO_3) ilave edilmiştir.

0,34 Na_2O			
0,11 K_2O		1,73 SiO_2	+ %2 MnO
0,26 CaO	0,32 Al_2O_3	0,76 B_2O_3	+ % 3 AgNO_3
0,09 MgO			
0,20 ZnO			

Akçini çamurundan elde edilen numunelerin yükseltgen (oksidasyon) ortam pişiriminde mangan oksiten kaynaklanan (MnO) açık kahverengi ton ortaya çıkmıştır. Gümüş nitratin (AgNO_3) renk olarak bir etki yaratmadığı, sadece parlaklığı arttırdığı diğer örneklerde de gözlemlendiği gibidir.



**Görsel 27: 1RM1 Kodlu
Beyaz Çamur Bünye
Oksidasyon**

**Görsel 28: 1RM1 Kodlu Sır + %2 AgNO_3
Beyaz Çamur Bünye
Oksidasyon**

İndirgen (redüksiyon) ortam pişiriminde mangan oksitin (MnO) zemindeki hafif kahve etkisi ve gümüş nitratin (AgNO_3) etkisiyle de parlak altın sarısı renk ortaya çıkmıştır. Görsel 29' da akçini çamuru üzerindeki etkileri gösterilmiştir. Stoneware çamurundan elde edilen numuneler akçini numuneler ile benzerlik gösterir.



Görsel 29: 1RM1 Kodlu Sır + %2 AgNO_3 - Beyaz Çamur Bünye- Redüksiyon

Şamotlu çamurdan yapılan numune Görsel 30’da gösterildiği gibi altın sarısı ve dokulu bir etki yaratmıştır.



Görsel 30: 1RM1 Kodlu Sır + %2 AgNO_3 – Şamotlu Çamur Bünye- Redüksiyon

4.1.5. 1RM2 Kodlu Numune

Reçete 1 içine %3 mangan oksit (MnO) ve %2 gümüş nitrat (AgNO₃) ilave edilmiştir.

0,34 Na ₂ O			
0,11 K ₂ O		1,73 SiO ₂	+ %3 MnO
0,26 CaO	0,32 Al ₂ O ₃	0,76 B ₂ O ₃	
0,09 MgO			
0,20 ZnO			

1RM1 Kodlu numuneye göre mangan oksit (MnO) oranı %1 arttırılmıştır. Yükseltgen (oksidasyon) ortam pişiriminde, 1RM1 kodlu numuneye oranla mangan oksitin (MnO) ortaya çıkardığı kahverengi yoğunluğu artmıştır. Akçini çamurundan elde edilen numune Görsel 31' de görülmektedir. Yine aynı reçeteye %2 gümüş nitrat (AgNO₃) ilave edilmiş ve parlaklığın arttığı, akçini bünye üzerinde Görsel 32' de gösterilmiştir.



**Görsel 31: 1RM2 Kodlu Sır
Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon**

**Görsel 32: 1RM2 Kodlu Sır+ %2 AgNO₃
Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon**

Akçini bünyeler, indirgeme (redüksiyon) işlemi sonrası Görsel 33' de görüldüğü gibi yoğun parlak altın sarısı, tam metalik etki ortaya çıkardığı tespit edilmiştir.



Görsel 33: 1RM2 Kodlu Sır + %2 AgNO₃ – Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon

Şamotlu çamur bünyeleri dokulu yapısından dolayı farklı etkiler ortaya çıkarır. Görsel 34’ de görülmektedir. Yine altın rengi yoğun ve baskındır. Fakat daha koyu tonlu ve dokulu bir yüzey elde edilmiştir. Stoneware bünyelerde akçini bünyeler ile benzerlik gösterir.



Görsel 34: 1RM2 Kodlu Sır + %2 AgNO₃ – Şamotlu Çamur Bünye- Redüksiyon

4.1.6. 1RB Kodlu Numune

Reçete 1 içine %10 CuO, %1 CuSO₄ ve %2 AgNO₃ ilave edilmiştir.

0,34 Na ₂ O			
0,11 K ₂ O		1,73 SiO ₂	+ %10 CuO
0,26 CaO	0,32 Al ₂ O ₃	0,76 B ₂ O ₃	+ %1 CuSO ₄
0,09 MgO			+ %2 AgNO ₃
0,20 ZnO			

Akçini çamur bünye ve şamotlu çamur bünye üzerine uygulanan 1RB kodlu sır numuneleri elektrikli fırında, yükseltgen ortam pışirimine tabi tutulmuştur. Akçini bünyede bakır oksit parlak yeşil ortaya koyarken şamotlu bünyede daha koyu yeşil ortaya çıkmıştır.

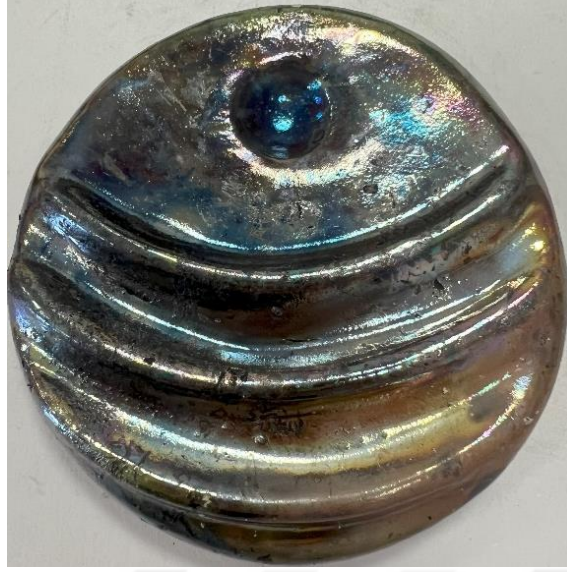


**Görsel 35: 1RB Kodlu Sır
Beyaz Çamur-Oksidasyon**



**Görsel 36: 1RB Kodlu Sır
Şamotlu Çamur Bünye-Oksidasyon**

Aynı sırn akçini bünyede, redüksiyon işlemi sonrası sonucu Görsel 37' de gösterilmiştir. Redüksiyon işlemi sonrası bünye yüzeyinde gümüş, altın ve gökkuşağı etkiler ortaya çıkmıştır. Bakır sülfat ve gümüş nitrat birlikte çok iyi sonuç ortaya çıkarmıştır.



Görsel 37: 1RB Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye - Redüksiyon

Şamotlu çamurdan elde edilen numunenin, redüksiyon işlemi sonucu Görsel 38’de gösterilmiştir. Gri metalik, çok hafif gökkuşağı etkisi ve yer yer yeşil, kırmızı yansımalar ortaya çıkmıştır. Bakır oksit ve metal tuzu olan sülfat formu, redüksiyonda kırmızı tonları ortaya çıkardığı görülmüştür. Ayrıca şamotlu bünye içinde bulunan az miktardaki demir iyonları, beyaz çamur bünyelerden farklı etkiler ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Stoneware bünyelerde çamurun beyaz olmasından kaynaklı akçini çamuru bünyeler ile benzer özellikler ortaya çıkarmıştır.



Görsel 38: 1RB Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye- Redüksiyon

4.1.7. 1RB1 Kodlu Örnek

Bu örnekte Reçete 1 içine %10 bakır oksit (CuO), %5 CuSO₄ ve %1 CuCl₂ ilave edilmiştir.

0,34 Na ₂ O			
0,11 K ₂ O		1,73 SiO ₂	+ %10 CuO
0,26 CaO	0,32 Al ₂ O ₃	0,76 B ₂ O ₃	+ %5 CuSO ₄
0,09 MgO			+ %1 CuCl ₂
0,20 ZnO			

Elektri,kli fırında yükselten (oksidasyon) ortam pişirimi, gümüş nitrat ilavesi olmadan ve %2 gümüş nitrat (AgNO₃) ilavesi eklenerek yapılmıştır. Sonuçta bakır oksitin (CuO) etkisiyle parlak yeşil bir renk tonu ortaya çıkmıştır. Aynı oranlardaki sır reçetesine %2 gümüş nitrat (AgNO₃) ilavesi sonrası ise metalik bir yansıma elde edilmese de sırn ergimesini artırarak daha da parlak bir görünüme kavuşmasını sağlamıştır. Akçini çamurundan elde edilen numune örnekleri Görsel 39 ve Görsel 40' daki gibidir.



**Görsel 39: 1RB1 Kodlu Sır
Beyaz Çamur Bünye
Oksidasyon**

**Görsel 40: 1RB1 Kodlu Sır+%2 AgNO₃
Beyaz Çamur Bünye
Oksidasyon**

%2 gümüş nitrat (AgNO₃) içeren numune, redüksiyon (indirgen) pişirimi Görsel 41'de gösterilmiştir. Oksidasyonlu (yükseltgen) pişiriminde yeşil görünen numune, redüksiyonlu pişirimde gri metalik etkiler ve bakır oksitin (CuO) Çin kırmızı sırlarda olduğu gibi redüksiyonlu pişirimde kırmızı etki ortaya çıkardığı gözlemlenmiştir.



Görsel 41: 1RB1 Kodlu Sır-Beyaz Çamur Bünye- Redüksiyon

Stoneware çamurundan hazırlanan numuneler, akçini çamurundan hazırlanan numuneler ile benzerlik göstermiştir. Şamotlu çamurdan hazırlanan numuneler bünyenin dokulu olasından kaynaklı farklı artistik etkiler ortaya çıkarmıştır. Bakır oksitin (CuO) indirgen ortamda metalik etki ortaya çıkarıp çıkarmadığının gözlemlenmesi için gümüş nitrat ve bakır tuzları içermeyen, %10 bakır oksit (CuO) içeren numune redüksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Metalik etkinin ortaya çıkmadığı gözlemlenmiştir.



Görsel 42: 1RB1 Kodlu Sır-Şamotlu Çamur Bünye- Redüksiyon

4.1.8. 1RB2 Kodlu Numune

Bu örnekte Reçete 1 içine %20 bakır oksit (CuO), %1 bakır sülfat (CuSO₄) ve %2 demir oksit (Fe₂O₃) ilave edilmiştir.

0,34 Na ₂ O			
0,11 K ₂ O		1,73 SiO ₂	+ %20 CuO
0,26 CaO	0,32 Al ₂ O ₃	0,76 B ₂ O ₃	+ %1 CuSO ₄
0,09 MgO			+ %2 Fe ₂ O ₃
0,20 ZnO			

Yükseltgen (oksidasyon) ortam pişiriminde, yoğun bakır oksit (CuO) kullanımı, metalik koyu gri etkiyi ortaya çıkarmıştır. Elektrikli fırın pişirimleri için alternatif bir metalik sır ortaya çıkmıştır. Akçini çamurundan elde edilen numuneler Görsel 43 ve Görsel 44' de gösterilmiştir. Bu reçeteye %2 gümüş nitrat (AgNO₃) ilavesi bütün örneklerde de karşımıza çıktığı gibi yüzey pürüzsüzlüğünü arttırmıştır.

Stoneware çamurundan elde edilen numuneler akçini çamurundan elde edilen numunelerle benzerlik göstermiştir. Şamotlu çamur örnekleri ise pürüzlü yüzeyinden dolayı dokulu bir yapı oluşturmuştur.



**Görsel 43: 1RB2 Kodlu Sır
Beyaz Çamur Bünye
Oksidasyon**



**Görsel 44: 1RB2 Kodlu Sır +%2 AgNO₃
Beyaz Çamur
Oksidasyon**

Redüksiyon (indirgen) işlemi gümüş nitrat (AgNO₃) içeren numunede uygulanmıştır. Gri metalik etkinin yanı sıra yüzeyde biriken kısımlarda kıvılcık bakır renk ve hafif gökkuşağı efekti ortaya çıkmıştır.



Görsel 45: 1RB2 Kodlu Sır - %2 AgNO₃ Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon

Şamotlu çamur bünye Görsel 46' da gösterilmiştir. Bakır oksit (CuO) redüksiyon sonrası kırmızı ve turuncumsu etkiler ortaya çıkardığı görülmüştür. Bu durum sırın fırça ile uygulanırken ince ve kalın uygulama durumuna göre değişkenlik göstermiştir. Kalın yerler daha gri metalik etkiyi ortaya çıkarmıştır. Yer yer gri metalik etkiler de görülmektedir.



Görsel 46: 1RB2 Kodlu Sır -Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon

4.1.9. 1RBK1 Kodlu Numune

Reçete 1 içine %5 bakır oksit (CuO), %1,5 krom oksit (Cr_2O_3) ve %0,5 bakır klorür (CuCl_2) ilave edilmiştir.

0,34 Na_2O			+ %5 CuO
0,11 K_2O		1,73 SiO_2	+ %0,5 CuCl_2
0,26 CaO	0,32 Al_2O_3	0,76 B_2O_3	+ %1,5 Cr_2O_3
0,09 MgO			+ %2 AgNO_3
0,20 ZnO			

Akçini çamurundan elde edilen numuneler, yükseltgen (oksidasyon) ortam pişiriminde, bakır oksit (CuO) ve krom oksitin (Cr_2O_3) etkisiyle yeşil renk ortaya çıkarmıştır. Gümüş nitratin renk üzerinde bir etki yaratmadığı, parlaklık etkisini arttırdığı diğer örneklerde de anlatıldığı gibi olduğundan, %2 gümüş nitrat (AgNO_3) ilave edilerek yükseltgen (oksidasyon) ortam pişimlerine devam edilmiştir. Görsel 47’ de görülür. Şamotlu çamur numuneleri de gümüş nitrat ilavesi ile yapılır. Şamotlu bünyelerin zemin rengi ve dokulu yapısından dolayı daha koyu bir yeşil tonu ortaya çıkarmıştır. Şamotlu çamurun gözenekli yapısından dolayı sır biraz daha bünye tarafından yutulur. Görsel 48’ de görülmektedir.



**Görsel 47: 1RBK1 Kodlu Sır
Beyaz Bünye-Oksidasyon**



**Görsel 48: 1RBK1 Kodlu Sır
Şamotlu Çamur-Oksidasyon**

İndirgen (redüksiyon) ortam pirişimde, aynı reçete akçini numuneler üzerine uygulanmıştır. Redüksiyon işleminden sonra %2 gümüş nitrat içeren nunume parlak altın sarısı, mor-lila parıltılar ve gökkuşağı etkisi ortaya çıkmıştır. Görsel 49' da görülmektedir.



Görsel 49: 1RBK1 Kodlu Sır -Beyaz Çamur Bünye-Redüksiyon

Redüksiyon işlemi sonrası, şamotlu çamurdan elde edilen numune Görsel 50' de görülmektedir. Akçini çamurunundaki örneğe kıyasla daha koyu tonlarda yine altın metalik yansımaların ve gökkuşağı etkisinin olduğu ama daha dokulu bir yapı ortaya çıktığı görülmüştür.



Görsel 50: 1RBK1 Kodlu Sır -Şamotlu Çamur Bünye-Redüksiyon

4.1.10. 1RBK2 Kodlu Numune

Reçete 1 içine %10 bakır oksit (CuO), %1,25 krom oksit (Cr₂O₃), %1 bakır sülfat (CuSO₄), %0,6 kalay oksit (SnO) ve %2 gümüş nitrat (AgNO₃) ilave edilmiştir

0,34 Na ₂ O			+ %10 CuO
0,11 K ₂ O		1,73 SiO ₂	+ %0,5 CuSO ₄
0,26 CaO	0,32 Al ₂ O ₃	0,76 B ₂ O ₃	+ %1,25 Cr ₂ O ₃
0,09 MgO			+ %2 AgNO ₃
0,20 ZnO			+ %0,6 SnO

1RBK1 kodlu numuneye göre bakır oksit oranı arttırılmıştır. Buna rağmen yükseltgen (oksidasyon) ortam pirişiminde, akçini numune ve şamotlu numunelerde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yine yeşil tonları ortaya çıkmıştır. Görsel 51 ve Görsel 52' de görülmektedir.



**Görsel 51: 1RBK2 Kodlu Sır
Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon**

**Görsel 52: 1RBK2 Kodlu Sır
Şamotlu Çamur Bünye-Oksidasyon**

İndirgen (redüksiyon) ortam pirişiminde akçini numune, zeminde yeşil üzeri gümüş metalik etki ortaya çıkartmıştır. Görsel 53' de gösterilmiştir.



Görsel 53: 1RBK2 Kodlu Sır- Beyaz Çamur Bünye- Redüksiyon

Redüksiyon işleminden sonra şamotlu numunede, altın sarısı ve gümüş etki daha yoğunluktadır. Görsel 54' de görülür. Fakat unutulmaması gereken en önemli şey de redüksiyon işleminin nasıl yapıldığına göre, renk etkilerinin de değişebileceği yönündeki bilgilerdir.



Görsel 54: 1RBK2 Kodlu Sır- Şamotlu Çamur Bünye- Redüksiyon

4.1.11. 1RDC1 Kodlu Numune

Reçete 1 içine %5 demir oksit (Fe_2O_3), %1 kalay oksit (SnO) ve %1 kobalt oksit (CoO) ilave edilmiştir.

0,34 Na_2O			+ %5 Fe_2O_3
0,11 K_2O		1,73 SiO_2	+ %1 SnO
0,26 CaO	0,32 Al_2O_3	0,76 B_2O_3	+ %1 CoO
0,09 MgO			+ %2 AgNO_3
0,20 ZnO			

Akçini numuneler, elektrikli fırında yükseltgen ortamda pişirilmiştir. Demir oksitin (Fe_2O_3) yarattığı kıvılcık kahve tonu, kobalt oksit (CoO) ile birleşerek daha koyu siyaha dönük bir kahve tonu ortaya çıkarmıştır. Kalay oksit ise sıırı bir tıkk matlaştırmış ve yeşil tonlarında benekler oluşmasına sebep olmuştur. Görsel 55' de görölmektedir. Aynı sır reçetesine %2 gümüş nitrat ilavesi ile sır pürüzsüzleşerek yarı parlak saten etkili siyah-kahve tonu ortaya çıkarmıştır. Görsel 56' da gösterilmiştir.



**Görsel 55: 1RDC1 Kodlu Sır
Beyaz Çamur Bünye- Oksidasyon**

**Görsel 56: 1RDC1 Kodlu Sır +%2 AgNO_3
Beyaz Çamur Bünye- Oksidasyon**

Elektrikli fırında pişirilen stoware numuneler akçini numunelerle benzerlik gösterir. Şamotlu çamur numulerinde ise yüzey etkileri biraz daha doku içerir.

İndirgen (redüksiyon) ortam pişiriminde %2 gümüş nitrat içeren akçini numune Görsel 57' de gösterilir. Oksidasyon (yükseltgen) pişiriminde koyu kahve-siyah tonu

ıkan sır reçetesi, redüksiyon işleminden sonra koyu siyah zemin üzerinde altın sarısı, gümüş, mavi-mor parıltılar ve yer yer gökkuşağı etkileri ortaya çıkarmıştır.



Görsel 57: 1RDC1 Kodlu Sır +%2 AgNO₃-Beyaz amur Bünyeye- Redüksiyon

şamotlu çamur redüksiyon pişirimi Görsel 56' da gösterilir. Akçini bünyede çıkan sonuca göre şamotlu çamurdan gelen demir oksidin kahverengi etkisi, bünyenin koyu rengine dolayı daha da belirgindir. Yüzeyde daha sıcak altın sarı renk yasıması oluşmuştur. Yine akçini byedeki mor lila etkiler az olsa da görülmektedir.



Görsel 58: : 1RDC1 Kodlu Sır +%2 AgNO₃ şamotlu amur Bünyeye-Redüksiyon

4.1.12. 2RC1 Kodlu Numune

Kurşunlu ve borlu sırın seger formülasyonu aşağıdaki gibidir. 2 numaralı reçete olarak kodlanmıştır.

0,35 PbO		2,0 SiO ₂	+ %3 CoO
0,65 Na ₂ O	0,2 Al ₂ O ₃	0,9 B ₂ O ₃	+ %2 AgNO ₃

Reçete 2 içine %3 kobalt oksit ve % 2 AgNO₃ ilave edilmiştir. Elektrikli fırında yükseltgen (oksidasyon) ortam pişiriminde, kobalt oksitin etkisiyle, akçini bünyeler üzerinde parlak mavi-lacivert renk ortaya çıkmıştır. Görsel 59' da gösterilir. Aynı reçetenin şamotlu çamur bünye üzerindeki etkisi Görsel 60' da gösterilmiştir.



**Görsel 59: 2RC1 Kodlu Sır
Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon**



**Görsel 60: 2RC1 Kodlu Sır
Şamotlu Çamur Bünye-Oksidasyon**

Stoneware bünyeler akçini bünyeler ile benzer özelliktedir. Şamotlu bünyeler ise dokusu ve yüzey renginden dolayı sırası akçini bünyeye göre daha fazla içine almaktadır. Bundan dolayı mavi-kahve ton ortaya çıkmıştır.

İndirgen ortam pişirimde %2 gümüş nitrat (AgNO₃) içeren akçini numune Resim 61' de gösterilir. Redüksiyon sonrası akçini numune, parlak altın sarısı renk ile kobalt oksitin yarattığı zeminden yansıyan mor-mavi etkiler ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda parlak gökkuşağı etkisi de görülmektedir.



Görsel 61: 2RC1 Kodlu Sır- Beyaz Çamur Bünye- Redüksiyon

Redüksiyon sonrası şamotlu bünye Görsel 62’ de gösterilmiştir. Şamotlu bünye zeminde koyu siyaha dönük renk üzerine metalik altın sarısı etkilerin yanı sıra, hafif yeşile çalan yansımalar oluşturmıştır. Stoneware bünye akçini bünye ile benzer etkiler göstermiştir.



Görsel 62: 2RC1 Kodlu Sır- Şamotlu Çamur Bünye- Redüksiyon

4.1.13. 2RCM1 Kodlu Numune

Reçete 2 içine %3 kobalt oksit (CoO), %1 mangan oksit (MnO) ve %2 gümüş nitrat (AgNO₃) ilave edilmiştir.

0,35 PbO		2,0 SiO ₂	+ %3 CoO
0,65 Na ₂ O	0,2 Al ₂ O ₃	0,9 B ₂ O ₃	+ %1 MnO
			+ %2 AgNO ₃

Akçini çamurundan elde edilen bünyeler üzerine uygulanan bu reçete, elektrikli fırında yükseltgen (oksidasyon) ortam pişiriminde, kobalt oksitin (CoO), mangan oksiten (MnO) daha yoğun olması nedeniyle lacivert etki ortaya çıkarmıştır. 2RC1 kodlu numuneye göre, sırnın içinde bulunan mangan oksitin (MnO) kahverengi etkisinden dolayı daha koyu bir ton ortaya çıkmıştır. Görsel 63' de görülmektedir.



**Görsel 63: 2RCM1 Kodlu Sır
Beyaz Çamur Bünye- Oksidasyon**

**Görsel 64: 2RCM1 Kodlu Sır
Şamotlu Çamur Bünye- Oksidasyon**

Stoneware bünyeler akçini bünyelerle benzerlikler gösterir. Şamotlu çamurdan elde edilen numuneler, gözenekli ve dokulu yapısından dolayı ve zemin rengi yüzünden, birkaç ton farkı ortaya çıkarır. Görsel 64' de gösterilmiş.

Akçini çamurundan elde edilen ve %2 gümüş nitrat içeren numuneler, redüksiyon işlemi sonrası Görsel 65' de gösterilmektedir. Mor-lacivert zemin üzerinde parlak altın sarısı yansımalar ortaya çıkardığı görülmektedir.



Görsel 65: 2RCM1 Kodlu Sır – Beyaz Çamur Bünye- Redüksiyon

Şamotlu çamur bünyenin redüksiyon işlemi sonrası hali Görsel 64’ de gösterilmiştir. Akçini bünyeye benzer etkliler ortaya çıkmış fakat daha koyu zeminden dolayı renkler biraz daha koyu olarak ortaya çıktığı görülmüştür. Stoneware bünye ise akçini bünye ile çok benzer sonuçlar vermiştir.



Görsel 66: 2RCM1 Kodlu Sır – Şamotlu Çamur Bünye- Redüksiyon

4.1.14. 2RCB1 Kodlu Numune

Reçete 2 içine %3 kobalt oksit (CoO), %2 bakır oksit (CuO) ve %2 gümüş nitrat (AgNO₃) ilave edilmiştir.

0,35 PbO		2,0 SiO ₂	+ % 3 CoO
0,65 Na ₂ O	0,2 Al ₂ O ₃	0,9 B ₂ O ₃	+ % 2 CuO
			+ % 2 AgNO ₃

Akçini bünyeler üzerine uygulanan bu sır reçetesi, elektrikli fırında yükseltgen (oksidasyon) ortam pişirimine tabi tutulmuştur. Görsel 67' de gösterilmiştir.



**Görsel 65: 2RCB1 Kodlu Sır
Beyaz Çamur Bünye-Oksidasyon**



**Görsel 66: 2RCB1 Kodlu Sır
Şamotlu Çamur Bünye-Oksidasyon**

Stoware bünyeler üzerindeki etkiler, akçini bünyeler üzerindeki etkilerle benzerlik gösterir. Şamotlu bünyeler üzerindeki etki ise Görsel 68' de gösterilir.

İndirgen ortam pişirimde bu sır reçetesinin, akçini bünye üzerindeki etkisi Görsel 69' da gösterilir. Bu sır reçetesinin redüksiyon işlemi sonrasında, akçini bünye üstündeki etkisi mor ve koyu gri metalik üzerinde, altın sarısı yansımalar olarak karşımıza çıkmıştır.



Görsel 69: 2RCB1 Kodlu Sır- Beyaz Çamur Bünye- Redüksiyon

Şamotlu çamur bünyeleri, redüksiyon işlemi sonrası Görsel 70’ de gösterilmektedir. Şamotlu çamur bünyesinden kaynaklı dokulu yapı ve renk tonu efektlerinin daha kahvemsı renklere doğru evrildiği görülmüştür. Altın sarısı, yer yer gökkuşağı etkisi ve gümüşü renkler oluştuğu gözlemlenmiştir. Stoneware numune akçini numuneye benzer etkiler gösterir.



Görsel 70: 2RCB1 Kodlu Sır- Şamotlu Çamur Bünye- Redüksiyon

4.1.15. 3RK1 Kodlu Numune

Kurşun ve bor içeren sırlarda çok iyi sonuçlar ortaya çıkmıştır. Kurşun içeren fakat bor içermeyen, bor yerine alkali tercih edilen bir sır reçetesi daha geliştirilmiştir. Şeffaf parlak olarak elde edilen sırlar, bazı oksitler ile birleştğinde iyi sonuçlar vermiştir. Bazı sonuçlar ise olumsuz çıkmıştır. Ayrıca kaolen kullanımı bu sır reçetesinde değiştirilmiş ve değiştirilen kaolen sırn derecesini yükseltmiştir.

Kurşunlu ve alkalili sır seger formülasyonu aşağıdaki gibidir. Kurşunlu ve Alkalili bu sır reçetesine 3 numaralı reçete kodu verilmiştir.

0,73 PbO			+ %3 Cr ₂ O ₃
0,12 Na ₂ O	0,35 Al ₂ O ₃	3,2 SiO ₂	+ %2 AgNO ₃
0,15 K ₂ O			

Reçete 3 içine %3 krom oksit (Cr₂O₃) ve %2 gümüş nitrat (AgNO₃) ilave edilmiştir.

Akçini çamurundan elde edilen numunelere, yukarıda seger formülasyonu verilen sır reçetesi uygulanmıştır. Elektrikli fırında yükseltgen (oksidasyon) ortam pişimine tabi tutulan bu örnek Görsel 71’ de gösterilir. Krom oksitin sır içine katıldığında yeşil renk ortaya çıkardığı görülür. Fakat sır yüzeyi tamamen kabarmış ve köpüklenme ortaya çıkarmıştır.



Görsel 71: 3RK1 Kodlu Sır- Beyaz Çamur Bünye- Oksidasyon

Stoneware ve şamotlu bünyede benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Akçini bünye üzerindeki bu sır reçetesi, indirgen ortam pişirimi sonrası yükseltgen pişirim sonrasına göre oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Görsel 72’ de gösterilir.

Redüksiyon işlemi sonrası koyu kahvemsî zemin üzerinde altın sarısı, lila-mor ve mavi yansımalar oldukça iyi bir metalik etki ortaya çıkmıştır.



Görsel 72: 3RK1 Kodlu Sır- Beyaz Çamur Bünye- Redüksiyon

Şamotlu çamurdan elde edilen bünyelerin indirgen ortam pişirimi Görsel 73’ de gösterilmiştir. Fakat uşak kaoleni yerine grolleg kaolen kullanılmasından dolayı sır tam olarak erime göstermemiştir.



Görsel 73: 3RK1 Kodlu Sır- Şamotlu Çamur Bünye- Redüksiyon

4.1.16. 3RB1 Kodlu Numune

Reçete 3 içine %10 bakır oksit (CuO) ilave edilmiştir.

0,73 PbO
0,12 Na₂O 0,35 Al₂O₃ 3,2 SiO₂ + % 10 CuO
0,15 K₂O

Elektrikli fırında, yükseltgen ortam pişiriminde, alkali içeren sırların %10 bakır oksit (CuO) ilavesi yeşil tonu verirken, oran arttıkça metalikleşen etki ortaya çıkarır. Fakat içeriğinde kurşun olan sırlarda, %10 bakır oksit (CuO) katısı gri metalik etkiyi ortaya çıkardığı görülmüştür. Akçini bünye üzerine uygunan sır, Görsel 74' de gösterilmiştir. 3RB2 kodlu numuneye göre bakır oksit (CuO) oranı yarı yarıya düşürülmüştür ve yüzeyde gri metalik etkinin yanı sıra yüzey problemleri aza indirgenmiştir.



**Görsel 74: 3RB1 Kodlu Sır
Beyaz Çamur Bünye- Oksidasyon**



**Görsel 75: 3RB1 Kodlu Sır
Şamotlu Çamur Bünye- Oksidasyon**

Stoneware çamurundan elde edilen numune akçini numuneler ile benzer sonuçlar vermiştir. Şamotlu çamur numuneleri ise zemindeki dokulu etki ortaya çıkmış fakat yine akçini numunede olduğu gibi gri metalik etki ortaya çıkmıştır. Zeminde sırnın ince kaldığı yerlerde yeşil renk etkileri görülmektedir. Görsel 75' de gösterilir

Kurşun içeren bir sırn gümüş nitrat ilavesi olmaksızın redüksiyon işleminden sonra metalik ve lüster etkisi ortaya çıkardığı Görsel 76’ da gösterilmiştir. Kurşunlu sır denemesine sadece %10 bakır oksit (CuO) katkısı ile hazırlanan sır, akçini bünye üzerinde altın sarısı etkiler ve kahve kızıl efektler ortaya çıkarmıştır.



Görsel 76 : 3RB1 Kodlu Sır- Beyaz Çamur Bünye- Redüksiyon

Şamotlu çamur numune Görsel 77’ de gösterilmiştir. Grolleg kaolen kullanımından dolayı erime tam gerçekleşmemiştir. Fakat yine akçini bünyeye benzer renkler ortaya çıkmıştır.



Görsel 77: 3RB1 Kodlu Sır- Şamotlu Çamur Bünye- Redüksiyon

4.1.17. 3RB2 Kodlu Numune

Reçete 3 içine %20 bakır oksit (CuO), %4 gümüş nitrat (AgNO₃) ve %2 bakır sülfat (CuSO₄) ilave edilmiştir.

0,73 PbO			+ % 20 CuO
0,12 Na ₂ O	0,35 Al ₂ O ₃	3,2 SiO ₂	+ %4 AgNO ₃
0,15 K ₂ O			+ %2 CuSO ₄

Elektrikli fırında yükseltgen (oksidasyon) ortam pişiriminde, bakır oksitin alkalili sır içeriği olan, reçete 1 içindeki yoğun miktarı sayesinde metalik etki ortaya çıkardığı görülmüştür. Bundan yola çıkarak Reçete 3 isimli kurşunlu sır içinde bakır oksitin (CuO) nasıl tepki vereceği analiz edilmek istenmiştir. Bu sebeple reçete 3 içine yine yoğun miktar olan %20 bakır oksit (CuO) ilave edilmiştir. Akçini bünyeler üzerinde alkalili sır olan reçete 1 ile aynı sonucu vermiş, yoğun bir gri metalik etki ortaya çıkarmıştır. Ancak sır yüzeyinde kabıcıklar oluşmuş ve daha mat bir görüntü ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Görsel 78’ de gösterilmiştir. Aynı sır reçetesine %4 gümüş nitrat (AgNO₃) ilavesi ile akçini bünye üzerinde yine gri metalik etki ortaya çıkmış fakat gümüş nitrat (AgNO₃) biraz daha parlaklık sağlasa da sır yüzeyinde yine toplanma hataları oluşmuştur. Görsel 79’ de gösterilir.



Görsel 78: 3RB1 Kodlu Sır
Beyaz Çamur Bünye- Oksidasyon



Görsel 79: 3RB1 Kodlu Sır+ %4AgNO₃
Beyaz Çamur Bünye- Oksidasyon

%4 gümüş nitrat (AgNO_3) içeren kurşunlu sır reçetesi, akçini bünye üzerine uygulanarak, indirgen ortam pişirimine tabi tutulmuştur. Redüksiyon işlemi sonrası çıkan sonuç Görsel 80’ de gösterilir. Redüksiyon işlemi sonrası, akçini bünye üzerinde, yükseltgen ortam pişiriminden çok farklı bir etki ortaya çıkmıştır. Kahvemsî zemin üzerinde gümüş ve yoğunluklu olarak altın sarısı metalik etki ortaya çıkmıştır. Yer yer gökkuşağı lüster etkisi net bir şekilde görülmektedir ve yüzeyde her hangi bir sorun ortaya çıkmadığı görülmüştür.



Görsel 80: 3RB1 Kodlu Sır + %4 AgNO_3 - Beyaz Çamur Bünye- Redüksiyon

Stoware ve akçini numuneler benzerlik gösterir. Şamotlu bünye üzerine uygulanan ve %4 gümüş nitrat (AgNO_3) içeren numune Görsel 81’ de gösterilir. Kaolen değişikliğinden dolayı sır mat kalmıştır.



Görsel 81: 3RB1 Kodlu Sır + %4 AgNO_3 - Şamotlu Çamur Bünye- Redüksiyon

4.1.18. 3RBK1 Kodlu Numune

Reçete 3 içine %10 bakır oksit (CuO) ve %3 krom oksit (Cr₂O₃) ilave edilmiştir.

0,73 PbO			+ % 3 Cr ₂ O ₃
0,12 Na ₂ O	0,35 Al ₂ O ₃	3,2 SiO ₂	+ % 10 CuO
0,15 K ₂ O			

Elektrikli fırında 1000 °C’de yükseltgen (oksidasyon) ortam pişirimde, bu sır reçetesi akçini bünye üzerinde yoğun gri metalik etki ortaya çıkarmıştır. Fakat sır yüzeyinde bakarcıklar oluşmuştur. Görsel 82’ de gösterilmiştir. 3RB1 kodlu reçeteye göre bakır oksitin (CuO) yanı sıra, %3 krom oksit (Cr₂O₃) ilave edilmiş olsa bile bakır oksitin (CuO) yarattığı yoğun metalik etki, krom oksitin (Cr₂O₃) sırlara kattığı yeşil rengi baskılandığı görülmüştür.



Görsel 82: 3RBK1 Kodlu Sır- Beyaz Çamur Bünye- Oksidasyon

Stoneware bünyede, akçini bünyelerdekilere benzer etkiler ortaya çıkmıştır. Şamotlu bünye üzerinde ise şamotlu çamurun gözenekli yapısından kaynaklı, sırn bünye tarafından çekildiği, yani ince kalan kısımlarda yeşil etkinin ortaya çıktığı fakat kalın kalan kısımlarda metalik gri etkinin ortaya çıktığı görülmüştür.

Gazlı fırın pişimi sonrası 20 dk redüksiyon uygulanmış akçini bünye üzerindeki etkiler Görsel 83’ de gösterilmiştir. Gümüş nitrat içermeyen bir diğer kurşunlu sır reçetesi redüksiyon işlem sonrası metalik etkiler ortaya çıkarmıştır. Bakır oksitin

(CuO) redüksiyonda çin kırmızısı sırlarda görüldüğü gibi kırmızı-turuncu etkiler ortaya çıkardığı görülmüştür. Yer yer gökkuşağı etkisi ve gri metalik etkinin devam ettiği de görülmektedir.



Görsel 83: 3RBK1 Kodlu Sır- Beyaz Çamur Bünye- Redüksiyon

Stoware bünye ve şamotlu bünye üzerindeki bu sır reçetesinin, redüksiyon işlemi sonrası etkileri Görsel 84’ de gösterilmiştir.



Görsel 84: 3RBK1 Kodlu Sır- Beyaz Çamur Bünye- Redüksiyon

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gümüş Nitrat (AgNO_3) zararlı bir bileşik olduğu için seramik sektöründe artistik sır elde etmek için kullanılır. Sır bünyesine çeşitli oranlarda ilave edilmiş ve pişirimi yapıldıktan sonra farklı metalik yüzeyler oluşturduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda hazırlanan deneme tabletlerine, hem oksijenli ortam pişirimi hem de redüksiyon pişirimi uygulanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar tamamen farklıdır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda gümüş nitratin elektrikli fırında, yükselten fırın atmosferinde, herhangi bir metalik etki oluşturmadığı fakat sırnın ergimesini arttırarak, sır yüzeyinde parlaklık artırıcı etki yaptığı görülmüştür. Gümüş nitrat oranı artırıldıkça bu parlaklığın daha da arttığı tespit edilmiştir. Yükseltgen ortam pişiriminde metalik etki isteniyorsa gümüş nitrat tercihi doğru olmayacaktır. Bunun yerine yükseltgen ortam pişirimlerinde metalik etki, sırnın metal oksit ile doyurulmasıyla elde edilebilir.

Gümüş nitrat ve başka bir metal tuzu içermeyen, alkali ve bor içeren sırlarda, redüksiyon işlemi sonrası herhangi bir metalik etki oluşmamıştır. Fakat kurşun içerikli sırlarda, bakır ve krom oksidin etkisiyle metalik etki elde edilmiştir. Gümüş nitrat içeren aynı sır numuneleri, gazlı fırında sır pişirimi sonrasında, redüksiyon işlemine tabi tutulduğunda, yüzeyde metalik-gökkuşağı, gümüş, bakır ve altın sarısı etkileri ortaya çıkarmıştır. %2-%5 arasında gümüş nitrat kullanımı sırnın yüzeyinde lüster etkisinin oluşmasını sağlamaktadır. Gümüş nitrat oldukça pahalı bir metal tuzudur. Bu yüzden miktarın az tutulması sırnın üretim maliyetini düşürür bu da üretimde devamlılığın sağlar. Kullanılan çamur çeşitlerinde, aynı sır reçeteleri, akçini çamuru ve beyaz stoware çamuru bünyelerde, çok benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. Şamotlu çamur bünyelerde ise yine aynı etkiler elde edilmiştir. Fakat yüzeyin pürüzlü yapısından dolayı, ışığın kırınımı azaldığı için lüster etkisi de azalmıştır. Şamotlu çamur bünyeler üzerine uygulanan sır, biraz daha kalın olarak uygulandığında, daha iyi sonuçlar elde edilir.

İndirgen ortam pişirimlerinde metalik etkinin en iyi sonuç verdiği malzeme gümüş nitrattır. Çok az katkı oranlarında bile çok iyi sonuçlar verdiğinden dolayı indirgen ortam pişirimde kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu sonuçların değişmemesi için malzemelerin istikrarlı kullanılması çok önemlidir.

KAYNAKÇA

1.Kitaplar

Arcasoy, Ateş (1983). Seramik Teknolojisi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları.

Arcasoy, Ateş ve Başkırkan, Hasan (2020). Seramik Teknolojisi. İstanbul: Literatür Yayıncılık.

Ase, Arne (1989). Watercolour on Porcelain, Norway: Norwegian University Press.

Aslan, Emet Egemen ve Canduran Kaan (2016). Seramik Pişirim Teknikleri ve Fırınları. Ankara: Opus Basımevi.

Billington, Dora M. (1962). The Technique of Pottery. Londra: Batsford Book

ÇİZER, Sevim (2010) Lüster Tarihi Tekniği Sanatı, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi yayınları

DALY, Greg (2012), „Lustre“ Handbook, Britannia: A&C Black Publishers Limited.

Fournier, Robert(2000). Illustrated Dictionary of Practical Pottery. London: A&C

Fraser, Harry (2010). Seramik Hataları ve Çözüm Yöntemleri. (Çev. Z. Mete ve İ. Özkan). İzmir: Karakalem Kitabevi Yayınları

Genç, Soner (2013). Artistik Seramik Sırları, İstanbul: Boyut Matbaacılık.

Hacızade, Fikret (2019). Seramiğin Kimyası, Konya: Çizgi Kitapevi.

Mete, Zeliha (2020). Seramik Kimyası, İzmir: Tibyan Yayıncılık.

Rado, Paul (1988). An Introduction to the Technology of Pottery, Birleşik Krallık: Pergamon Press.

Ros, Dolors (2002). Seramik (Çev. F. Atuniç). İstanbul: İnkılap Kitabevi.

Şölenay, Emel (2009). Seramik Sanat Eğitiminde Sırlama Ve Pişirme Yöntemleri El Kitabı, Ankara: Murat Kitabevi Yayınları

Taçyıldız, Ensar (2018). Seramik Sırının Sırrı, İstanbul: Hayalperest Yayınevi.

Tanişan, Hüseyin ve Mete, Zeliha (1986). Seramik Teknolojisi ve Uygulaması, Söğüt: Birlik Matbaası.

2. Makaleler, Bildiriler, Diğer Basılı Yayınlar

Alhan, Sibel (2019). Seramik Bünyelerde Metalik Görünümlü Sırların Geliştirilmesi Ve Optik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.

Aslı Asiye Ağıl, Bekir Karasu (2019). “Lüster Sırlarının Karakterizasyonuna Genel Bir Bakış” El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(1); 51-79.

- Ayta Cılızoglu, Tülin (1976). :Dekoratif Uygulama, Sanatta Yeterlik Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, İstanbul.
- Balyemez, Ayşe (2018). “Seramikte Malzeme Taklidi Geleneği Ve Renk”, Journal Of Arts, 1(1): 51-60.
- Çalışkan Güneş, Pınar (2019). “İndirgen Ortam Lüsterlerinden Sırıçi Lüster Tekniği”. İdil Dergisi, (8), 283-288.
- Ercağ, Erol (1995). Kırmızı Çamurdan Demir Titan Dioksit Ve Nadir Toprak Konsantrasyonu Kazanılması. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ercioğlu Akdoğan, Nihal., Ubay Elif (2022). “Metalik-Benek Dokulu Sanatsal Seramik Sırların Geliştirilmesi: Yüzey Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi”, Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences, 8 (4): 722-735
- Erdem, Bahadır Cem (2010). İndirgen Atmosferlerde Kristal Sırlar. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Seramik, Kayseri.
- FISKE Matt (2014). “Iridescent and Manganese Crystalline Glazes”. Utah State University Glaze Calculation Class Technology of Ceramics Glaze Calc. <https://mattfiske.files.wordpress.com/2014/04/glaze-calc.pdf>
- Genç, Pınar (1998). Aventürin Oluşturan Bakır, Demir Ve Krom Oksitlerle Yapılan Sır Araştırmaları, Sanatta Yeterlilik Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Genç, Soner (1993). Kristal Sırların Araştırılması ve Sır içinde Kristal Nüvelerin Geliştirilmesi (1200 °C), Sanatta Yeterlik Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Güzelgün, Pınar (2012). Suda Çözünen Metal Tuzları. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Seramik Ve Cam Tasarımları Anasanat Dalı, İzmir
- Hortling, Airi ve Jokiner, Eeva. (2001) ‘‘CaO- MgO-glaze For Cordierite Clay Body’’, Euro Ceramics VII. Proceeding Part 3, (206-2013): 2121-2124.
- İn, Hasan (2014) Seladon Sırları. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Eskişehir
- Kayalıoğlu, Ali Cihan (2016). Opaklaştırıcı ve Matlaştırıcı Metal Oksitlerin Şamotlu Çamurun Bünye Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Eskişehir.
- Kılıç, Atilla Cengiz (2024) “İndirgen (Redüksiyon) Ortamda Lüster Pişirim Teknikleri Ve Ham Sırüstü Lüster Uygulaması”, SDÜ ART-E Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat Dergisi, 17 (33): 257-270
- Küçükçakır, Seda (2019). Nevşehir/Avanos İlçesinde Kullanılan Seramik Fırınlarnın Araştırılması Ve Seramik Uygulamalar. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Eskişehir

Mouhebatı, Hanieh (2017). Seramik Yüzeylerde Buharlaştırma Ve Püskürtme Yöntemleri İle Oluşturulan Lüster Etkileri. Sanatta Yeterlik Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir.

Özcan, Murşit Cemal (1997). Geleneksel Raku Tekniği ve Artistik Seramik Formlarda Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

Özgün, Mehmet Akif (2012). Kırmızı Çamur Üretimi Ve Değerlendirme Olanakları. Yüksek Lisans Semineri, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Pradell T., Bayes C. Vd. (2006). ‘Luster Decoration Of Ceramics: Mechanisms Of Metallic Luster Formation’. Applied Physics A, (83): 203-208

Razi, Esra Öztürk (2019). Mat Makro Kristal Sırların Araştırılması Ve Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Eskişehir.

Şölenay, Emel (1995). 1000°C de Gelişebilen Redüksiyonlu Lüsterli Sır Araştırmaları. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir

Taçoğlu, Ensar (2015). “Fiziksel Özellikler Açısından Stoneware Bünyelerin Araştırılması”, Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 8 (3): 21-30

Taşçı Eda, Karasu, Bekir, Pekkan Keriman, İspartalı Murat (2018). ‘Metalik sırların RO₂ ve R₂O₃ Oksit ilaveleri ile Kimyasal Dayanımlarının Geliştirilmesi’. 3rd International Conference on Material Science and Technology (IMSTEC) Nevşehir: İsbet: 250-254.

Uysal, İnci (2007). Karo Sektöründe Uygulanan Metalik Sırlar, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

Yıldız, Aysel (2019). Bakır Oksit Katkılı Metalik Sırların Geliştirilmesi Ve Seramik Formlarda Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uşak.

Yolcu, Halil (1998). Macun Lüsteri Tekniğinin Günümüzde Uygulanması. Sanatta Yeterlik Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

3. Elektronik Kaynaklar

Geologyscience.(2024).<https://tr.geologyscience.com/minerals/casiter/1.5.2025>

Refsan. (2025). <https://www.refsan.com.tr/rrk100/22.5.2025>

Refsan. (2025). <https://www.refsan.com.tr/samot-camur/22.5.2025>

Hanterra.(2025).<https://hanterra.com/seramik/camurlar/stoneware/atelierrasse-weiss-2502-stoneware-camuru-1C020SIB026a.html/24.5.2025>

MTA. (2025). <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/feldispat/23.5.2025>

Internet Archive. (2025). <https://archive.org/18.4.2025>

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı: Merve ÖZTORUN

Yabancı Dil: İngilizce ve Almanca

Eğitim

2000-2003: Karamürsel Lisesi

2007-2009: Uludağ Üniversitesi İznik MYÖ. Seramik Bölümü

2010-2014: Kocaeli Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümü

İş Deneyimleri

2009–2010: Turgut Tuna Çini Çiftliği

2018–2023: Kadıköy Halk Eğitim Merkezi

2018–2019: AB Eğitim Hizmetleri Ticaret Anonim Şirketi Sınav Koleji

2021–2023: Mavi Pencere Güzel Sanat. Tasar. Yapım San ve Tic Ltd ŞTİ

2023- 2024: Feneryolu Halk Eğitim Merkezi, Usta Öğretici

2023–2024: İzmit Halk Eğitim Merkezi, Usta Öğretici

Sempozyum

2023: Sanatın Ritmi II. Uluslararası Sanat Sempozyumu

2025: IMASCON SPRING 2025. Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi

Bildiri

2023: M. ÖZTORUN And N. DEMİRKOL, "Farklı Şekillendirme Tekniklerine Uygun Yeni Porselen Bünyelerin Geliştirilmesi ve Karakterizasyonu," II. Uluslararası Sanat Sempozyum, vol.1, Kocaeli, Turkey, pp.1044-1054, 2023

2025: M. ÖZTORUN And N. DEMİRKOL, "Gümüş Nitrat İçeren Sırların Farklı Fırın Atmosferlerindeki Beyaz Çamur Bünyeler Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması," 14th International Marmara Science and Social Sciences Congress, IMASCON 2025 Spring , Kocaeli, Turkey, pp.91-99, 2025