T.C.

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ

SERAMİK VE CAM TASARIMI ANASANAT DALI

Yüksek Lisans Tezi

BOR TÜLÜ SIR ARAŞTIRMALARI VE UYGULAMALAR

Hazırlayan

Eylül KURTCEBE

Danışman

Doç. Pınar ÇALIŞKAN GÜNEŞ

İZMİR/2024

YEMİN METNİ

"Yüksek Lisans Tezi" olarak sunduğum "Bor Tülü Sır Araştırmalar ve Uygulamalar" adlı çalışmanın tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

…../…../2024

Eylül Kurtcebe

İmza

İmza

TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü'nün ……./…../…../ tarih ve ……. sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin …….. maddesine göre Seramik ve Cam Tasarımı Ana Sanat Dalı öğrencisi Eylül Kurtcebe'nin "Bor Tülü Sır Araştırmaları ve Uygulamalar" konulu tezi incelenmiş ve aday …...../…...../…..… tarihinde, saat ……'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra ……. dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anasanat dallarından jüri üyeleri tarafından sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin …….. olduğuna oy ……. ile karar verilmiştir.

BAŞKAN

ÜYE ÜYE

ÖZET

Bor tülü, ilk kez sır hatası olarak ortaya çıkmıştır. Çamur bünyede bulunan kalsiyum ile sırda bulunan bor oksidin tepkimeye girerek sır yüzeyinde sütlü görünüme neden olan kristalleşmeyi tanımlamaktadır. Bilimsel kaynaklarda devitrifikasyon (kristalleşme) olarak adlandırılan bor tülü sırların deneysel çalışmalarda çeşitli renk veren oksit ilavesi ile sır yüzeyinde artistik efektler meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Tez kapsamında araştırması gerçekleştirilen bor tülü sır uygulamalarında kullanılan çamur bünyelerin, hammaddelerin ve firitlerin yerli üretim olmasına özen gösterilmiştir. Kırmızı, beyaz ve şamot olmak üzere toplamda üç farklı çamur bünye özelliğinde denemeler gerçekleşmiştir. Denemelerde hem ham sır hem de firitli sır reaksiyonları gözlemlenmiştir.

Ham ve fritli reçetelere kalsiyum, çinko ve yüksek oranda bor katkısıyla sütlü görünüm yakalanmış, renk veren oksit ilaveleriyle sır yüzeyinde artistik efektler elde edilmiştir. Oluşturulan yeni sır reçetelerinin denemesi sırın akıcı yapısından kaynaklı olarak küçük kaselere uygulanmış ve 1165 °C‘de pişirimleri gerçekleşmiştir.

Literatürde yalnızca hata adı altında bilinen bor tülü sırların artistik etkileri tez kapsamında araştırılmış ve başarılı etkiler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bor tülü, Devitrifikasyon, Kristalleşme

ABSTRACT

Boron tulle first appeared as a glaze defect. It describes the crystallization that causes a milky appearance on the glaze surface by the reaction of calcium in the mud and boron oxide in the glaze. In the experimental studies of boron glazes called devitrification (crystallization) in scientific sources, it has been observed that artistic effects occur on the glaze surface with the addition of various coloring oxides.

Care was taken to ensure that the mud bodies, raw materials and firites used in the boron tulle glaze applications investigated within the scope of the thesis were locally produced. Experiments were carried out with a total of three different clay bodies: red, white and fire clay. Both raw glaze and fritted glaze reactions were observed.

While a milky appearance was obtained by adding calcium, zinc and high boron content to the raw and fritted recipes, artistic effects were obtained on the glaze surface with the addition of coloring oxides. The trials of the new glaze recipes were applied to small bowls and fired at 1165°C due to the flowing structure of the glaze.

The artistic effects of boron tulle glazes, which are known in the literature only under the name of defect, were investigated within the scope of the thesis and successful effects were obtain

Keywords: Boron tulle, Devitrification, Crystallization

ÖNSÖZ

“Bor Tülü Sır Araştırmaları ve Uygulamaları” başlıklı tezin hazırlanmasında desteğini esirgemeyen, kendisinden çok şey öğrendiğim, sanat görüşümün gelişmesinde çok önemli katkıları olan, çok değerli tez danışmanım, Sayın Doç. Pınar ÇALIŞKAN GÜNEŞ başta olmak üzere tüm Ana Sanat Dalı hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte her zaman yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini, sabırlarını eksik etmeyen çok sevdiğim aileme, form şekillendirme aşamasında desteklerini esirgemeyen Ramazan KAHRAMAN’a, sayfa düzenlemesinde yardımlarını esirgemeyen Arda UYAROĞLU’na, tablo düzeninde yardımlarından dolayı Bora ZIMBA’ya, laboratuvar ve atölye çalışmalarımda sağlamış olduğu imkanlardan dolayı firmasında çalışmaktan memnun olduğum Gorbon Mimarlık Seramik şirketinin sahibi Sayın Orhan GORBON’a ve firmadaki ekip arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

Eylül KURTCEBE

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ ..... **ii**

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

FOTOĞRAF LİSTESİ ..... **x**

TABLO LİSTESİ ..... **xii**

GİRİŞ **1**

1.BÖLÜM SERAMİK SIRLARI

1.1.Sırın Tanımı… **4**

1.2.Sırların Sınıflandırılması **5**

1.2.1. Ham Sırlar 5

1.2.1.1. Kurşunlu Sırlar 5

1.2.1.2. Kuşunlu - Alkali Sırlar 6

1.2.1.3. Alkali Sırlar 6

1.2.1.4. Alkali-Borlu Sırlar 6

1.2.2. Firitli Sırlar 7

1.3.Sır Hataları… **8**

1.3.1. Pütürlenme 10

1.3.2.Kabarcık Oluşumu 10

1.3.3.Gövde Atması 11

1.3.4 Renk Farklılıkları 11

1.3.5. Çatlama (Krakle) 12

1.3.6. Toplanma 12

1.3.7. Parlaklık Matlık Değişimi 13

1.3.8. Çukurlu Yüzeyler 13

1.3.9. Kavlama 14

1.3.10. Kolemanit Atması 15

1.3.11. Opaklık Değişimi 15
1.3.12.Devitrifikasyon (Kristalleşme) 15

2.BÖLÜM

BOR TÜLÜ SIRLAR

2.1.Bor Elementi. 19
2.2.Dünyadaki Bor Yatakları 19
2.3.Türkiye'deki Bor Yatakları 22
2.4.Bor'un Kullanım Alanları 23
2.5.Bor Oksidin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri 24
2.6.Seramik Sırlarında Bor Kullanımı 25
2.7.Bor Tülü Sırlarında Kullanılan Hammaddeler ve Özellikleri 26
2.7.1. Üleksit 26
2.7.2. Kolemanit 27
2.7.3. Borik Asit 28
2.7.4. Boraks 28
2.7.5. Çinko Borat 29
2.7.6. Çinko Oksit 29
2.7.7. Kalsiyum Oksit 29
2.7.8. Kuvars 30
2.7.9. Kaolen 31
2.7.10. Zirkon Oksit 31
2.7.11. Kalay Oksit 31
2.7.12. Titan dioksit 32
2.7.13. Lityum Karbonat 32
2.8.Renk Veren Oksitler 32
2.8.1. Bakır Oksit ve Bakır Karbonat ($CuO\text{-}CuCO_3$) 33
2.8.2 Demir Oksit (Fe_2O_3) 34
2.8.3. Krom Oksit (C_2O_3) 35
2.8.4. Mangan Dioksit (MnO_2) 35
2.8.5. Nikel Oksit (NiO) 36

2.8.6. Kobalt Oksit (CoO) 36

3.BÖLÜM

BOR TÜLÜ SIR ARAŞTIRMALARI VE UYGULAMALAR

3.1.Bor Tülü Sır Denemelerinde Uygulanan Fırın Programları 39

3.1.1.Bisküvi Pişirim Programı 39

3.1.2. Sır Pişirim Programı 39

3.2.Ham Sırlardan Oluşan Bor Tülü Araştırmaları 40

3.2.1. D-1 Kodlu Deneme 43

3.2.2. D-2 Kodlu Deneme 44

3.2.3. D-3 Kodlu Deneme 45

3.2.4. D-4 Kodlu Deneme 46

3.3.Renk Veren Oksit İlaveli Ham Sır Denemeleri 48

3.4.Firitli Bor Tülü Sır Araştırmaları 56

3.4.1. F-1 Kodlu Deneme 58

3.4.2. F-2 Kodlu Deneme 59

3.4.3. F-3 Kodlu Deneme 60

3.4.4. F-4 Kodlu Deneme 61

3.4.5. F-5 Kodlu Deneme 62

3.4.6. F-6 Kodlu Deneme 63

3.5.Renk Veren Oksit İlaveli Firitli Sır Denemeleri 64

3.6.Uygulamalar. 73

SONUÇ 78

KAYNAKÇA 80

ÖZGEÇMİŞ

FOTOĞRAF LİSTESİ

Fotoğraf 1: Pütürlenme Hatası, Eylül Kurtcebe sır denemesi, 2024 10

Fotoğraf 2: Gövde Atmasıyla Oluşan Hata, Eylül Kurtcebe sır denemeleri, 2024 11

Fotoğraf 3: Bakır Oksitli Sır Uygulamasının Derece Farklılığından Kaynaklı Renk Değişimi Hatası, Eylül Kurtcebe sır denemeleri, 2023 12

Fotoğraf 4: Toplanma Hatası, Eylül Kurtcebe,2024 13

Fotoğraf 5: Kavlama Hatası, Eylül Kurtcebe,2024 14

Fotoğraf 6: Bor Tülü Hatası, Eylül Kurtcebe,2024 17

Fotoğraf 7: Artistik Bor Tülü Etkili Sır Örneği, Eylül Kurtcebe,2024 17

Fotoğraf 8: Üleksit Minerali, Pınar Çalışkan Güneş Fotoğraf Arşivi 26

Fotoğraf 9: Kolemanit Minerali, Pınar Çalışkan Güneş Fotoğraf Arşivi 27

Fotoğraf 10: Kolemanit Minerali, Pınar Çalışkan Güneş Fotoğraf Arşivi 27

Fotoğraf 11: Kuvars, Pınar Çalışkan Güneş Fotoğraf Arşivi 30

Fotoğraf 12: %2 Bakır Oksit İlaveli Bor Tülü Etkili Sır Denemesi, Eylül Kurtcebe,2024 33

Fotoğraf 13: %2 Bakır Karbonat İlaveli Bor Tülü Etkili Sır Denemesi, Eylül Kurtcebe,2024 34

Fotoğraf 14: %3 Demir Oksit İlaveli Bor Tülü Etkili Sır Denemesi, Eylül Kurtcebe,2024 35

Fotoğraf 15: %3 Mangan Dioksit İlaveli Bor Tülü Etkili Sır Denemesi, Eylül Kurtcebe,2024 36

Fotoğraf 16: %0.1 Kobalt Oksit İlaveli Bor Tülü Etkili Sır Denemesi, Eylül Kurtcebe,2024 37

Fotoğraf 17: Hammadde tartımı, 2024 42

Fotoğraf 18: Bor tülü sır uygulaması, 2024 42

Fotoğraf 19: Ø: 29 cm, H: 5 cm, 1165 °C, Torna Yöntemi ile Şekillendirme, Şamot Bünye, Bor Tülü Sır 73

Fotoğraf 20: Ø: 31 cm, H: 6 cm, 1165 °C, Torna Yöntemi ile Şekillendirme, Şamot Bünye, Bor Tülü Sır 74

Fotoğraf 21: Ø: 32 cm, H: 5 cm, 1165 °C, Torna Yöntemi ile Şekillendirme, Beyaz Bünye- Stoneware, Bor Tülü Sır 75

Fotoğraf 22: Ø: 32 cm, H: 5 cm, 1165 °C, Torna Yöntemi ile Şekillendirme, Kırmızı Bünye- Stoneware, Bor Tülü Sır 76

Fotoğraf 23: Ø: 29 cm, H: 5 cm, 1165 °C, Torna Yöntemi ile Şekillendirme Kırmızı Bünye- Stoneware, Bor Tülü Sır 77

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Periyodik Tablo, Asitler-Bazlar-Amfoter Elementler (Mete,2020:38) 4

Tablo 2: Geleneksel Seramik Bünyelerin Pişirme Eğrisi ve Fizyokimyasal Reaksiyonlar (Mete,2020:195).....9

Tablo 3: Bor Mineralleri ve Bulunduğu yerler (Ediz,Özdağ 2001:139).....20

Tablo 4: Türkiye'de bor cevheri üretim kapasitesi (Kalafatoğlu,Örs 2003:66).....22

Tablo 5: Bor'un Kullanım alanları (Yiğitbaşıoğlu, 2004:19) 23

Tablo 6: Buhar fazda B_2O_3 yapısı (Yalaz, Kocakuşak, Kalafatoğlu 1988:3) 24

Tablo 7: Camsı bor oksit yapısı (Yalaz, Kocakuşak, Kalafatoğlu 1988:3).....24

Tablo 8: Bisküvi Pişirim Programı, Eylül Kurtcebe 2024 39

Tablo 9: Sır Pişirim Programı, 2024 40

Tablo 10: D-1 Deneme,.....43

Tablo 11: 1 No'lu Sır Bazının Deneme Sonuçları, ...43

Tablo 12: D-2 Deneme,.....44

Tablo 13: 2 No'lu Sır Bazının Deneme Sonuçları 44

Tablo 14: D-3 Deneme.....45

Tablo 15: 3 No'lu Sır Bazının Deneme Sonuçları 45

Tablo 16: D-4 Deneme.....46

Tablo 17: 4 No'lu Sır Bazının Deneme Sonuçları 46

Tablo 18: D-5 Deneme, Eylül Kurtcebe 2024.....47

Tablo 19: 5 No'lu Sır Bazının Deneme Sonuçları, Eylül Kurtcebe 2024 47

Tablo 20: D-1 Kodlu Sır Bazı ile Renk Veren Oksit İlaveli Denemeler 49

Tablo 21: D-2 Kodlu Sır Bazı ile Renk Veren Oksit İlaveli Denemeler 51

Tablo 22: D-3 Kodlu Sır Bazı ile Renk Veren Oksit İlaveli Denemeler 54

Tablo 23: Bor Tülü Oluşumuna Uygun Firit Analizi Örneği, Gizem Frit 2023 56

Tablo 24: F-1 Deneme, Eylül Kurtcebe 2024 58

Tablo 25: F-1 Kodlu Sır Bazının Deneme Sonuçları, Eylül Kurtcebe 2024 58

Tablo 26: F-2 Deneme, Eylül Kurtcebe 2024 59

Tablo 27: F-2 Kodlu Sır Bazının Deneme Sonuçları, Eylül Kurtcebe 2024 59

Tablo 28: F-3 Deneme, Eylül Kurtcebe 2024 60

Tablo 29: F-3 Kodlu Sır Bazının Deneme Sonuçları, Eylül Kurtcebe 2024 60

Tablo 30: F-4 Deneme, Eylül Kurtcebe 2024 61

Tablo 31: F-4 Kodlu Sır Bazının Deneme Sonuçları, Eylül Kurtcebe 2024 61

Tablo 32: F-5 Deneme, Eylül Kurtcebe 2024 62

Tablo 33: F-5 Kodlu Sır Bazının Deneme Sonuçları, Eylül Kurtcebe 2024 62

Tablo 34: F-6 Deneme, Eylül Kurtcebe 2024 63

Tablo 35: F-6 Kodlu Sır Bazının Deneme Sonuçları, Eylül Kurtcebe 2024 63

Tablo 36: F-4 Kodlu Sır Bazı ile Renk Veren Oksit İlaveli Denemeler 65

Tablo 37: F-5 Kodlu Sır Bazı ile Renk Veren Oksit İlaveli Denemeler 67

Tablo 38: F-6 Kodlu Sır Bazı ile Renk Veren Oksit İlaveli Denemeler 70

GİRİŞ

Sır, seramik yüzeylerde fonksiyonel kullanım, dayanıklılık ve estetik görünüm elde etme amacı taşıyan içeriğine bağlı mat veya parlak yüzey özelliği olan camsı bir tabakadır. İlk örnekleri M.Ö 5000 yılında Mısır'da ortaya çıkmış olup günümüze kadar ileri teknolojiler sayesinde oldukça gelişmiştir.

Deneyselliğe bağlı olarak gelişen sır teknolojisinde kimyasal reaksiyonlara bağlı olarak seramik sırlarının çok fazla hatalara müsait bir komplike yapısı bulunmaktadır. Oluşan bu hatalar çamur hazırlamadan sırlı pişirime kadar ki süreçlerde meydana gelmektedir. Sır temelli hatalar genellikle içeriğinde kullanılan hammaddelere, hazırlama aşamasına, öğütme süresine, uygulamasına, pişirim sırasında gelişen kristal yapılar ile oluşabilmektedir. Tek bir değişkenlikle meydana gelebilen hataların kontrolü günümüzde gelişen teknolojilerle sağlanabilmektedir. Farklı aşamalardaki hatalara bağlı olarak gelişen artistik etkili sırlar bulunmaktadır. Bu sırlar, krakle sırlar, toplanmalı sırlar, kristal sırlar ve bor tülü sırlar olarak bilinmektedir.

Bor tülü sırlar, pişirim esnasında sıvı cam fazdan katı cam faza geçişindeki oluşan kalsiyum ve çinko boratların cam oluşumunu engelleyerek (devitrifikasyon) yüzeyde buğulu, sütlü bir görünüm elde edilmesiyle oluşmaktadır. Devitrifrifikasyon hatası olarak bilinen bu etki daha çok içeriğinde kalsiyum karbonat minerali barındıran kırmızı çamur bünyelerinde meydana geldiği gibi şamot ve beyaz çamur bünyelerde de oluşmaktadır. İlk olarak artistik etki yakalama amacıyla bor tülü sır çalışmalarının ne zaman ve kim tarafından yapıldığı bilinmemekle birlikte bu hata ile çok etkili artistik efektler elde edilmektedir.

Tez kapsamında birinci bölümünde, sırın tanımı, sınıflandırılması ve sır hataları hakkında kaynaklar doğrultusunda bilgi verilmiştir. İkinci bölümünde borun tanımı, tarihçesi, bulunduğu yataklar ve fiziksel- kimyasal özellikleri, bor tülü sırlarında kullanılan hammaddeler ve özellikleri hakkında bilgiler yer almaktadır. Üçüncü bölümde ise bor tülü sırlarında uygulanan fırın programları incelenip, ham ve fritli reçete denemeleri oluşturulmuş, 1165°C de pişirilerek artistik efektler araştırılmıştır. Bu

araştırmalar sonucunda kırmızı, şamotlu ve beyaz bünye özellikli kaselere uygulamalar gerçekleşmiştir.

1.BÖLÜM
SERAMİK SIRLARI

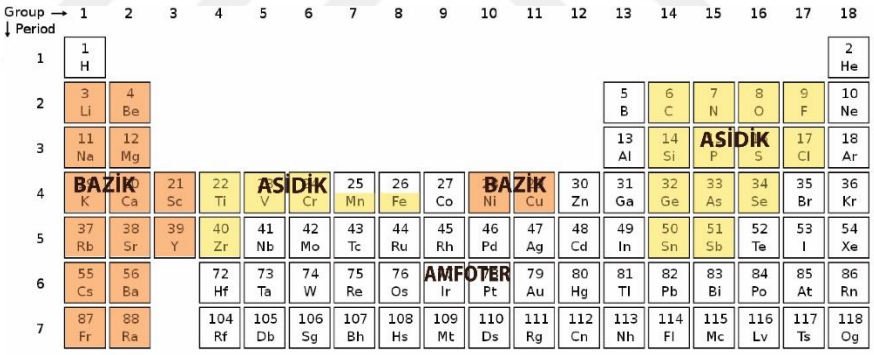
1. BÖLÜM

SERAMİK SIRLARI

1.1. Sırın Tanımı

Seramik yüzeyleri kaplayan, doğada bulunan inorganik temelli camlaştırıcı (asidik), eritici (bazik), sabitleştirici (amfoter) hammadde ve bileşiklerin belli oranlarda bir araya gelip ısıl işleme tabii tutulduktan sonra yüzeyde meydana gelen ince tabaka halindeki camsı yapıdır.

Tablo 1: Periyodik Tablo, Asitler-Bazlar-Amfoter Elementler (Mete,2020:38)



Sır, seramik ürünlere teknik ve estetik özellik kazandırmaktadır. Bu özellikler; seramik bünyeyi asidik ve alkali ortama dayanıklı kılmaktadır. Gözenekli yapıdaki bünyenin geçirgenliğini önleyen pürüzsüz bir yüzey vermekte ve bünyede mikroorganizma oluşumunu engellemektedir. Bünyeye mukavemet özelliği kazandırmaktır.

Seramik sırları endüstriyel alanda da sanatsal alanda da kullanılmaktadır. Endüstriyel alanda kullanımında teknik özellikleri ön planda

olup ergonomik kullanım kaygısıyla çatlama kavlama vb. hatalara yer verilmemektedir. Sanatsal alanda ise sır hataları artistik etkiler yakalamak amacıyla kullanılmaktadır.

1.2. Sırların Sınıflandırılması

Seramik sırları, pişirim sıcaklıklarına göre (düşük dereceli sırlar ve yüksek dereceli sırlar), üretimlerine göre (ham sırlar, fritli sırlar, tuz sırları), bileşen özelliklerine göre (kurşunlu sırlar, alkali kurşunlu sırlar, alkali sırlar, alkali borlu sırlar), yüzey yapılarının özelliklerine göre (saydamlık, opaklık, matlık, akıcılık) pek çok sınıflandırılmaya sahiptir. Tez kapsamında sırlar üretimlerine ve bileşen özelliklerine göre sınıflandırılmıştır.

1.2.1. Ham Sırlar

Suda çözünmeyen hammaddelerden oluşan, sırçalaştırılmamış harman karışımına ham sır denir. Ham sır sanatsal alanda kullanımı yaygın olmakla birlikte endüstriyel alanda 1150 °C ve üzeri pişirimlerde de kullanılmaktadır. Bu tarz sırlarda sırçalaştırılmaya gerek duyulmaz. Nedeni ise sır ve bünye harmanı hemen hemen aynı olduğu için mekanik dayanıklılık fazlalaşır, fiziksel ve kimyasal denge oluşur (Mete,2020:272).

Ham ve firitli sırların içeriğindeki asidik, bazik ve amfoterik hammaddelerin bileşenine göre sırlar kurşunlu sırlar, kurşunlu borlu sırlar, alkali sırlar ve alkali borlu sırlar olarak sınıflandırılmaktadır.

1.2.1.1. Kurşunlu Sırlar

Formülasyonlarında eritici olarak kurşun bileşikleri bulunan seramik sırlarıdır. Maaliyet açısından uygunluğu ve sırın esnekliğini arttırdığı için kullanımı en yaygın eriticilerden biridir. Genellikle düşük sıcaklıklarda (900°C-1000°C) olgunlaşan kurşunlu sırlar, kuvarsla (SiO_2) reaksiyona girmesiyle orta sıcaklıklarda da (1000°C-1150°C) pişirimi gerçekleşebilir.

Kurşun oksit katkılı sırlarda yüzeyde parlak ve sedefimsi görünümün elde edilmesinin yanı sıra özellikle gıda veya içeceklerle temas eden yüzeylerde kullanıldığında kurşun sızmasına yönelik potansiyel sağlık riskleri taşımaktadır. Bu sebeple kurşun oksit sır bileşenine doğrudan değil sırçalaştırılarak ilave edilmelidir (Mete,2020:274).

Kurşunlu sırlar, içeriğinde bor oksit katkısı bulunmadığı için bor tülü oluşumunu engellemektedir. Bu sebeple tez kapsamında bileşenine göre kurşunlu sırların kullanımı tercih edilmemiştir.

1.2.1.2. Kuşunlu - Alkali Sırlar

Kurşunlu alkali sırlar, içeriğinde hem kurşun oksit (PbO) hem de sodyum oksit, potasyum oksit ve lityum oksit (NaO,K_2O,LiO) gibi alkali metal bileşikleri bulunduran sırlara denir.

İçeriğinde güçlü eriticiler bulundurması nedeniyle çok akıcı sırlardır. Renk veren oksitlerin ilavesiyle canlı parlak renkler elde edilmektedir. Çok akıcı yapısından dolayı sır yüzeyinde artistik etkilere elverişlidir.

1.2.1.3. Alkali Sırlar

Alkali metal bileşiklerinden (NaO,K_2O,LiO) oluşan bu sırlar genel olarak sırın erime noktasını düşürüp oluşum sıcaklığında akıcılığı arttırırlar. Sır içeriğinde camlaştırıcı ve eritici görevi görürler. Sır içeriğinde fazla kullanımı genleşme katsayıları yüksek olduğundan sır çatlama hatasına yol açmaktadır. Alkali sırlar düşük viskoziteli akışkan sırlar olup renk veren oksitler için iyi bir çözücüdür (Mete,2020:222).

Sır içeriğine; potasyum feldspat, sodyum feldspat, nefelin siyenit, spodümen, petalit, potas, kalsine soda gibi hammaddelerle ilave edilmektedir.

1.2.1.4. Alkali-Borlu Sırlar

Alkali borlu sırlar, alkali metaller ve bor bileşiklerini içeren seramik sırlardır. Bu tür sırlar, genellikle cam oluşumunu teşvik etmek ve seramik yüzeylerin özelliklerini

iyileştirmek için kullanılır. Alkali borlu sırların kullanımı, seramik eşyaların daha dayanıklı, sert ve parlak bir yüzeye sahip olmasını sağlar. Bunlar, geleneksel seramik üretiminde sıkça tercih edilen sırlar arasındadır. Alkali-borlu sırların bor katkısından dolayı yüzey çizilmelerine karşı dayanımı vardır.

Alkali yapıları feldspat grubundan (ortoklas, albit, nefelin), bor yapısı ise üleksit, kolemanit, kristal boraks, borik asit gibi bor içerikli minerallerden meydana gelmektedir.

Tez kapsamında ham ve firitli sırlarda bileşen özelliklerine göre alkali-borlu sırlarda olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

1.2.2. Firitli Sırlar

Tartımı yapılan sır harmanının yüksek sıcaklıklarda eritilip, eritilen akışkan yapının hızlı soğutulmasıyla meydana gelen camsı yapıya firit denir. Düşük ve yüksek sıcaklıklarda oluşabilen sırlardır. Firitli sır üretiminin birçok nedenleri vardır. Sır harmanındaki hammaddelerin homojen karışımını sağlamaktadır. Bu özellik sır pişiriminde cam fazında düzensiz kristal oluşumunu engeller. Bazı değerli alkalileri ve bor bileşiklerini suda çözünmez hale getirmektedir (Rohdes,1989:197). Bu özellik bünye ve sır arasındaki ilişki için önemlidir. Sırlama esnasında ham sırdaki suda çözünen hammaddeler gözenekli bünye tarafından emilerek sır bileşeninde değişkenliğe yol açmaktadır. Zehirli hammaddeleri (PbO,BaCO) diğer hammaddelerle bağlayarak zehirsiz hale getirmektedir. Pişme esnasında daha düşük sıcaklıklarda daha kolay erimektedir. Böylece özellikle endüstri alanında enerji ve zaman tasarrufu sağlamaktadır.

Sır pişiriminde gaz çıkışı kaynaklı hataların önüne geçmektedir. Kalsiyum karbonat gibi gaz çıkışı olan hammaddelerin firitleşirken ısıl işlem sırasında gaz açığa çıktığı için iğne deliği, baloncuklanma gibi sır hatalarının oluşumunu engeller (Mete,2020:276).

1.3. Sır Hataları

Seramik, çamur hazırlamadan son sırlı pişirime kadar ki tüm adımlarda çok komplike bir yapı özelliği barındırdığından dolayı hatalara oldukça elverişlidir.

Sır hataları, bisküvi ve sır bünye uyumuna, sırın öğütülme süresine, uygulama aşamasına ve sırın içeriğindeki hammaddelerin pişirim sırasındaki reaksiyonlarına bağlı olarak gelişebilmektedir.

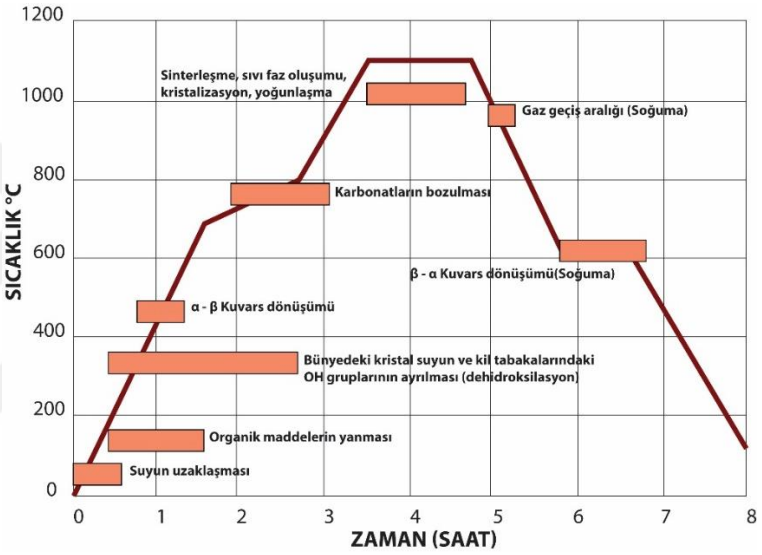
Sırların hazırlanma aşamasında oluşabilecek hataların önüne geçebilmek için üreticiden alınan hammaddelerin özelliklerine çok dikkat edilmesi gerekmektedir. Hammaddede en ufak bir değişkenlik sır harmanında farklı davranışlar sergileyebilmektedir. Bu sebepten dolayı doğada bile değişkenlik gösteren hammaddelerin üretim koşullarında denenmesi ve sonuca göre üretime geçilmesi çok önemlidir.

Sır öğütülme aşamasında ise sırdaki hammaddelerin kimyasal aktivitesi özgül yüzeyi ile doğru orantılı olduğundan hammadde yapılarına göre öğütme süresi uygulamak çok önemlidir. Aynı reçete özelliklerine sahip sır harmanının çok öğütülmesindeki davranışıyla az öğütülmüş olan sır harmanının pişirim esnasındaki davranışı aynı değildir (Fraser, 2010:71). Öğütme süresi harmanda bulunan hammaddelerin sertlik ve yumuşaklık özelliğine bağlı olarak belirlenmektedir. Frit gibi sert maddeler 12-20 saat öğütülürken ham sırlar 4-7 saat aralığında öğütülebilmektedir (Fraser,2010:73). Eğer yumuşak maddeli harman sırları ince öğütülürse nihai üründe iğne deliği olarak tanımlanan küçük delik oluşumu gözlemlenir. Eğer sert maddelerin öğütme süresi az gelmiş ise sır da çökme meydana gelir ve uygulama esnasında homojen uygulama yapılamaz ve nihai üründe kellik gözlemlenir.

Pişirim esaslı sır hatalarında bisküvi ürün pişirimi ve sırın sıvı cam fazındaki bekleme süresi oldukça önemli bir etkendir. Sır uygulama yöntemine göre belirlenen bisküvi derecesi sır pişirim derecesinden daha az derecelerde yapılırsa 550 °C'den 1100°C ye kadar devam eden kimyasal bağlı su buharı çıkışı sırın sıvı cam fazında yeteri kadar bekleme süresi olmadığında sır baloncuk şeklinde donmaya başlar. Bu da iğne

deliği ve krater oluşumuna neden olmaktadır. Pişirim esnasında sıvı cam fazından katı cam fazına geçişteki soğuma hızı da çok önemli bir noktadır. Eğer o aşamada yeterli hızda soğuma gerçekleşmez ise amorf kristal yapılar sır yüzeyinde meydana gelir. Böylelikle mat, kristal ve bor tülü oluşumu gözlemlenir (Fraser,2010:76).

Tablo 2: Geleneksel Seramik Bünyelerin Pişirme Eğrisi ve Fizyokimyasal Reaksiyonlar (Mete,2020:195)



Çatlama, sır atması ve toplanma gibi hatalar bisküvi ve sır bünye uyumuna bağlı gelişen hatalardır. Seri üretimde fazlaca karşılaşılan hatalardan biri olarak iğne deliği oluşumu sırın öğütülmesine bağlı olarak gelişen bir hatadır. Sır uygulamasına göre portakal kabuğu görünümü, renk farklılıkları gibi hatalar ortaya çıkabilir. Parlaklık ve matlık değişimi, opaklık değişimi, kolemanit atması ve devitrifikasyon (kristalleşme) gibi hatalar sırın içeriğindeki hammaddelerin pişirim sırasında sırın katı ve sıvı faz değişimlerindeki reaksiyonlarına bağlı olarak oluşan hatalardır.

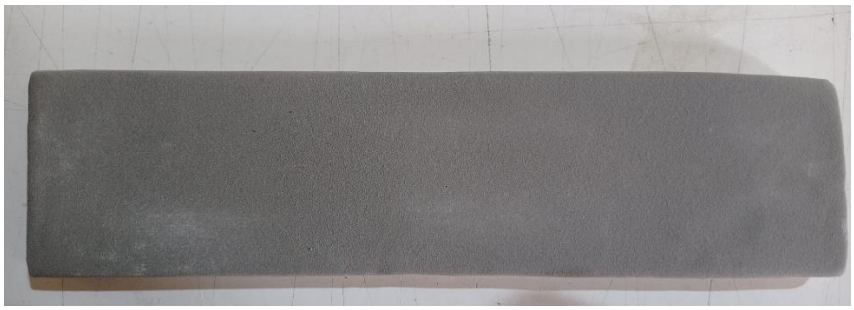
Endüstriyel alanda teknik olarak sırın hatasız olması seramik ürünün kullanılabilir ömrünü uzattığı için üretimde hataların en aza indirilmesine çalışılmakta ve bunun için çözüm yöntemleri geliştirilmektedir. Ancak sanatsal alanda kullanılan sırlarda bu gibi zorunluluk yoktur. Estetik görünüm için hatalardan kaynaklı olan sırlar tercih

edilmektedir. Kristal sırlar, krakle sırlar, toplanmalı sırlar, bor tülü sırlar, aventurin sırlar, mat sırlar hatalardan meydana gelen, renk veren oksit ilaveleriyle artistik etkiler elde edilebilen sırlardır.

1.3.1. Pütürlenme

Yüzeyde meydana gelen küçük noktacıklar sebebiyle oluşan pürüzlü yapıya pütürlenme denir. Bu yüzey yapısı iki sebeple oluşmaktadır. İlk sebebi sırda çözünen kalsiyum karbonat nedeniyle oluşabilmektedir. Sıvı halde bekleyen bazı sırda kalsiyum karbonat su ile çözünerek topaklar oluşturmaktadır. Sır uygulanmadan önce yeterli incelikte eleklerden elenmezse uygulama esnasında kalsiyum karbonat topakları bünyeye aktarılır ve sonucunda pürüzlü yüzeyler meydana gelir. Bu sebepten dolayı eleme işleminin özenle yapılması oldukça önemlidir.

İkinci sebebi ise yapısında özsüz hammaddeleri yoğunlukta barındıran sert sırlardan kaynaklanabilir. Sert sırlar mat görünüm elde etmek için kullanılır. Bu durumda pişirim ve ergime derecesi oldukça önemlidir. Eğer sıvı fazdan katı faza geçişte sır olgunlaşmamışsa pistole ile uygulanan sır yüzeyinde uygulama esaslı noktacıklar eriyemediği için nihai üründe de pürüzlü bir yüzey elde edilmektedir.



Fotoğraf 1: Pütürlenme Hatası, Eylül Kurtcebe sır denemesi, 2024

1.3.2.Kabarcık Oluşumu

Kabarcık oluşumu aşırı pişmeden kaynaklanır. Yüzeyde ay görünümüne benzer sayısız krater ve baloncuk içeren bir hatadır. Bu durum özellikle fırın tellerine yakın olan

ürünlerde gözlemlenmektedir. Sıcaklığa daha fazla maruz kalması sebebiyle sırın olgunlaşma evresinde erime derecesini aşıp kaynama derecesine ulaşmış olmasından kaynaklıdır. Bu aşamada hızlı soğutma da çok önemli bir etkendir. Sırın olgunlaşma evresinde yeterli bekleme yapılmadığından sırda oluşan hatalar nihai ürün üzerinde meydana gelmektedir.

1.3.3.Gövde Atması

Gövde atmaları genellikle bisküvi pişiriminde ortaya çıkan kilin içindeki kireç sebebiyle meydana gelmektedir. Kireç atmasının kimyasal açıdan iki farklı sebebi vardır. Birincisi, kireç topağı pişirim sırasında diğer eriticilerle ve silikatla kompleks silikat bileşikleri oluşturur ve soğuma sırasında tekrar kalsiyuma dönemez. İkincisi, pişirme sıcaklığı yükseldikçe bünyenin mukavemeti de artar böylece kireç taneciklerinin hidrasyon aşamasında oluşturduğu basınca daha kolay ulaşır (Fraser,2010:94).



Fotoğraf 2: Gövde Atmasıyla Oluşan Hata, Eylül Kurtcebe sır denemeleri, 2024

1.3.4 Renk Farklılıkları

Nihai üründe oluşan renk farklılıkları iki nedenle meydana gelmektedir. Birincisi, uygulanan sır kalınlığındaki değişikliklerdir. Bu sebeple ürünlerde gramaj kontrolü sağlamak çok önemlidir. Sır uygulanan bünyenin gözeneklilik özelliği de dikkate alınmalıdır. Homojen gözeneklilik olmayan üründe aynı yüzeyde sır doygunluğu farklılaşır bu da gramajı etkiler ve renk farklılığına neden olur. İkinci sebebi ise fırın atmosferindeki ısının homojen dağılımı olmamasından kaynaklanır. Özellikle oksit

ilavesiyle renklendirilmiş sırlarda 20°C fark bile renk açısından değişkenliğe sebebiyet verebilmektedir.



Fotoğraf 3: Bakır Oksitli Sır Uygulamasının Derece Farklılığından Kaynaklı Renk Değişimi Hatası, Eylül Kurtcebe sır denemeleri, 2023

1.3.5. Çatlama (Krakle)

Pişirim esnasında bisküvi ürünün küçülmesiyle birlikte sır tabakası da küçülmektedir. Bu genleşme esnasında sır ve bisküvi genleşme kat sayıları aynı olmazsa sır yüzeyinde çatlamalar meydana gelmektedir. Pişirim sırasında meydana gelmeyen çatlaklar yüzeyde aylar sonra da oluşabilmektedir. Bu sebeple çatlamanın önüne geçebilmek için sır denemesi esnasında ısıl şoklama testi yapılmalıdır (Rohdes,1989:242). Çatlama özelliğine göre sırın küçülmesi bisküvi bünyenin küçülmesine oranla daha az ise kuvars ilavesiyle bu sorun giderilebilmektedir.

1.3.6. Toplanma

Toplanma, sır tabakasının gövdenin bir kısmından çekilerek o bölgeyi kel bırakmasına neden olan bir yüzey gerilim etkisidir. Bu hata uygulanan sırın kalınlığından, hammaddelerin çok ince öğütülmesinden, bisküvi bünyenin temiz olmamasından ve çinko oksit gibi hammaddelerin kalsine edilmeden kullanılmasından kaynaklı bir hata olarak tanımlanmaktadır. Sır harmanında kalsine edilmiş çinko oksit ve kurşun oksit ilavesi toplanmayı engellemektedir (Lawrence-West,2001:189). Bu hatayı giderebilmek için aynı zamanda sırdaki eritici oranını kademeli bir şekilde arttırmak yeterli olacaktır.



Fotoğraf 4: Toplanma Hatası, Eylül Kurtcebe,2024

1.3.7. Parlaklık Matlık Değişimi

Matlık ve parlaklık değişiminin nedenlerini oluşum reaksiyonlarını tanıdıktan sonra algılanabilir.

Matlık, yeterli sır kalınlığına bağlı olarak, kalsiyum, çinko, titanyum ve magnezyum gibi hammaddelerin ergime sıcaklığında oluşturdukları kristallerin büyümeleriyle meydana gelmektedir. Ergime sıcaklığında yeterli süreye ulaşamayan kristaller büyümelerini tam tamamlayamadıklarından yüzeyde parlaklık gözlemlenebilir. Bu sebeple ergime sıcaklığındaki bekleme süresi iyi ayarlanmalıdır.

Parlak sırlarda mat yüzey oluşumu sırın ergime derecesine ulaşmadığını göstermektedir. Bu sebeple pişirim sıcaklığı yükseltilmelidir.

1.3.8. Çukurlu Yüzeyler

Portakal kabuğu hatası olarak da bilinen bu hata, sır uygulamasından veya sır yüzeyinden çıkamayan fazla miktardaki gaz kabarcıklarından oluşabilmektedir.

Sır uygulaması pistole ile yapıldığında ürün ile tabanca arasındaki mesafeye dikkat edilmelidir. Ürün ve tabanca arasında yeterli uzaklık yoksa sırın temas ettiği

yüzeyin emilimi yavaşlar ve yeni uygulanan katman yüzeyde tutunamadan dalgalanır. Bu durum pistolenin hava basıncının fazla olmasından da kaynaklanabilmektedir.

Bu hata yalızca uygulamadan değil pişirim esnasında da gerçekleşebilmektedir. Ergime derecesinde yeterli bir bekleme yapılmadan soğutulma gerçekleşir ise pişirim esnasında oluşan gaz kabarcıkları sırın yüzeyinde çukurlu görünüm oluşturabilmektedir. Bu hatayı önlemek adına pişen parçalar 20°C daha fazla sıcaklıkta tekrar pişirilebilir.

1.3.9. Kavlama

Sırlarda soyulma olarak da bilinen bu hata sırın genleşme kat sayısının gövdeye göre küçük olması sonucunda sırın basma geriliminin çok fazla olması nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Fraser,2010:137). Nihai ürün üzerinde sır yüzeyinin esneklik göstermesi sırın gövdeden atacağının göstergesidir. Esneyen yüzey bir süre sonra pul pul atmaya başlar. Bu da sır ve bisküvi bünyenin ara tabakasının sağlıklı bir şekilde oluşmadığını göstermektedir. Çözüm yöntemi olarak pişirim sıcaklığının düşürülmesiyle silika fazının kristobalite dönüşümü azaltılmış olur (Fraser,2010:137).



Fotoğraf 5: Kavlama Hatası, Eylül Kurtcebe,2024

1.3.10. Kolemanit Atması

Boratlar grubunda, suda çözünmesi oldukça zor ve çok güçlü eriticiliğe sahip kolemanit hammaddesi kalsiyum ve bor bileşiklerinden oluşmaktadır. Sır harmanında yüksek oranlarda kullanılan kolemanitin kristal suyu 400 °C -800°C aralığında çok hızlı şekilde uzaklaşmasıyla ürünün yüzeyindeki sır buhar yoluyla refrakterlere bulaşır ve ürünün yüzeyinde kellik oluşumuna sebebiyet verir. Bu durumu önlemek için pişirim esnasında 400°C -800°C aralığının yavaş yükselmesi gerekmektedir (Fraser,2010:125). Aynı zamanda uygulanan sır tabakasının uygun incelikte olması gerekmektedir.

Bir diğer alternatif olarak kalsiyum boratın firitleştirilip kullanılması kolemanit atmasını önleyen bir işlemdir (Fraser,2010:126).

1.3.11. Opaklık Değişimi

Opaklık değişimi, opaklığı oluşturan hammaddelerin (zirkon, kalay, çinko, titan, magnezyum) heterojen dağılımından ve mat sırlardaki gibi opaklık kristallerinin oluşum aşamasından kaynaklanmaktadır.

Opaklığı oluşturan hammaddelerin heterojen dağılımı sır öğütülme aşamasında meydana gelmektedir. Sır harmanın karıştırılma süresi hammaddelerin homojen dağılımı için oldukça önemlidir. Bu sebeple ham sırlarda sağlıklı homojenlik yakalanamıyorsa opaklaştırıcıların firit şeklinde ilave edilmesi en iyi çözüm yöntemlerinden biri olarak değerlendirilebilir. Opaklık kristallerinin oluşumu sıvı-katı cam fazı aralığında gelişmektedir. Bu cam faz aralığının süresi ne kadar uzun olursa opak kristallerinin oluşumu o kadar sağlıklı meydana gelmektedir (Fraser,2010:128).

1.3.12.Devitrifikasyon (Kristalleşme)

Kelime anlamı “-vitrifikasyon” camlaşma, “de-” ise olumsuzluk eki olarak kullanılmıştır. Aynı zamanda “devit” kelimesinin anlamı kristal yapıların cam yüzeyinde büyümesi olarak tanımlanır (Yurtseven Çiçek,2019:77). Yani seramik sırlarının cam

fazında cam oluşumunu engelleyen kristal yapıların yüzeyde büyümesiyle meydana gelen bir hata olarak tanımlanabilir.

Bor oranı yüksek alkali-borlu transparan sırların, kalsiyum oranı yüksek, şamotlu ve kırmızı çamur bünyesine uygulanması sonucu sır yüzeyinde pembemsi veya mavimsi sütlü görünüm meydana getirmektedir. Bu olay sırlarda kristalin kalsiyum, çinko silikatların veya kalsiyum boratların oluşmasından ortaya çıkar (Fraser,2010:112). Devitrifikasyon, çamur bünyede eritici olarak kullanılan kalsiyum karbonatın sır içeriğinde bulunan bor oksit ile tepkimeye girerek kalsiyum borat kristallerinin oluşmasıyla sır yüzeyinde buğulu bir görünüm yaratmaktadır. Devitfirikasyon hatasında uygulanan çamur ve sır içeriği önemli olduğu kadar pişirim aşamasındaki sıvı-katı cam fazına geçişteki soğutulma süresi de oldukça önemlidir. Soğuma sırasında sıvıdan katıya geçişi sağlanan cam fazının ilk 200 °C de (yüksek dereceli sırlarda 900°C- gözenekli ürün sırlarında ise 750°C) ne kadar yavaş soğutulursa bor tülüne neden olan kalsiyum borat kristalleri o kadar fazla gelişmektedir (Fraser,2010:112). Harry Fraser seramik hataları ve çözüm yöntemleri kitabında bu konuda soğumanın daha hızlı olmasının kristal oluşumunu engelleyen bir faktör olduğunu vurgulamaktadır. Yani sırdaki bekleme süresinin kısa tutulması bor tülü oluşumunu engellemektedir.

Bünyeden gelen kalsiyumun çözünmesini engellemek için ise bisküvi ürünün en az sırın olgunlaşma derecesine kadar pişirilmesi gerekmektedir. Yüksek bisküvi pişirimi sayesinde bisküvi bünyedeki kalsiyum oksidin bor oksit ile reaksiyonu engellenir (Fraser,2010:112).

Sır içeriğiyle alakalı çözüm yöntemi olarak alkali-borlu sır kullanımı yerine düşük çözünürlüklü sır kullanmak da bor tülü oluşumunu engeller. Düşük çözünürlüklü sırlarda firitleştirilmiş kurşun bulunduğundan ve bor bileşeni bulunmadığından dolayı böyle bir reaksiyon gerçekleşemez. Bir diğer çözüm yöntemi ise alkali borlu sır bileşeninin içerisine %5-%20 oranında kaolen ilavesi kalsiyum borat kristalinin oluşumunu engellemektedir (Fraser,2010:112).



Fotoğraf 6: Bor Tülü Hatası, Eylül Kurtcebe,2024



Fotoğraf 7: Artistik Bor Tülü Etkili Sır Örneği, Eylül Kurtcebe,2024

2. BÖLÜM

BOR TÜLÜ SIRLAR

2.BÖLÜM

BOR TÜLÜ SIRLAR

2.1.Bor Elementi

Bor, antik çağlardan beri bilinen, periyodik cetvelde III-A grubunda yer alan karbon ve silisyum elementleriyle çok fazla benzerliğe sahip metal olmayan bir elementtir. Oksijene karşı kuvvetli bir bağa sahiptir (Ediz,Özdağ, 2001: 135).

1808 yılında Fransız kimyager Gay Lussac ve İngiliz kimyager Humhry Davy tarafından, % 50 saflığa sahip koyu renkli ve yanıcı özellik gösteren bor elementi elde edilmiştir (Ediz,Özdağ, 2001: 135).

Doğada serbest halde bulunmayan bor elementi çeşitli metaller veya ametallerle bileşik oluşturmaktadır. Diğer elementlerin oksitleriyle birlikte yer alır. Bor mineralleri genellikle sodyum, kalsiyum, magnezyum gibi alkali ve toprak alkali gruplarının birleşik hidratlı boratlarıdır (Demirtaş,2004:111). Oluşturduğu bileşiklerde bor, metal dışı davranışlar sergilemektedir. Doğada 200'den fazla bor elementi içeren mineraller olduğu bilinmektedir. Bu mineraller sokulum kayaçlarına, denizel çökellere, kıtasal çökellere ve volkanik aktivitelere bağlı oluşmaktadır. Bu oluşumlara bağlı minerallerin oluşum türüne göre Dünyada Rusya, Çin, Türkiye, Güney Amerika ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerde bor mineralleri meydana gelmektedir (Demirtaş,2004:111).

2.2.Dünyadaki Bor Yatakları

Bor minerallerinin bulunduğu yataklar kaynağına ve jeolojik konumlarına göre sınıflandırılmaktadır. Bunlardan ilki, sokulum kayaçlarına bağlı skarn[1] mineralleri (başlıca silikatlar ve demir oksitlerdir.) yani yer kabuğunun içindeki magmanın

[1] Skarn yatakları oluşum ortamı ve cevher metalleri açısından en karmaşık yatak sınıfını oluşturur. İçeriğinden başlıca bakır, demir, molibden, çinko ve ayrıca az oranda kobalt, altın, gümüş, kurşun, bizmut, kalay, berilyum, NTE, flor ve bor da çıkarılır (Einaudi vd., 1981; Meinert, 1993).

kristalleşmesine bağlı oluşan kayaçlardır. Bir diğeri denizdeki çökeltiler sonucunda meydana gelen magnezyum oksitlerdir. Bu iki jeolojik konumda Rusya ve Çin ülkelerindeki bor yataklarının üretiminin temelini oluşturmaktadır. Bu yataklarda hidroborasit ve aşarit gibi mineraller üretilmektedir (Ediz,Özdağ, 2001: 138).

Başta Türkiye olmak üzere Güney Amerika ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerin bor yatakları kıtasal çökellere ve volkanik aktivitelere bağlı oluşan hidrat[2] sodyum ve kalsiyum boratlarla meydana gelmektedir. Bu yataklarda üleksit, kolemanit, kernit ve boraks gibi mineraller üretilmektedir (Ediz,Özdağ, 2001: 138).

Tablo 3: Bor Mineralleri ve Bulunduğu yerler (Ediz,Özdağ 2001:139)

Mineral Adı	**Formülü**	**B_2O_3 (%)**	**H_2O (%)**	**Dünyada bulunduğu yer**
Tinkal (Boraks)	$Na_2B_4O_7.10H_2O$	36.5	47.5	Türkiye (Kırka), ABD (Boron, Kaliforniya), Arjantin
Tinkalkonit	$Na_2B_40_7.5H_20$	47.8	30.9	ABD (Kaliforniya), Türkiye, Arjantin
Kernit	$Na_2B_40_7.4H_20$	50.9	26.4	ABD (Boron, Kaliforniya), Arjantin
Üleksit	$NaCaB_50_9.8H_20$	45.0	35.6	ABD (Kaliforniya, Nevada), Arjantin, Şili, Peru, Tibet, Türkiye (Bigadiç)
Kolemanit	$Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$	50.8	21.9	Türkiye (Emet, Bigadiç, Kestelek), ABD (Kaliforniya, Nevada), Meksika
Pandermit	$Ca_4B_{ıo}O_{19}.7H_20_4$	49.8	18.1	Türkiye
İnyoit	$Ca_2B_6O_{11}.13H_2O$	37.6	42.2	Kazakitan, Arjantin
Hidroborasit	$CaMgB_6O_{11}.6H_2O$	50.5	26.2	Rusya (Kafkaslar), Arjantin
Aşarit	$Mg_2B_2O_5.H_2O$	41.4	10.7	Rusya ve Çin

[2] Hidrat, bir cismin suyla birleşik oluşturmasına denir.

Datolit	$Ca_2B_2Si_2O_9.H_2O$	21.8	5,6	Kazakistan
Probertit	$NaCaB_5O_9.5H_2O$	49.6	25.6	ABD (Kaliforniya)
Sasolit	H_3B_3O	56.3	43.7	İtalya (Tuscany)
Göl Suları				ABD, Şili, Bolivya

Başta Türkiye olmak üzere dünyada en önemli bor yataklarına sahip bir diğer ülke Amerika Birleşik Devletleri'dir. Buharlaşma yolu ile oluşan bor yatakları ülkenin batısında kalan Kaliforniya ve Nevada Eyaletleri içerisindedir. Bu bor yataklarından biri Boron CA (Kramer) bor yatağı olarak bilinir. Bu yatakta tinkal ve kernit mineralleri üretilmektedir. Tinkal ve kernit cevherleri refine[3] işlemlere tabii tutularak bor türevleri üretilmektedir. Bu yatak ilk kez 1913 yılında kolemanit mineralinin bulunmasıyla işlenmeye başlamıştır. Cevher üretimi ise 2 km uzunluğunda 1 km genişliğinde ve 200 m derinliğinde bir açık ocakta yapılmaktadır. Bir diğer bor yatağı da Kaliforniya'nın yer alan Death Vadisinde bulunmaktadır. Bu yatakta üleksit, kolemanit ve probertit mineralleri bulunur. Deniz seviyesinin 80-90 m altına düşmesine neden olan aktif çökmeler günümüzde de devam etmektedir. Owens Nehri'nden bor oksitle yılda 800 ton beslenen Searles Gölü yatakları Mojave Çölünün doğusunda bulunmaktadır. Yatağın %40'ı bor oksit içerikli tuzlarla kaplıdır (Ediz,Özdağ 2001:140).

Bağımsız Devletler Topluluğu'ndaki bor yatakları Hazar Denizi ile Ural Nehri arasında kalan, 250 km'lik Permiyen tuz domundaki çatlakların arasında oluşmaktadır. Bu çatlakların arasında hidroborasit ve aşarit bulunmaktadır. Arjantin'de bor yatakları Tincalayu bölgesinde olup 30 m kalınlığında 100 m çapında çok ince kristallerden oluşmaktadır. Kısmen üleksit, iyonit, kurnovit mineralleri içeren bu yatağın çoğunluğu boraks minerali ile oluşmuştur. 1950'lerde dünya bor pazarında üleksit üretimi için önemli bir yere sahip Salar de Ascotan yatağı Şili'de bulunmaktadır. Günümüzde üretimi oldukça azalmıştır.Çin ve Tibet'teki yataklarda çok küçük olmasından dolayı kendi iç tüketimine yetecek kadar bor üretilmektedir. Tibet'teki yatakta (Keşmir, Puga Vadisi)

[3] Refine, ayrıştırmak anlamına gelir(www.tdk.com).

boratlar kükürt ile birlikte yataklanmıştır. Çin'deki yataklar Tsaidan Çanağı, Iksaydam Gölü yöresinde oluşmuşlardır (Ediz,Özdağ 2001:141).

2.3.Türkiye'deki Bor Yatakları

Bor kaynakları açısından dünyada birinci olan Türkiye, Eti Maden'in verilerine göre dünya bor rezervlerinin %73'üne sahiptir. Bor yatakları İç Anadolu Bölgesinde Eskişehir-Kırka, Ege Bölgesinde Kütahya- Emet, Güney Marmara Bölgesinde Bursa-Kesetelek'te bulunmaktadır (Ediz,Özdağ 2001:141).

Tablo 4: Türkiye'de bor cevheri üretim kapasitesi (Kalafatoğlu,Örs 2003:66)

İşletme	Mineral Adı	Ton/yıl
Kırka	Tinkal	600.000
Emet	Kolemanit	500.000
Kestelek	Kolemanit	100.000
Bigadiç	Kolemanit	400.000
	Üleksit	128.000

Eskişehir- Kırka bölgesi dünyanın en büyük tinkal yatağına sahip olmakla birlikte dünya bor rezervinin %65 ini kapsamaktadır. Kırka bölgesi Eskişehir'in 60 km güney batısında yer almaktadır. Havzada Miosen sonunda oluşan fay çatlaklarından gelen borik asit, sodyum ve magnezyum içeren eksfoliyasyon [4], volkanik çamur ve küller neojen göl sularına karışarak çökelmişlerdir.Sığ kesimlerde üleksit çökelti oluştururken en derin kesimlerde boraks kristalize halde bulunmaktadır. Emet Bölgesi Kütahya'nın 60 km batısında yer alan kolemanit cevheri bakımından zengin bir yatağa sahiptir. %1oranında arsenik bulunan bu yataklarda yeraltı ve açık işletme yöntemi uygulanmaktadır. Balıkkesir'in 40 km güneyinde yer alan Bigadiç Bölgesindeki yataklarda bulunan tinkal ve kolemanit cevherleri arsenik içeriğinin düşük olması nedeniyle dünya pazarında çokça tercih edilmektedir. Günümüzde hala yeraltı ve açık ocak işletmesi ile kolemanit ve üleksit cevheri üretilmektedir. Bursa'dan 108 km

[4] Eksfoliyasyon, aşınma.

uzaklıktaki Kestelek bölgesinde tıpkı Emet yataklarındaki gibi kolemanit cevheri yoğunlukta olup, açık ve yeraltı ocaklarda işlenmektedir (Ediz,Özdağ 2001:142).

2.4. Bor'un Kullanım Alanları

Çok yönlü özelliklere sahip bor minerali çeşitli sektörlerde kullanım alanına sahiptir. Gün geçtikçe kullanım alanı artan bor minerali kullanım koşullarına göre mineral konsantreleri[5] ve rafine bor ürünleri olarak tercih edilmektedir. Bor minerali, inşaat sektöründen temizlik malzemelerine, seramik sektöründen nükleer uygulamalara kadar pek çok sanayi ürünlerinde çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır.

Tablo 5: Bor'un Kullanım alanları (Yiğitbaşıoğlu, 2004:19)

Kullanım Alanı	Kullanım Yerleri
Tarım Sektörü	Biyolojik gelişim ve kontrol kimyasalları, Gübreler, Böcek - bitki öldürücüler, Yabani ot mücadelesi vb.
Temizlik ve Kozmetik Sektörü	Deterjan, şampuan, Dezenfekte Ediciler Kolonya, Parfüm vb
Sağlık Sektörü	Osteoporoz tedavileri, Allerjik hastalıklar, Psikiyatri, Kemik gelişimi ve Artrit, Menopoz tedavisi, BNTC terapi yöntemiyle beyin kanserlerinin tedavisi, Manyetik Rezonans görüntüleme cihazlarında vb.
Tekstil Sektörü	Sıcaklıklığa dayanıklı kumaşlar, Yanmayı geciktirici ve önleyici selülozik malzemeler, İzolasyon malzemeleri, Tekstil boyaları Deri renklendiricileri, Yapay ipek parlatma malzemeleri, vb.
Enerji Sektörü	Güneş enerjisinin depolanması, Güneş pillerinde koruyucu olarak, Hücre yakıtları vb.

[5] Konsantre, çözeltideki çözünmüş olan maddenin miktarıdır (https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/kimya_87dcf.pdf).

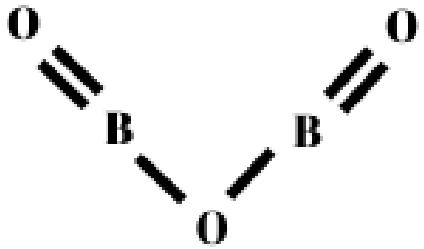
Nükleer Sanayi	Reaktör aksamları, Nötron emiciler, Reaktör kontrol çubukları, Nükleer kazalarda güvenlik amaçlı ve nükleer atık depolayıcı olarak
İnşaat Sektörü	Çimentoda direnç arttırıcı ve izolasyon amaçlı olarak
Seramik Sektörü	Emaye, Sır, Fayans, Porselen boyaları vb.

2.5. Bor Oksidin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

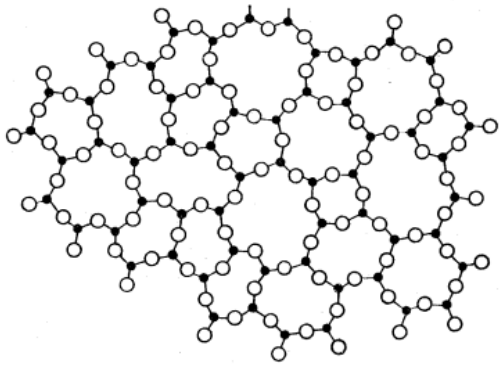
Bor oksit katı (cam), sıvı ve gaz formlarında bulunmaktadır. Gaz halindeki bor oksidin elektron geçişlerinden kaynaklı alev rengi karakteristik olarak yeşil renktedir. Buhar basıncı verilerine göre borun kaynama derecesi 2250 °C olarak bulunmuştur (Yalaz, Kocakuşak, Kalafatoğlu 1988:2).

Amerikalı fizik profesörü Zachariasen'in görüşüne göre camsı yapıdaki B_2O_3 rastgele düzenlenmiş üç boyutlu bir yapıya sahiptir. Bu yapıda oksijen atomları birbirine bağlanmış düzlemsel BO_3 gruplarını oluşturmaktadır. Bu yapısal düzen 450 °C ve üstü sıcaklıklarda değişime uğramaktadır. 1000 °C ve üstünde, buhar fazdaki borun atomik yapısında polar gruplar meydana gelmektedir (Yalaz, Kocakuşak, Kalafatoğlu 1988:2).

Tablo 6: Buhar fazda B_2O_3 yapısı (Yalaz, Kocakuşak, Kalafatoğlu 1988:3)



Tablo 7: Camsı bor oksit yapısı (Yalaz, Kocakuşak, Kalafatoğlu 1988:3)



Bor oksidin içeriğindeki H_2O bileşen miktarı fiziksel özelliğin değişiminde çok büyük rol oynamaktadır. Bor oksidin susuz elde edilmesi oldukça zordur. İçeriğindeki su oranı yoğunluk ölçümünde soğutma hızına göre değişkenlik göstermektedir. Eti Maden'in verilerine göre yoğunluğu 2.34g/cc @ 300 K dır. Büyük basınç dayanıklılığı gösteren bor oksidin sertlik özelliği 9.3 Mosh tur. Kristal şekli baklava biçimlidir (Yalaz, Kocakuşak, Kalafatoğlu 1988:5).

Bor oksidin yüksek viskozite[6] özelliği bulunmaktadır. 325-450° C'lerde yumuşamaya başlayan bor oksit ergiyen halinde bile (> 1000° C) hala yüksek viskoziteye sahiptir (Yalaz, Kocakuşak, Kalafatoğlu 1988:11).

2.6. Seramik Sırlarında Bor Kullanımı

Bor oksidin seramik sırlarındaki önemi, silisyum yerine kullanılabilecek hem asidik hem bazik özellik gösteren tek camlaştırıcı hammadde olmasından kaynaklıdır. Zehirli bir yapıya sahip olmadığından ergonomik özelliğiyle tercih edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Sır ve bünye arasında ısıl genleşme katsayısını düzenlemekte, sırın kırılma indisini yükseltmekte, sırın mekanik özelliklerini ve kalsiyum oksit ile birlikte kullanımı çizilmeye karşı direncini sağlamaktadır. Bor, eritici özelliğinden kaynaklı, sırların pişirim derecesini düşürür. Erime sıcaklığı 450-510°C dir. Suda çözünürlüğü zordur (Yalaz, Kocakuşak, Kalafatoğlu 1988:9). Tek başına kullanımında renk verme özelliği yoktur ancak renk veren oksitlerin renk değişimini tetikler. Mangan katkılı borlu

[6] Viskozite, bir akışkanın, yüzey gerilimi altında deforme olmaya karşı gösterdiği direncin ölçüsüdür (https://tr.wikipedia.org/wiki/Viskozite).

sırlarda mor renk tepkimesi elde edilir. Turkuaz renk tepkimesi, bakır oksit ilaveli alkali borlu sırlarda meydana gelir. Sır çatlaklarının giderilmesinde eser miktarda bor oksit kullanımı tercih edilebilir. Sır içerisinde kalsiyum oksit ile kullanımında geniş erime intervali özelliği kazandırmasıyla birlikte transparan sırlarda devifrifikasyona sebebiyet verebilmektedir. Bunu önlemek için %5-%10 oranlarında kaolen katkısı yapılmalıdır.

Tez kapsamında bor tülü etkisini sağlayan ana hammaddedir. Sır içeriğinde kalsiyum ve çinko oksit bulunan borlu sırlarda bor tülü etkisi yakalanır. Hazırlanan reçetelerde bor oranı %30-%40 aralığında kullanıldığı için sır yüzeylerinde krakle etkiler gözlemlenmiştir. Bor tülü sırları yüksek bor içeriğine sahip düşük kaolen ilavesinden dolayı akışkan sırlardır. Birçok bileşeniyle sır harmanına ilave edilebilir. Bu birleşikler; kolemanit, üleksit, çinko borat, borik asit, kristal boraks olarak sıralanabilir.

2.7. Bor Tülü Sırlarında Kullanılan Hammaddeler ve Özellikleri

2.7.1. Üleksit

Türkiye'de en önemli minerallerden biri olan üleksit, boratlar sınıfında yer almaktadır. İçeriğinde sodyum, kalsiyum ve bor bulunduran doğal bir mineraldir. Kimyasal formülü, $Na_2O.2CaO.5B_2O_3.16H_2O$ olarak bilinmektedir.



Fotoğraf 8: Üleksit Minerali, Pınar Çalışkan Güneş Fotoğraf Arşivi

Beyaza çalan hafif şeffaf görüntüsünden dolayı pamuk gülü olarak da adlandırılan üleksit minerali, içeriğinde alüminyum bulunmadığından eriticiliği oldukça yüksektir (Ediz,Özdağ 2001:138). İçeriğinde bor ve kalsiyum barındıran bu hammadde, seger formülünün bazik kısmında 0,7-1 mol aralığında kullanıldığında artistik bor tülü etkilerini oluşturmakta önemli bir rol oynamaktadır. Tez kapsamında bu hammadde hem

ham sır reçetelerinde hem de fritli sırlara katkı olarak kullanımı oldukça fazla tercih edilmiştir. Tüllenme rengi genellikle mavi- beyazdır.

2.7.2. Kolemanit

Doğal boratlar grubunda yer alan kolemanit, kalsiyum ve bor oksit bileşiğinden oluşmaktadır. Bulunduğu bölgeye göre renksiz, beyaz veya gri renklerde olabilen kolemanit minerali, monoklinik[7] kristal sisteminde kristalleşen bir mineraldir. Sertliği 4-4,5 olup 2.42 özgül ağırlığa sahiptir. Kimyasal formülü, $2CaO.3B_2O_3.5H_2O$ olarak bilinmektedir (Ediz, Özdağ 2001:138).



Fotoğraf 9: Kolemanit Minerali, Pınar Çalışkan Güneş Fotoğraf Arşivi



Fotoğraf 10: Kolemanit Minerali, Pınar Çalışkan Güneş Fotoğraf Arşivi

[7]Monoklinik, zayıf bir simetriye sahip kristal yapı çeşidi(https://mse.iyte.edu.tr/kristalografi/).

Seramik sırlarında düşük sıcaklıklarda kuvvetli eriticilerden biridir. Kimyasal reaksiyon özelliği bakımından oldukça tercih edilen hammaddelerden biridir. Seger formülünde bazik kısmında 0,5-0,8 aralığında kullanımı ideal oranlardır. 0,9-1 mol aralığında kullanımında sır hatası olarak kolemanit atmasına neden olmaktadır. Tez kapsamında hazırlanan fritli ve ham sır harmanlarında kolemanit ilavesiyle olumlu bor tülü etkiler elde edilmiştir. Tüllenme rengi genellikle mavi- beyazdır.

2.7.3. Borik Asit

Boraks mineralinin sülfürik asit ile reaksiyonuna bağlı olarak oluşan borik asit, suda çözünebilen bir oksittir. Ergime noktası 169°C olup özgül ağırlığı 1,44 mol olan kristal yapılı bir maddedir. Kimyasal formülü $B_2O_3.3H_2O$'dur (Ediz,Özdağ 2001:138).

Borik asit, sır içerisinde eritici özelliğinin yanı sıra camlaştırıcı özelliği nedeniyle kuvars yerine kullanılabilecek borat türlerinden biridir. Seger formülünde asidik kısımda yer alır. İyi bir eriticidir. Sırların erime sıcaklıklarını düşürür. Geniş erime aralığına sahiptir. Sır harmanında %5- %10 aralığında sırdaki genleşmeyi katsayısını düşürüp çatlamaları engelleyebilmektedir. Ancak %12 den fazla kullanımında sır çatlağı oluşturmaktadır. Artistik bor tülü sırlarında yoğun şekilde kullanıma sahip olan borik asit, çinko ve kalsiyum oksit ilaveleriyle, reaksiyona bağlı başarılı etkiler elde etmek mümkündür (Mete,2020:228). Tüllenme rengi genellikle mavi- beyazdır.

2.7.4. Boraks

Bor cevherinin rafine edilip kimyasal reaksiyon sonucu dehidrasyona[8] uğramasıyla elde edilen boraks sodyum borat mineralidir. Beyaz kristal toz halinde bir yapıdadır. Erime derecesi 750°C olup sertliği, 2-2.5 ve özgül ağırlığı 1.715 mol'dür. Kimyasal formülü $Na_2B_4O_7.10H_2O$'dur. Suda kolay çözünür (Ediz,Özdağ 2001:138).

Düşük dereceli sırlarda eritici ve camlaşma özelliğinden dolayı 550°C'de kalsine edilip kullanılmaktadır. Sırlarda vizkoziteyi düşürüp sırın erimesini kolaylaştırmaktadır (Stefanov, 2004:196). Sır harmanında %35 ve üzeri oranlarda kullanımı sırda lokal

[8] Dehidrasyon , su kaybı.

toplanmalara neden olmaktadır. Kalsiyum veya çinko oksit katkılarıyla bor tülü etkileri elde edilmektedir. Tüllenme rengi genellikle mavi- beyazdır.

2.7.5. Çinko Borat

İçeriğinde 0-1 mol çinko oksit ve bor oksit bileşiğinden meydana gelen çinko borat, ana eriticilerdendir. Sır harman içeriğine bağlı olarak erime sıcaklığı 780 ila 1180°C aralığında değişmektedir. Düşük genleşme kat sayısına sahiptir. Çinko borat katkısıyla sırlarda pastel tonlar elde edilebilir. Bu borat bileşiği ile kristal sırlar, akışkan sırlar, krakle sırlar, opak sırlar ve bor tülü sırlar elde edilebilir (Stefanov, 2004:196).

İçeriğindeki çinko ve bor oksit reaksiyonuna bağlı olarak, özellikle kırmızı bünyelerde bor tülü oluşumuna önemli katkıları vardır. Tüllenme rengi genellikle mavi-beyazdır.

2.7.6. Çinko Oksit

Tek başına aktif bir eriticilik özelliği gösteremeyen toprak alkaliler grubunda yer alan çinko oksit diğer alkali, borlu, kurşunlu sırlara eser miktardaki ilavesiyle reaksiyon sonucu kuvvetli bir eritici olarak davranmaktadır. Sır içerisinde opaklaştırıcı bir görev de üstlenmektedir. Yüksek sıcaklıklarda eritici görevi görmektedir. Sırda kaynama ve krater oluşumu gibi hataları engellemektedir. Sırın içerisinde %7 üzerinde kullanılırsa pişirim esnasında sıvı cam fazdan katı cam faza geçerken çinko silikat kristalleri oluşarak bor tülü etkileri meydana gelir (Mete,2020:228). ZnO kimyasal formülü ile bilinmektedir. Beyaz renkte tüllenmeyi destekler.

2.7.7. Kalsiyum Oksit

Yüksek derecelerde iyi bir eritici özelliği gösteren kalsiyum oksit, sır ve çamur bünye arasında ara tabaka görevi görmektedir. Cam fazı oluşumunu destekler. Mermer, dolomit, wollastonit gibi hammaddeler kalsiyum oksit bileşikleridir ve sır harmanına bu hammaddeler ile katkı sağlar. 2572°C de eriyen kalsiyum oksit tek başına eritici bir rol oynamasa da diğer oksit ilaveleriyle reaksiyonuna bağlı eritmeye yardımcı bir toprak alkalidir (Rode,1989:92). Bazı çamur bünyelere mukavemet sağlamak için ilave edilir.

Seramik sırlarında ise dayanıklılık ve düşük derecelerde sertlik kazandırır. Seger formülünde 0,3 mol üzerinde kullanıldığında sırı matlaştırır. Özellikle kırmızı menemen çamurunda gözlemlenebilen, sır pişirim aşamasında çamur bünyedeki kalsiyumun sır içeriğindeki bor ile reaksiyona girip kalsiyum borat kristalleri meydana gelmektedir. Bu durum bisküvinin sır derecesinden çok daha düşük derecelerde pişmesiyle meydana gelen bir durumdur. Böylece bor tülü etkisi meydana gelmektedir. Tüllenme reaksiyonu beyazdır.

2.7.8. Kuvars

Doğada genellikle kristaller halinde bulunan kuvarsın erime derecesi 1700°C dir. Erime derecesi çok yüksek olduğundan sır içeriğinde camlaştırıcı özelliği ancak uygun oranda bazik oksitlerle tepkimeye girerek ortaya çıkabilmektedir. Kuvars (SiO_2) kovalent bağlı bir yapıda olduğundan sıkı bir bağa sahiptir (Rode,1989:93). Seger formülünde sır pişirim derecesi olarak belirleyici bir rol oynar. Oranı ne kadar yükselirse sır pişirim derecesi de aynı oranda yükselir. Sır içeriğinde renk katkısı yoktur. Yalnızca fazla kullanımında sırı opaklaştırmaktadır.



Fotoğraf 11: Kuvars, Pınar Çalışkan Güneş Fotoğraf Arşivi

Bor tülü sırlarında kullanım miktarı genellikle %10 -%20 aralığındadır. Sır pişiriminde bozunmadan kalabilen kuvars cam fazında iskelet görevi görerek deformasyonu engellemektedir. Beta kristal yapısından alfa kristal yapısına geçiş aşamasında kalsiyum veya çinko silikat kristallerinin oluşumuyla bor tülü etkiler sağlanmaktadır (Mete, 2020:193). Sır içeriğinde kullanılan opaklaştırıcı hammadde

ilaveleriyle tüllenme renklerinin değişiminde önemli bir rol oynar % 10-12 oranlarında kullanımında opaklaştırıcı hammaddelerin tüllenme rengi ön plana çıkarken %20-22 oranlarında kullanımında bor bileşiklerinin tüllenme rengini ön plana çıkarmaktadır.

2.7.9. Kaolen

Kaolen $Al_2O_3.SiO_2.2H_2O$ formülüyle bilinen, sırlarda bağlayıcı görevi üstlenen temel oksit bileşenlerinden biridir. Hem asitlerle hem de bazlarla tepkimeye girerek sırın yüzeyde tutunmasını sağlamaktadır. Sırda kullanım oranına bağlı olarak tıpkı kuvars gibi sırın erime sıcaklığını belirler. Erime derecesi 2040°C olan kaolen, sırın mekanik direncini arttırıp ısıl genleşmeyi azaltmaktadır. Sıra sertlik verir (Rohde, 1989:89).

Katkı oranına bağlı bir şekilde kuvars ile reaksiyona girerek sır akışkanlığını azaltması sebebiyle kristal ayrışmalarını engelleyen bu hammaddenin kullanımı bor tülü sırlarında eser miktardadır. Özellikle soğuma esnasında devitrifikasyonu önlemektedir (Fraser,2010:112).

2.7.10. Zirkon Oksit

Doğada mineral olarak bulunabilen zirkon oksit inorganik bir bileşiktir. Seramik sırlarında genellikle %6-%9 oranlarında yarı örtücülük, %10-%15 oranlarında tam örtücülük sağlamaktadır. Maliyet açısından kalay oksit yerine kullanılan bir hammaddedir. Sır yüzeyine mekanik dayanıklılık sağlamakta, ısıl şok direnci kazandırmaktadır (Mete,2020:226).

Bor tülü denemelerinde krom pembesi rengini yakalamak amacıyla kalay oksit yerine kullanılmış olup renkte başarılı sonuçlar elde edilememiştir. Tüllenmeye destek sağlayan zirkon oksidin tül rengi beyazdır.

2.7.11. Kalay Oksit

Doğada kasiderit minerali olarak bulunabilen, inorganik bir maddedir. Seramik sırlarına opaklık özelliği kazandırırken aynı zamanda eritici görevi de görmektedir. Erime

noktası 1150°C olup 560°C de yumuşamaktadır (Mete,2020:226). Sırın sıvı cam fazında sırın içinde çözünmeden, çok ince bir opaklık dağılımı göstermektedir.

Tez kapsamında yapılan denemelerde krom pembesi renk etkisini yakalamak adına %5 oranlarında kalay oksit katkısıyla çok başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

2.7.12. Titan dioksit

Silisyum gibi asidik özelliklere sahip titan dioksit seramik sırlarında kristal oluşumunu ve sır yüzeyini matlaştırmayı desteklemektedir. Aynı zamanda renk veren oksitlerle birlikte kullanımında farklı renk değişiklikleri meydana gelmektedir.

Bor tülü sır denemelerinde renklendirici oksit olarak yalnızca titan dioksit kullanımıyla özellikle kırmızı bünyedeki sonucunda sarımtırak bir etki elde edilmiştir. Renk veren oksitleri desteklemesi amacıyla %3 oranında kullanılmıştır. Bor tülüne sarı renk katkısı sağlamaktadır.

2.7.13. Lityum Karbonat

Çok kuvvetli eriticilerden biri olan lityum karbonatın erime noktası 1700 °C dir. Viskoziteyi düşürür. Alkalilere nazaran genleşme kat sayısı daha düşüktür. Yüzey gerilimini arttıran lityum karbonat sırlara parlaklık verir. Maliyeti yüksek olmasından dolayı kullanımı çok tercih edilmez. Kristal sırlarda kristalleri destekleyen bir hammaddedir (Mete,2020:221).

Bor tülü sır uygulamalarında bor tülü oluşumuna özellikle kobalt ilaveli denemelerde oldukça olumlu etkiler yaratmakla birlikte D-3 kodlu sır bazının renk veren oksit ilaveleriyle sonuçlanan denemelerde kristal oluşumunu desteklemektedir.

2.8. Renk Veren Oksitler

Doğal kaynaklı metal oksitlerin sır içeriğinde çözünmesiyle çeşitli renkler oluşmaktadır. Bu renk çeşitliliği sır ve uygulanan bünye yapısına, pişirildiği fırın atmosferine ve maruz kaldığı pişirim sıcaklığına bağlı olarak oldukça değişkenlik göstermektedir. Araştırma kapsamında bor oranı yüksek, akıcı sır bazlarının içeriğinde

bulunan borat türlerine göre aynı renk veren oksit kullanımında farklı renk tonları elde edilir.

2.8.1. Bakır Oksit ve Bakır Karbonat (CuO-$CuCO_3$)

Bakır oksidin ergime derecesi karbonata göre çok daha yüksektir. Bakır oksidin ergime derecesi 1478°C iken bakır karbonat 500°C de erimektedir. Sırlara ilavesinde renk katkısının yanı sıra ergitici özelliğiyle yüzeyin parlak olmasına katkıda bulunur (Taçyıldız, 2018: 32).

Bakır oksit ile sır bazının içeriğine ve pişirim atmosferine bağlı olarak mavi, yeşil, kırmızı gibi renk tonları elde edilmektedir. %8-%25 kullanım oranları aralığında sıra doygunluk kazandırıp metalik etkiler ve aventürün sırlar elde edilebilmektedir.

Bor tülü sırlarında bakır oksit ilavesiyle mavi tonlar, bakır karbonat ilavesi ile de turkuaz tonları elde edilmektedir. Çinko boratın bakır karbonat ile tepkimesiyle yeşil tonlar oluşmaktadır. Kırmızı bünyede bakır karbonat yeşile dönük sarımtırak bir etki oluşturmaktadır.



Fotoğraf 12: %2 Bakır Oksit İlaveli Bor Tülü Etkili Sır Denemesi, Eylül Kurtcebe,2024



Fotoğraf 13: %2 Bakır Karbonat İlaveli Bor Tülü Etkili Sır Denemesi, Eylül Kurtcebe,2024

2.8.2 Demir Oksit (Fe_2O_3)

Seramik sırlarının renklendirilmesinde oldukça yaygın bir kullanıma sahip olan demir oksit tıpkı bakır oksit gibi sır içeriğinde eritici görevi görür.

Oksidasyonlu pişirim atmosferinde sır içeriğine ve kullanım oranına bağlı olarak sarı, kızıl, kahverengi renk tonları elde edilmektedir. Kaolen ilavesi olmayan sırlarda demir oksit doygunluğu ile aventürün sırlar elde edilmektedir. Redüksiyonlu pişirimde ise seladon yeşili etkiler yakalanmaktadır.

Bor tülü denemelerinde çok etkili bir renk skalasına sahip olmayan demir oksit ilavesiyle ham sır bazlarında kırmızı bünyede kirli sarı, beyaz ve şamotlu bünyede kahverengi tonlarında renkler elde edilmektedir. Firitli sırlarda kırmızı bünyede renk reaksiyonu bor mavisidir. Şamot ve beyaz bünyede ise pembe renk tepkimesi gerçekleşmektedir.



Fotoğraf 14: %3 Demir Oksit İlaveli Bor Tülü Etkili Sır Denemesi, Eylül Kurtcebe,2024

2.8.3. Krom Oksit (C_2O_3)

Krom oksit çok kuvvetli bir renklendirici olup geniş bir renk skalasına sahiptir. %2-%3 oranlarında sır harmanına katkısıyla yoğun yeşil renk elde edilir. Bol kurşunlu sırlarda 900°C pişirim sonucunda %1-%3 oranlarında krom kırmızısı oluşmaktadır. %0.05-%0.1 oranlarında kalay oksit ve titanyum dioksit katkılarıyla pembe tonları elde edilmektedir.

Tez kapsamında yapılan denemeler sonucunda şamotlu ve beyaz bünyelerde krom pembesi oldukça başarılı sonuçlanırken kırmızı bünyede bor mavisi etkiler elde edilmiştir.

2.8.4. Mangan Dioksit (MnO_2)

Mangan dioksit çoğunlukla mor ve siyah renk elde edilmek için kullanılmaktadır. Sır bazlarından bol kurşunlu bir sırda manganın reaksiyonu kahverengidir. Alkali içeriği yüksek olan sırlarda da mor renk elde edilir.

Bor oranı yüksek olan bor tülü sırlarında mangan dioksit tepkimesi, beyaz bünyelerde sıcak tonlu kahve, şamotlu ve kırmızı çamur bünyelerde kirli pembe renk tonları elde edilmektedir.



Fotoğraf 15: %3 Mangan Dioksit İlaveli Bor Tülü Etkili Sır Denemesi, Eylül Kurtcebe,2024

2.8.5. Nikel Oksit (NiO)

Güçlü renklendiricilerden biri olan nikel oksit, %5 oranından fazla kullanımında sırı matlaştırmaktadır. Kurşunlu, bol çinko oksit oranlı sırlarda pembe, yosun yeşili, mavi, kahverengi-mor renk etkileri yakalamak mümkündür. Yüksek pişirim sıcaklıklarında (1250^{o}C-1300^{o}C) daha etkili renk tonları elde edilmektedir.

Bor oranı yüksek bor tülü sırlarında 1165^{o}C sıcaklıktaki renk reaksiyonu bej tonlarıdır.

2.8.6. Kobalt Oksit (CoO)

Kobalt oksit, krom oksit gibi çok güçlü bir renklendiricidir. Tane boyutları sebebiyle öğütme işlemi gerektiren kobalt oksit yerine kobalt karbonat kullanımı daha yaygındır. Kobalt oksit yeteri kadar öğütülmezse sırda benek etkiler yaratmaktadır. Çeşitli sır bazlarında genellikle baskın mavi tonları elde edilmektedir. Kalay oksit ile opaklaştırılmış sırlarda mor etkiler yakalamak mümkündür.

Bor tülü sırlarında kobalt oksit miktarı %0.1-%0.5 aralığında tutulduğunda açık mavi tonları elde edilmektedir. Bakır karbonat ilavesiyle alacalı mavi tonları elde edilmektedir.



Fotoğraf 16: %0.1 Kobalt Oksit İlaveli Bor Tülü Etkili Sır Denemesi, Eylül Kurtcebe,2024

3. BÖLÜM

BOR TÜLÜ SIR ARAŞTIRMALARI VE UYGULAMALAR

3.BÖLÜM
BOR TÜLÜ SIR ARAŞTIRMALARI VE UYGULAMALAR

3.1. Bor Tülü Sır Denemelerinde Uygulanan Fırın Programları

Artistik bor tülü etkilerinde bisküvi ve sır pişirim programlarındaki saat ve bekleme süreleri tüllenmeyi sağlayan borat kristallerinin oluşumu için oldukça önemlidir. Bu bölümde deneme ve uygulamaların bisküvi ve sır pişirim programlarında oluşturulan rejimler incelenmiştir.

3.1.1.Bisküvi Pişirim Programı

Bor tülü etkisi oluşumunda bisküvi pişirim derecesi önemli bir etkendir. Çamur bünyedeki kalsiyum borat kristallerinin sır pişiriminde gelişmesini sağlamak gerekmektedir. Tez kapsamında sır pişirim derecesi 1165˚C olan bor tülü sırlar için en makul bisküvi derecesi 940 ˚C olarak belirlenmiştir. Sır denemelerinde bisküvi pişirimin düşük olması, bor tülü etkisiyle birlikte bazı denemelerde iğne deliği hatalarına da sebep olmuştur.

Tablo 8: Bisküvi Pişirim Programı, 2024

ADIM	SAAT	DERECE˚C
1.Adım	2 saat	60˚C
2.Adım	4 saat	500˚C
3.Adım	55 dk	573˚C
4.Adım	2 saat	750˚C
5.Adım	2 saat	940˚C
6.Adım	10 dk bekleme	940˚C

3.1.2. Sır Pişirim Programı

Sır pişirim programında birinci adımda oda sıcaklığından 500 ˚C ye kadarki süreçte suyun uzaklaşması, organik maddelerin yanması, bünyedeki kristal su ve kil

tabakalarındaki OH gruplarının ayrılması reaksiyonları meydana geldiği için sağlıklı bir OH grup ayrılması önceliği sebebi ile 4 saatlik bir zaman belirlenmiştir. İkinci adımda kuvarsın(alfa-beta) kristal değişim aşamasının sağlıklı oluşabilmesi için 500°C -573 °C aralığında 55 dakikalık bir zaman dilimi vardır. Üçüncü adımda karbonat bozulmaları yaşanması sebebiyle 573 °C den 750 °C ye ulaşması için 2 saatlik bir süreç gerekmektedir. Dördüncü adımda sır bünye sıvı faz evresine geçmektedir. Beşinci adımda ise sır tamamen sıvı faz halindedir. Altıncı adım bor tülü etkisi için çok kritik bir adım olmakla birlikte bekleme süresinin hem sırdaki gaz çıkışını sağlayacağı hem de borat kristallerin homojen yayılım göstermeden katı faz evresine geçmesi gerektiğinden kontrollü bir süre belirlenmesi önemlidir.

Tablo 9: Sır Pişirim Programı, 2024

ADIM	SAAT	DERECE°C
1.Adım	4 saat	500 °C
2.Adım	55 dk	573°C
3.Adım	2 saat	750 °C
4.Adım	2 saat	1000 °C
5.Adım	2 saat	1165 °C
6.Adım	10 dk bekleme	1165 °C

Fırının soğuma sırasında 1165 °C den 965°C ye kadar fırının gözlem delikleri kapatılıp soğuma hızı yavaşlatılmıştır. Bu sayede kalsiyum borat ve çinko silikat kristallerinin gelişmesine katkı sağlanmıştır.

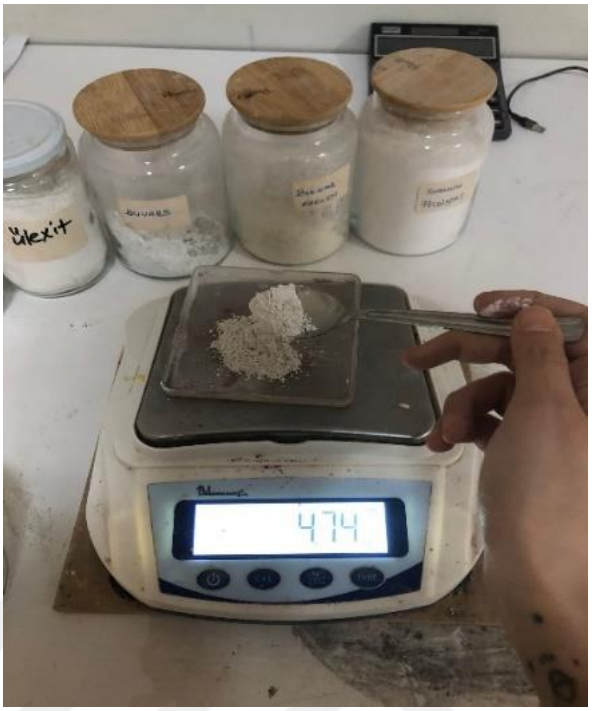
3.2. Ham Sırlardan Oluşan Bor Tülü Araştırmaları

Bor tülü sırlarda ham reçete oluşum aşamasında suda çözünmeyen hammaddelerin kullanımı tercih edilmiştir. Bunun sebebi suda çözünen hammaddeler, su molekülleri ile iyonik veya polar bağlar kurarak çözeltide dağılır. Bu çözünürlük, hammaddelerin kimyasal yapılarını ve özelliklerini önemli ölçüde değiştirmesinden dolayı suda çözünen hammaddelerin kullanımı tercih edilmemiştir. Hammaddelerin kalsine edilmemesinden dolayı sır harmanları sarsak değirmende (1/3 hammadde, 1/3

alümina bilye,1/3 su) öğütülmüş olup renk veren oksitler havanda öğütülerek ilave edilmiştir. Sır bazı öğütüldükten sonra 80 meshlik elekten geçirilmiştir. Deneme uygulamalarında sır bazları 6 cm çapında deneme plakalarına uygulanmış olup renk veren oksit ilaveli denemelerde sırın akışkanlığından dolayı yaklaşık 8 cm çapında 4 cm yüksekliğinde kaselere akıtma yöntemi ile uygulanmıştır. Şamotlu, kırmızı ve beyaz olmak üzere üç farklı bünyede denemeler gerçekleşmiştir.

Bor oranı yüksek olan bor tülü sırlarında kaolen gibi bağlayıcı hammaddelerin artistik etkileri önlemesinden dolayı eser miktarda ilave edilmesi sebebiyle krakle etkiler meydana gelmektedir. Bu sebeple gıdaya uygunluğu yoktur.

Ham sırlarda bor tülü etkisi adına kullanılan bazik grubundan birincil hammaddeler üleksit, kolemanit, boraks, çinko borat, mermer ilave edilmiştir. Sır harmanlarında hem eser miktarda kaolen katkısı için hem de ergime derecesini yükseltmek amacıyla albit ve nefelin siyenit gibi feldispatların kullanımı tercih edilmiştir. Dereceyi yükseltmesi amacıyla asit grubunda bulunan kuvars maddesi kullanılmıştır.



Fotoğraf 17: Hammadde tartımı, 2024



Fotoğraf 18: Bor tülü sır uygulaması, 2024

Uygulanan sır reçeteleri ve seger formülleri tablo 10-19 arasında gösterilmektedir.

3.2.1. D-1 Kodlu Deneme

Tablo 10: D-1 Deneme**,**

KIRMIZI BÜNYE	ŞAMOT BÜNYE	BEYAZ BÜNYE
		

Reçete

%30 Albit

%39,5 Kolemanit

%20 Kuvars

%3,70 Kaolen

% 3,8 Çinko Borat

Seger Formülü

$$\begin{pmatrix} 0{,}3\ Na_2O & & 2{,}38\ SiO_2 \\ & 0{,}6\ CaO\quad 0{,}2\ Al_2O_3 & \\ 0{,}1\ ZnO & & 0{,}6\ B_2O_3 \end{pmatrix}$$

Tablo 11: 1 No'lu Sır Bazının Deneme Sonuçları,

D-1	Bor Tülü Oluşumu	Bor Tülü Rengi	Köpürme	Parlama
Kırmızı Bünye	+	Mavi – Beyaz Alacalı	-	+
Şamot Bünye	+	Beyaz	-	+
Beyaz Bünye	+	Beyaz	-	+

3.2.2. D-2 Kodlu Deneme

Tablo 12: D-2 Deneme**,**

KIRMIZI BÜNYE	ŞAMOT BÜNYE	BEYAZ BÜNYE
		

Reçete

%35,7 Nefelin Siyenit

%17,6 Kuvars

%32,5 Üleksit

%7,39 Mermer

%5,25 Zirkon Oksit

Seger Formülü

0,3 Na_2O			1,7 SiO_2
0,2 CaO	0,12 Al_2O_3		0,1 B_2O_3
0,5 K_2O			0,1 ZrO_2

Tablo 13: 2 No'lu Sır Bazının Deneme Sonuçları

D-2	Bor Tülü Oluşumu	Bor Tülü Rengi	Köpürme	Parlama
Kırmızı Bünye	+	Mavi – Beyaz Alacalı	-	+
Şamot Bünye	+	Beyaz	-	+
Beyaz Bünye	+	Beyaz	-	+

3.2.3. D-3 Kodlu Deneme

Tablo 14: D-3 Deneme

KIRMIZI BÜNYE	ŞAMOT BÜNYE	BEYAZ BÜNYE
		

Reçete

%39,5 Albit

%16,85 Üleksit

%16,85 Lityum Oksit

%20 Kuvars

%3,8 Mermer

Seger Formülü

$$\begin{pmatrix} 0{,}4\ Na_2O & & 1{,}7\ SiO_2 \\ & 0{,}5\ LiO \quad 0{,}16\ Al_2O_3 & \\ 0{,}1\ CaO & & 0{,}2\ B_2O_3 \end{pmatrix}$$

Tablo 15: 3 No'lu Sır Bazının Deneme Sonuçları

D-3	Bor Tülü Oluşumu	Bor Tülü Rengi	Köpürme	Parlama
Kırmızı Bünye	+	Mavi – Beyaz Alacalı	-	+
Şamot Bünye	+	Mavi- Beyaz Alacalı	-	+
Beyaz Bünye	+	Beyaz	-	+

3.2.4. D-4 Kodlu Deneme

Tablo 16: D-4 Deneme

KIRMIZI BÜNYE	ŞAMOT BÜNYE	BEYAZ BÜNYE
		

Reçete

%35,15 Kristal Boraks

%35,8 Kolemanit

% 1,5 Kaolen

%9,6 Kuvars

%14,75 Borik Asit

%4 Titanyum Oksit

Seger Formülü

$$\left(\begin{array}{cccc} 0{,}7\ Na_2O & & & 1\ SiO_2 \\ 0{,}3\ CaO & 0{,}05\ Al_2O_3 & & 1{,}6\ B_2O_3 \\ & & & 0{,}2\ TiO_2 \end{array}\right)$$

Tablo 17: 4 No'lu Sır Bazının Deneme Sonuçları

D-4	Bor Tülü Oluşumu	Bor Tülü Rengi	Köpürme	Parlama
Kırmızı Bünye	+	Sarı – Beyaz Alacalı	+	-
Şamot Bünye	+	Sarı	+	-
Beyaz Bünye	+	Sarı – Beyaz Alacalı	+	-

3.2.5. D-5 Kodlu Deneme

Tablo 18: D-5 Deneme

KIRMIZI BÜNYE	ŞAMOT BÜNYE	BEYAZ BÜNYE
		

Reçete

%37,8 Kolemanit

%5,37 Mermer

%10 Çinko Borat

%10,7 Kuvars

%35,5 Borik Asit

%3 Titanyum Oksit

Seger Formülü

$$\begin{pmatrix} 0{,}8\ CaO & & 0{,}9\ SiO_2 \\ 0{,}2\ ZnO & 0{,}05\ Al_2O_3 & 1\ B_2O_3 \\ & & 0{,}1TiO_2 \end{pmatrix}$$

Tablo 19: 5 No'lu Sır Bazının Deneme Sonuçları

D-5	Bor Tülü Oluşumu	Bor Tülü Rengi	Köpürme	Parlama
Kırmızı Bünye	+	Mavi – Sarı Alacalı	-	+
Şamot Bünye	-	-	-	+
Beyaz Bünye	-	-	+	+

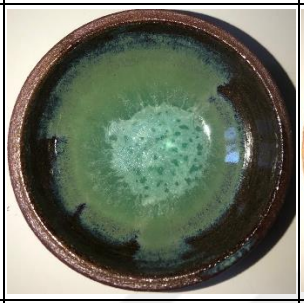
Tez kapsamında yapılan baz denemelerinde oluşan tül renkleri farklı içeriğe sahip sır bazlarına ve bünye özelliğine göre farklı renk reaksiyonu verdiği gözlemlenmiştir. Bunun nedeni çamur bünye içerisindeki kalsiyum borat kristalleri ve sır içeriğinde optimal düzeyde opaklık sağlayan çeşitli hammaddelerin ve bor bileşiklerinin tepkimesiyle meydana geldiği saptanmıştır. İçeriğinde titanyum oksit (bkz: D-4 ve D-5) ilavesi bulunduran sır bazlarında üç farklı çamur bünyede sarı bir tüllenme meydana gelmektedir. Çinko oksit ve çinko borat ilaveli denemelerde (bkz: D-1 ve D-2) şamot ve beyaz çamur bünyede beyaz tüllenme oluşurken kırmızı çamur bünyede içeriğinde bulunan kalsiyum borat kristallerinin de desteği ile mavi beyaz alacalı bir etki oluşmaktadır. Zirkon oksit ilaveli (bkz: D-2) denemede ise üç bünyede beyaz bir tüllenme reaksiyonu meydana gelmiştir.

Belirli oranlarda opaklık sağlayan asit yapıdaki kuvars maddesinin oranlarının %20-22 aralığında kullanımı özellikle kırmızı bünyede mavi tüllenmeyi desteklediği, %10-12 aralığında kullanımında ise sır bazına opaklaştırıcı destek sağlayan diğer hammaddelerin daha baskın renk katkısı sağladığı gözlemlenmiştir.

Denemeler sonucunda D-1, D-2 ve D-3 kodlu ham sır reçeteleri üç farklı çamur bünyede olumlu sonuçlandığı için renk veren oksit ilaveleriyle denenmiştir. Renk veren oksit ilaveleri üç bazda da aynı oranda ilave edilip tüllenme renklerine katkıları incelenmiştir. Renklendirici oksit ilavesi olarak bakır oksit, bakır karbonat, mangan dioksit, demir oksit, kobalt oksit, krom oksit ve nikel oksit olmak üzere toplamda yedi farklı metal oksitlerin renk reaksiyonu gözlemlenmiştir.

3.3.Renk Veren Oksit İlaveli Ham Sır Denemeleri

Tablo 20: D-1 Kodlu Sır Bazı ile Renk Veren Oksit İlaveli Denemeler

OKSİT KATKISI	KIRMIZI	ŞAMOT	BEYAZ
%2 Bakır Oksit %3 Titanyum Oksit			
%3 Bakır Karbonat %3 Titanyum Oksit			
%1,5 Mangan Oksit %3 Titanyum Oksit			
%3 Demir Oksit %3 Titanyum Oksit			
%0.3 Kobalt Oksit %3 Titanyum Oksit			

%1 Krom Oksit %3 Titanyum Oksit			
%1,5 Nikel Oksit %3 Titanyum Oksit			

Bu bölümde D-1 kodlu bor tülü sır bazının yedi farklı renklendirici oksit ilaveleri ile renk tepkimeleri incelenmiştir.

Bakır oksit ve bakır karbonat kullanımında renk reaksiyonu yeşil, tüllenme etkisi ise mavi ve yeşil açık tonlarda bir reaksiyon sergilemektedir.

Mangan dioksit ilavesi ile kırmızı bünyede kirli pembe reaksiyon gözlemlenirken, tüllenme rengi sarı baskınlığında mavi ile alacalı bir tepkime oluşturmuştur. Beyaz ve şamot bünyede ise mangan dioksit etkisi açık pembe iken beyaz tüllenme reaksiyonu gözlemlenmektedir.

Demir oksit katkısıyla yapılan deneme sonucuna göre üç bünyede de aynı renk ve tüllenme reaksiyonuna sahip olduğu gözlemlenmiştir. Sarı-kahve baskın renk tonu mavi beyaz tüllenme etkisiyle alacalı bir görünüme neden olmuştur.

Kuvvetli renklendiricilerden biri olan kobalt oksit ilavesinin D-1 sır bazında üç farklı bünyede de baskın mavi bir ton verirken beyaz tüllenme etkisiyle artistik bir efekt elde edilmiştir.

Krom oksit ilavesi ile elde edilen sonuçlara göre kırmızı bünyede sarı tüllenme daha baskın reaksiyon vererek krom yeşiline kirli, alacalı bir etki yaratmıştır. Şamot ve beyaz bünyede krom yeşili, açık yeşil bor tülü tepkimesiyle efektif bir görünüm elde edilmiştir.

Nikel oksit katkısıyla demir oksit reaksiyonu gibi baskın sarı- kahve renk tonları elde edilmiştir. Tüllenme etkisi kırmızı bünyede sarı ve mavi alacalı bir etki yaratırken, beyaz ve şamot bünyede ana tondan daha açık bir ton ile tepkime göstermiştir.

D-1 deneme sonuçlarına göre, renk veren oksit ilavelerinin havanda öğütülme ve uygulama kalınlığına bağlı olarak akıcılık esaslı, bazı kaselerde homojen renk dağılımı gerçekleşemediği gözlemlenmiş olup diğer denemelerde öğütme ve gramaj kalınlığına dikkat edilerek uygulamalar gerçekleşmiştir.

Tablo 21: D-2 Kodlu Sır Bazı ile Renk Veren Oksit İlaveli Denemeler

OKSİT KATKISI	**KIRMIZI**	**ŞAMOT**	**BEYAZ**
%2 Bakır Oksit %3 Titanyum Oksit			
%3 Bakır Karbonat %3 Titanyum Oksit			

%1,5 Mangan Oksit %3 Titanyum Oksit			
%3 Demir Oksit %3 Titanyum Oksit			
%0.3 Kobalt Oksit %3 Titanyum Oksit			
%1 Krom Oksit %3 Titanyum Oksit			
%1,5 Nikel Oksit %3 Titanyum Oksit			

Bu bölümde D-2 kodlu bor tülü sır bazının yedi farklı renklendirici oksit ilaveleri ile renk tepkimeleri incelenmiştir.

Bakır oksit ve bakır karbonat kullanımında renk reaksiyonu yeşil, tüllenme etkisi ise mavi ve yeşil açık tonlarda bir reaksiyon sergilemektedir.

Mangan dioksit ilavesi ile kırmızı bünyede pembe renk gözlemlenirken, tüllenme rengi beyaz ve mavi ile alacalı bir tepkime oluşturmuştur. Beyaz ve şamot bünyede ise mangan dioksit etkisi açık pembe iken beyaz tüllenme reaksiyonu gözlemlenmektedir.

Demir oksit katkısıyla yapılan deneme sonucuna göre üç bünyede de aynı renk ve tüllenme reaksiyonuna sahip olduğu gözlemlenmiştir. Sarı-kahve baskın renk tonu, koyu-açık kahve ve beyaz tüllenme etkisiyle alacalı bir görünüme neden olmuştur.

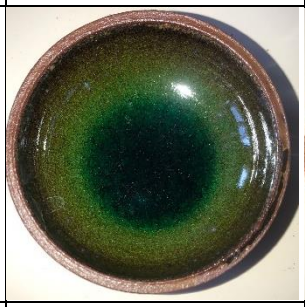
Kobalt oksit katkılı D-2 sır bazında üç farklı bünyede de baskın mavi bir ton verirken tül etkileri açık ve koyu mavi tonlarında artistik bir efekt elde edilmiştir.

Krom oksit ilavesi ile elde edilen sonuçlara göre kırmızı bünyede mavi alt yapılı yeşil ton hakimken tüllenme etkisi açık yeşil tonlarında gözlemlenmektedir. Şamot ve beyaz bünyede krom yeşili, açık yeşil bor tülü tepkimesiyle efektif bir görünüm elde edilmiştir. Sır yüzeyinde titan oksidin yeterli öğütülmemesinden kaynaklı kahverengi benekler oluşmuştur.

Nikel oksit katkısıyla üç farklı bünyede de baskın bej rengi elde edilirken tüllenme etkisiyle koyu ve açık bej tonlarıyla artistik etkiler meydana gelmiştir.

D-2 deneme sonuçlarına göre, renk veren oksitleri desteklemek amacıyla sır içerisine ilave edilen titan oksitin öğütülmesi yeterli gelmediğinden bazı deneme sonuçlarında artistik etkilere neden olsa da bazı denemelerde eriyemeyip sırda dokusal bir benek oluşumu meydana gelmiştir.

Tablo 22: D-3 Kodlu Sır Bazı ile Renk Veren Oksit İlaveli Denemeler

OKSİT KATKISI	KIRMIZI	ŞAMOT	BEYAZ
%2 Bakır Oksit %3 Titanyum Oksit			
%3 Bakır Karbonat %3 Titanyum Oksit			
%1,5 Mangan Oksit %3 Titanyum Oksit			
%3 Demir Oksit %3 Titanyum Oksit			
%0.3 Kobalt Oksit %3 Titanyum Oksit			

%1 Krom Oksit %3 Titanyum Oksit			
%1,5 Nikel Oksit %3 Titanyum Oksit			

Bu bölümde D-3 kodlu bor tülü sır bazının yedi farklı renklendirici oksit ilaveleri ile renk tepkimeleri incelenmiştir.

Bakır oksit kullanımında D-3 sır bazında beyaz ve kırmızı bünyede bor tülü etkisi meydana gelmemiştir. Şamot bünyede yeşil baskın tonlu mavi- yeşil alacalı tüllenme etkisi gözlemlenmiştir. Bakır karbonat kullanımında ise kırmızı ve şamot bünyede bor tülü etkisi gözlemlenip beyaz bünyede o etki oluşmamıştır. Kırmızı bünyede mavi renk baskın ton olarak meydana gelip tüllenme lacivert ve yeşil tonlarında meydana gelmiştir. Şamotlu bünyede ise yeşil renk ton yoğunluğunda, lacivert ve yeşil tüllenmeler gözlemlenmektedir. Üç bünyede de lityum karbonat ve titanyum oksidin tepkimesiyle kristal nüve oluşumları meydana gelmiştir.

Mangan dioksit ilavesi ile kırmızı ve beyaz bünyelerde eser miktarda bor tülü etkisi oluşmuştur. Şamot bünyede daha yoğun bir tüllenme meydana gelmiştir. Kırmızı bünyede mavi-beyaz tüllenme gözlemlenmiş olup beyaz bünyede ise mangan kahvesinin açık ve koyu tonlarında etkiler oluşmuştur. Aynı zamanda küçük kristaller

gözlemlenmiştir. Şamot bünyede ise mavi- beyaz tüllenme gözlemlenirken mangan kahvesi mat kristaller oluşmuştur.

Demir oksit katkısıyla yapılan deneme sonucuna göre kırmızı ve şamot bünyede bor tülü etkileri gözlemlenmektedir. İki bünyede de mavi beyaz tüllenmeler meydana gelmiştir. Kırmızı ve beyaz bünyede kristal oluşumu gözlemlenmektedir.

Kobalt oksit katkılı D-3 sır bazında üç farklı bünyede de baskın mavi bir ton verirken tül etkileri açık ve koyu mavi tonlarında artistik bir efekt elde edilmiştir. Kırmızı ve beyaz bünyede kristaller gelişmiştir.

Krom oksit ilavesi ile elde edilen sonuçlara göre üç bünyede de bor tülü etkisi oluşmamıştır.

Nikel oksit katkısıyla yalnızca şamot bünyede tüllenme meydana gelmiş olup kırmızı ve beyaz bünyelerde tüllenme gözlemlenememiştir.

D-3 deneme sonuçlarına göre, lityum karbonat ilavesi barındırmasından dolayı bor tülü etkisi her denemede olumlu sonuçlanamamış olup ayrıca lityum ve titan oksidin tepkimesiyle sır yüzeyinde kristaller meydana gelmiştir.

3.4. Firitli Bor Tülü Sır Araştırmaları

Bor tülü etkisini yakalayabilmek için tüllenmeyi etkileyen birçok etken vardır. Bunlar bisküvi pişirim derecesi, sır içeriği, uygulama yoğunluğu, sır bazının olgunlaşma evresi, sıvı cam fazdan katı cam faza geçişteki bekleme süresi ve soğuma evresi önemli faktörlerdendir. Ana etken ise sır içeriğinde kalsiyum, bor oksit oranları, alüminyum ve kuvars maddelerinin optimal bir uyum içerisinde eklenmesi önemli bir husustur.

Araştırmanın bu bölümünde kalsiyum oksit, çinko oksit, alüminyum oksit ve kuvars oranları göz önünde bulundurularak çeşitli firitlerle denemeler yapılmış, çoğunlukla yerli firit kullanımı tercih edilmiştir.

Tablo 23: Bor Tülü Oluşumuna Uygun Firit Analizi Örneği, Gizem Frit 2023

CHEMICAL COMPOSITION				
CaO-MgO	Na_2O-K_2O	B_2O_3	Al_2O_3	SiO_2
5-8	17-20	11-14	5-8	54-59

Tez kapsamında analize benzer nitelikteki, çoğunluğu yerli olan firit araştırmaları gerçekleşmiştir. Bu fritler; Kale Bodur un 6116 ve 9509 kodlu firitleri, Gizem Firit'in 4035 kodlu firiti ve Ferro nun FRT 128 Kodlu firiti olmak üzere toplam dört farklı firit ile bor tülü etkiler araştırılmıştır. Denemelerdeki reçete oranları genellikle iki farklı firitin %50-%50 oranlarında kullanılıp %5 oranında bor bileşiklerinin katkılarıyla oluşmaktadır. Hassas terazide 100 gr tartılan firitli harman, 80 ml su ve 0.1 gr Magnezyum klorür ile sarsak değirmende 20 dakika öğütülmüştür. Öğütülen sıvı sır 80 meshlik elekten elenmiştir. Uygulanmaya hazır olan sır bazı renk veren oksit ile birlikte havanda öğütülerek, kaselere akıtma yöntemi ile uygulanmıştır.

Uygulanan sır reçeteleri tablo 24-32 arasında gösterilmektedir.

3.4.1. F-1 Kodlu Deneme

Tablo 24: F-1 Deneme

KIRMIZI BÜNYE	ŞAMOT BÜNYE	BEYAZ BÜNYE
		

Reçete

%100 Gizem Firit Flux 4035

%0.1 Magnezyum Klorür

Tablo 25: F-1 Kodlu Sır Bazının Deneme Sonuçları

F-1	Bor Tülü Oluşumu	Bor Tülü Rengi	Köpürme	Parlama
Kırmızı Bünye	-	-	-	+
Şamot Bünye	-	-	-	+
Beyaz Bünye	-	-	-	+

3.4.2. F-2 Kodlu Deneme

Tablo 26: F-2 Deneme

KIRMIZI BÜNYE	ŞAMOT BÜNYE	BEYAZ BÜNYE
		

Reçete

%100 Kale Firit Flux 6116

%0.1 Magnezyum Klorür

Tablo 27: F-2 Kodlu Sır Bazının Deneme Sonuçları

F-2	Bor Tülü Oluşumu	Bor Tülü Rengi	Köpürme	Parlama
Kırmızı Bünye	-	-	-	+
Şamot Bünye	-	-	-	+
Beyaz Bünye	-	-	-	+

3.4.3. F-3 Kodlu Deneme

Tablo 28: F-3 Deneme

KIRMIZI BÜNYE	ŞAMOT BÜNYE	BEYAZ BÜNYE
		

Reçete

%100 Ferro Firit FRT 128

%0.1 Magnezyum Klorür

Tablo 29: F-3 Kodlu Sır Bazının Deneme Sonuçları

F-3	Bor Tülü Oluşumu	Bor Tülü Rengi	Köpürme	Parlama
Kırmızı Bünye	+	-	-	+
Şamot Bünye	-	-	-	+
Beyaz Bünye	-	-	-	+

3.4.4. F-4 Kodlu Deneme

Tablo 30: F-4 Deneme

KIRMIZI BÜNYE	ŞAMOT BÜNYE	BEYAZ BÜNYE
		

Reçete

%100 Ferro Firit FRT 128

%5 Çinko Borat

%0.1 Magnezyum Klorür

Tablo 31: F-4 Kodlu Sır Bazının Deneme Sonuçları

F-4	Bor Tülü Oluşumu	Bor Tülü Rengi	Köpürme	Parlama
Kırmızı Bünye	+	Mavi- Beyaz Alacalı	-	+
Şamot Bünye	+	Beyaz	-	+
Beyaz Bünye	+	Beyaz	-	+

3.4.5. F-5 Kodlu Deneme

Tablo 32: F-5 Deneme

KIRMIZI BÜNYE	ŞAMOT BÜNYE	BEYAZ BÜNYE
		

Reçete

%50 Gizem Firit Flux 4035

%50 Kale Firit Transparan 9509

%5 Üleksit

%0.1 Magnezyum Klorür

Tablo 33: F-5 Kodlu Sır Bazının Deneme Sonuçları

F-5	Bor Tülü Oluşumu	Bor Tülü Rengi	Köpürme	Parlama
Kırmızı Bünye	+	Mavi	-	+
Şamot Bünye	+	Pembe	-	+
Beyaz Bünye	+	Beyaz	-	+

3.4.6. F-6 Kodlu Deneme

Tablo 34: F-6 Deneme

KIRMIZI BÜNYE	ŞAMOT BÜNYE	BEYAZ BÜNYE
		

Reçete

%50 Kale Firit Flux 6116

%50 Kale Firit Transparan 9509

%5 Kolemanit

%0.1 Magnezyum Klorür

Tablo 35: F-6 Kodlu Sır Bazının Deneme Sonuçları

F-6	Bor Tülü Oluşumu	Bor Tülü Rengi	Köpürme	Parlama
Kırmızı Bünye	+	Mavi	-	+
Şamot Bünye	+	Pembe	-	+
Beyaz Bünye	+	Beyaz	-	+

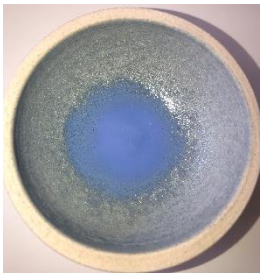
Tez kapsamında yapılan baz denemelerinde oluşan tül renkleri farklı içeriğe sahip sır bazlarına ve bünye özelliğine göre farklı renk reaksiyonu verdiği tıpkı ham sır bazlarında olduğu gibi firit içerikli sırlarda da gözlemlenmiştir. Özellikle Kale Firit Transparan 9509 kodlu firit katkılarında kırmızı bünyede renklendirici bir oksit olmamasına rağmen canlı mavi tonlu tül etkisi elde edilmişken şamotlu bünyede de pembe renk tonunda bir tüllenme meydana gelmiştir.

Firitli sır denemelerinde magnezyum klorür maddesinin sır içeriğinde kullanım nedeni, ekstra kaolen katkısı olmamasından dolayı sırda çok fazla çökme oluşmaktadır. Sırda çökmeyi ayrıştırması ve sır bileşimini daha çözünür hale getirmesi sebebiyle kullanılmıştır.

Denemeler sonucunda F-4, F-5 ve F-6 kodlu firitli sır reçeteleri üç farklı çamur bünyede olumlu sonuçlandığı için renk veren oksit ilaveleriyle denenmiştir. Renk veren oksit ilaveleri üç bazda da aynı oranda ilave edilip tüllenme renklerine katkıları incelenmiştir. Renklendirici oksit ilavesi olarak bakır oksit, bakır karbonat, mangan dioksit, demir oksit, kobalt oksit, krom oksit ve nikel oksit olmak üzere toplamda yedi farklı metal oksitlerin renk reaksiyonu gözlemlenmiştir.

3.5. Renk Veren Oksit İlaveli Firitli Sır Denemeleri

Tablo 36: F-4 Kodlu Sır Bazı ile Renk Veren Oksit İlaveli Denemeler

OKSİT KATKISI	KIRMIZI	ŞAMOT	BEYAZ
%3 Bakır Oksit %3 Titanyum Oksit			
%3 Bakır Karbonat %3 Titanyum Oksit			
%2 Mangan Oksit %3 Titanyum Oksit			
%3 Demir Oksit %3 Titanyum Oksit			
%0.3 Kobalt Oksit %3 Titanyum Oksit			

%0.03Krom Oksit %2 Kalay Oksit %3 Titanyum Oksit			
%1 Nikel Oksit %1 Kalay Oksit %3 Titanyum Oksit			

Bu bölümde F-4 kodlu bor tülü firitli sır bazının yedi farklı renklendirici oksit ilaveleri ile renk tepkimeleri incelenmiştir.

Bakır oksit ve bakır karbonat kullanımında renk reaksiyonu yeşil, tüllenme etkisi özellikle kırmızı bünyede mavi tonları gözlemlenirken, beyaz ve şamot bünyede yeşil açık tonlarda bir reaksiyon sergilemektedir.

Mangan dioksit ilavesi ile kırmızı bünyede kirli pembe reaksiyon gözlemlenirken, tüllenme rengi sarı baskınlığında mavi ile alacalı bir tepkime oluşturmuştur. Beyaz ve şamot bünyede ise mangan dioksit etkisi açık pembe iken beyaz tüllenme reaksiyonu gözlemlenmektedir.

Demir oksit katkısıyla yapılan deneme sonucuna göre üç bünyede de aynı renk ve tüllenme reaksiyonuna sahip olduğu gözlemlenmiştir. Sarı-kahve baskın renk tonu mavi beyaz tüllenme etkisiyle alacalı bir görünüme neden olmuştur.

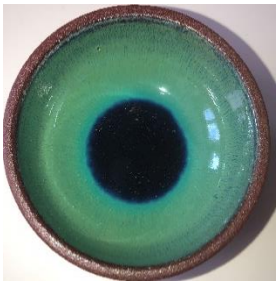
Kuvvetli renklendiricilerden biri olan kobalt oksit ilavesinin F-4 sır bazında üç farklı bünyede de baskın mavi bir ton verirken beyaz tüllenme etkisiyle artistik bir efekt elde edilmiştir.

Krom oksit ilavesi ile elde edilen sonuçlara göre üç bünyede de kalay oksit ve titan oksit katkılarıyla pembe renk tonu elde edilmiş az miktarda beyaz tüllenmeler gözlemlenmiştir.

Nikel oksit katkısıyla baskın bej tonları elde edilmiştir. Tüllenme etkisi kırmızı bünyede sarı ve mavi alacalı bir etki yaratırken, beyaz ve şamot bünyede ana tondan daha açık bir ton ile tepkime göstermiştir.

F-4 deneme sonuçlarına göre, aynı uygulama yöntemi ve aynı gramaj olmasına rağmen kırmızı ve şamot bünyede kase duvarlarında da bor tülü etkileri oluşurken beyaz bünyede duvarlarda tutunamayıp kase diplerinde biriktiği gözlemlenmiştir.

Tablo 37: F-5 Kodlu Sır Bazı ile Renk Veren Oksit İlaveli Denemeler

OKSİT KATKISI	**KIRMIZI**	**ŞAMOT**	**BEYAZ**
%3 Bakır Oksit %3 Titanyum Oksit			
%3 Bakır Karbonat %3 Titanyum Oksit			

%2 Mangan Oksit %3 Titanyum Oksit			
%3 Demir Oksit %3 Titanyum Oksit			
%0.3 Kobalt Oksit %3 Titanyum Oksit			
%0.01 Krom Oksit %2 Kalay Oksit %3 Titanyum Oksit			
%1 Nikel Oksit %2 Kalay Oksit %3 Titanyum Oksit			

Bu bölümde F-5 kodlu bor tülü sır bazının yedi farklı renklendirici oksit ilaveleri ile renk tepkimeleri incelenmiştir.

Bakır oksit kullanımında renk reaksiyonu yeşil, tüllenme etkisi ise mavi ve yeşil açık tonlarda bir reaksiyon sergilemektedir. Bakır karbonat ilavesi ile ortaya çıkan sonuçlara göre kırmızı ve şamot bünyede mavi tonları elde edilirken beyaz bünyede yeşil tonlarında sonuçlar elde edilmiştir.

Mangan dioksit ilavesi ile kırmızı bünyede mavi ve tonlarında tüllenmeler elde edilmiş olup, şamot ve beyaz bünyede pembe tüllenme etkisi elde edilmiştir.

Demir oksit katkısıyla yapılan deneme sonucuna göre tıpkı mangan dioksit reaksiyonu gibi kırmızı bünyede mavi tonlarında etkiler gözlemlenirken şamot ve beyaz bünyede pembe tüllenme etkisi meydana gelmiştir.

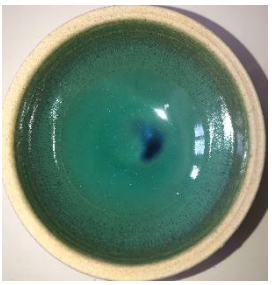
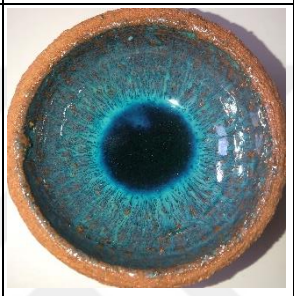
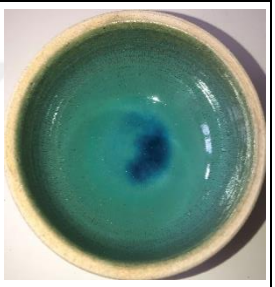
Kobalt oksit katkılı F-4 sır bazında üç farklı bünyede de baskın mavi bir ton verirken tül etkileri açık ve koyu mavi tonlarında artistik bir efekt elde edilmiştir.

Krom oksit ilavesi ile elde edilen sonuçlara göre üç bünyede pembe renk reaksiyonu verirken az da olsa beyaz tüllenme etkileri gözlemlenmiştir.

Nikel oksit katkısıyla üç farklı bünyede de baskın bej rengi elde edilirken tüllenme etkisiyle koyu ve açık bej tonlarıyla artistik etkiler meydana gelmiştir.

F-5 deneme sonuçlarına göre, çoğu deneme başarılı sonuçlanmıştır.

Tablo 38: F-6 Kodlu Sır Bazı ile Renk Veren Oksit İlaveli Denemeler

OKSİT KATKISI	**KIRMIZI**	**ŞAMOT**	**BEYAZ**
%3 Bakır Oksit %3 Titanyum Oksit			
%3 Bakır Karbonat %3 Titanyum Oksit			
%2 Mangan Oksit %3 Titanyum Oksit			
%3 Demir Oksit %3 Titanyum Oksit			
%0.3 Kobalt Oksit %3 Titanyum Oksit			

%0.01Krom Oksit %2 Kalay Oksit %3 Titanyum Oksit			
%1 Nikel Oksit %2 Kalay Oksit %3 Titanyum Oksit			

Bu bölümde F-6 kodlu bor tülü sır bazının yedi farklı renklendirici oksit ilaveleri ile renk tepkimeleri incelenmiştir.

Bakır oksit kullanımında renk reaksiyonu yeşil, tüllenme etkisi ise mavi ve yeşil açık tonlarda bir reaksiyon sergilemektedir. Bakır karbonat ilavesi ile ortaya çıkan sonuçlara göre kırmızı ve şamot bünyede mavi tonları elde edilirken beyaz bünyede yeşil tonlarında sonuçlar elde edilmiştir.

Mangan dioksit ilavesi ile kırmızı bünyede mavi ve tonlarında tüllenmeler elde edilmiş olup, şamot ve beyaz bünyede pembe ve mor tüllenme etkisi elde edilmiştir.

Demir oksit katkısıyla yapılan deneme sonucuna göre tıpkı mangan dioksit reaksiyonu gibi kırmızı bünyede mavi tonlarında etkiler gözlemlenirken beyaz bünyede pembe ve şamot bünyede alacalı sarı-mavi tüllenme etkisi meydana gelmiştir.

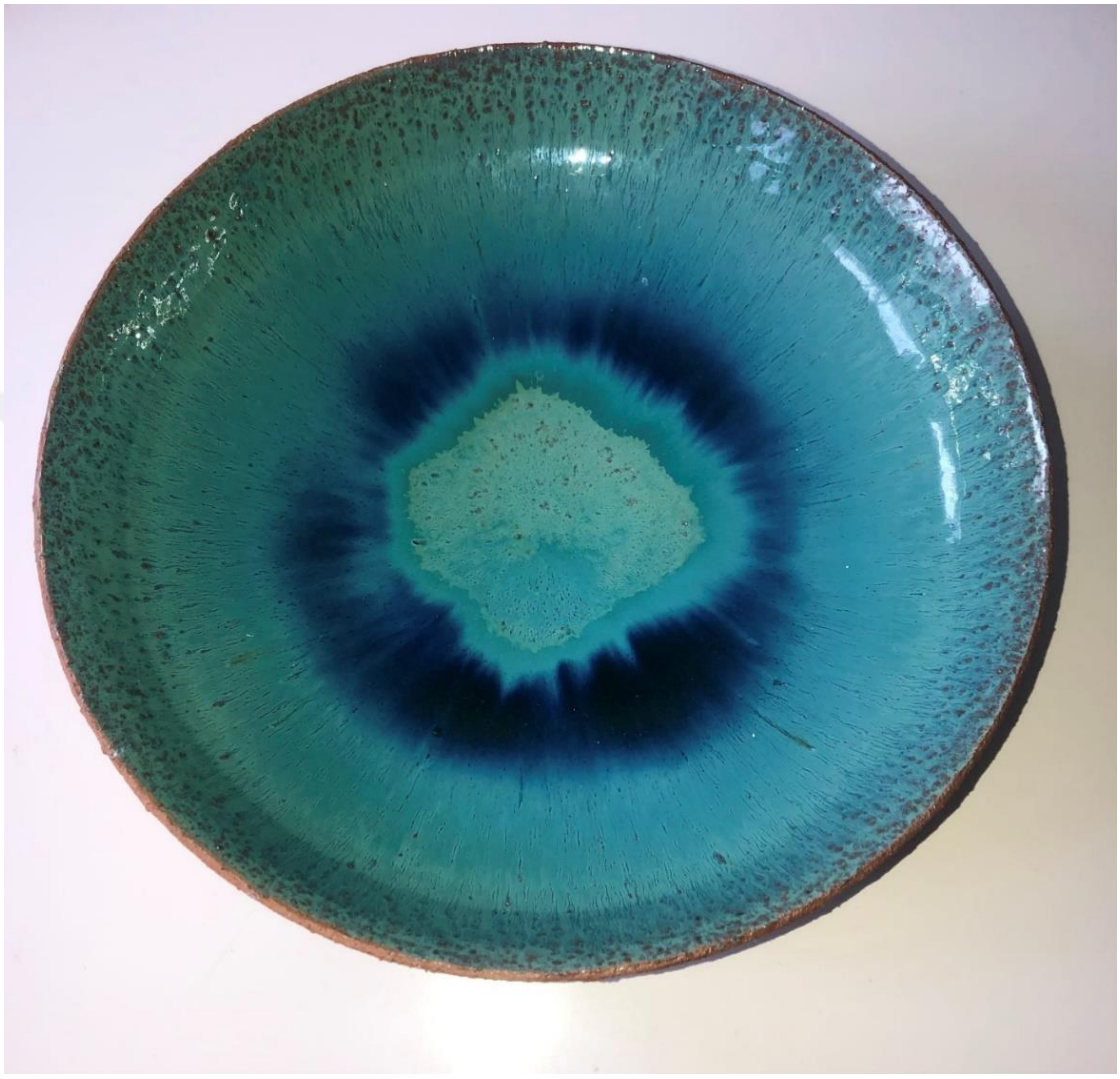
Kobalt oksit katkılı F-6 sır bazında üç farklı bünyede de baskın mavi bir ton verirken tül etkileri açık ve koyu mavi tonlarında artistik bir efekt elde edilmiştir.

Krom oksit ilavesi ile elde edilen sonuçlara göre üç bünyede pembe renk reaksiyonu verirken az da olsa beyaz tüllenme etkileri gözlemlenmiştir.

Nikel oksit katkısıyla üç farklı bünyede de baskın bej rengi elde edilirken tüllenme etkisiyle koyu ve açık bej tonlarıyla artistik etkiler meydana gelmiştir.

F-6 deneme sonuçlarına göre, çoğu deneme başarılı sonuçlanmıştır. Yalnızca krom oksit denemelerinde opaklık sınırı aşıldığı için çok etkili tüllenme reaksiyonu elde edilememiştir.

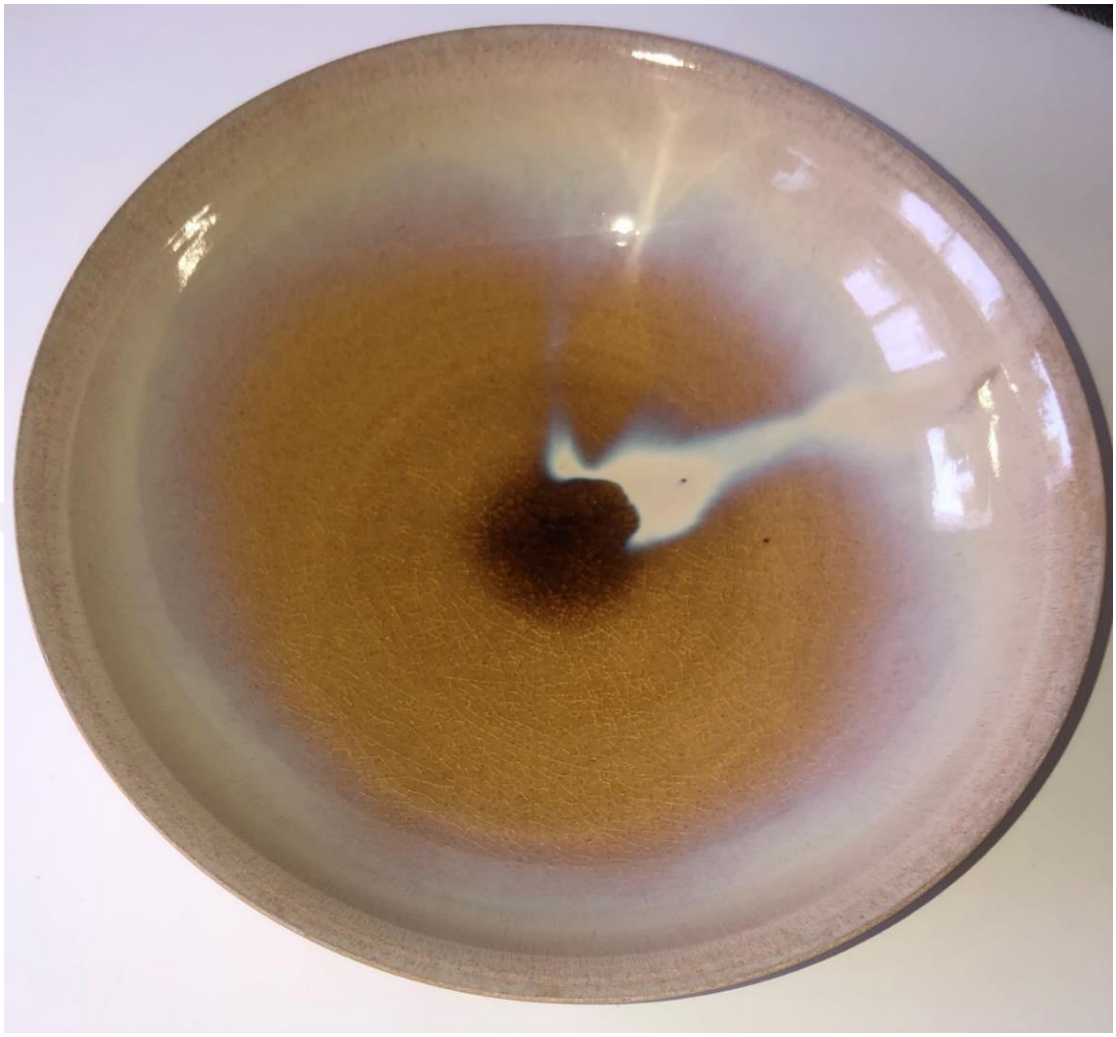
3.6. Uygulamalar



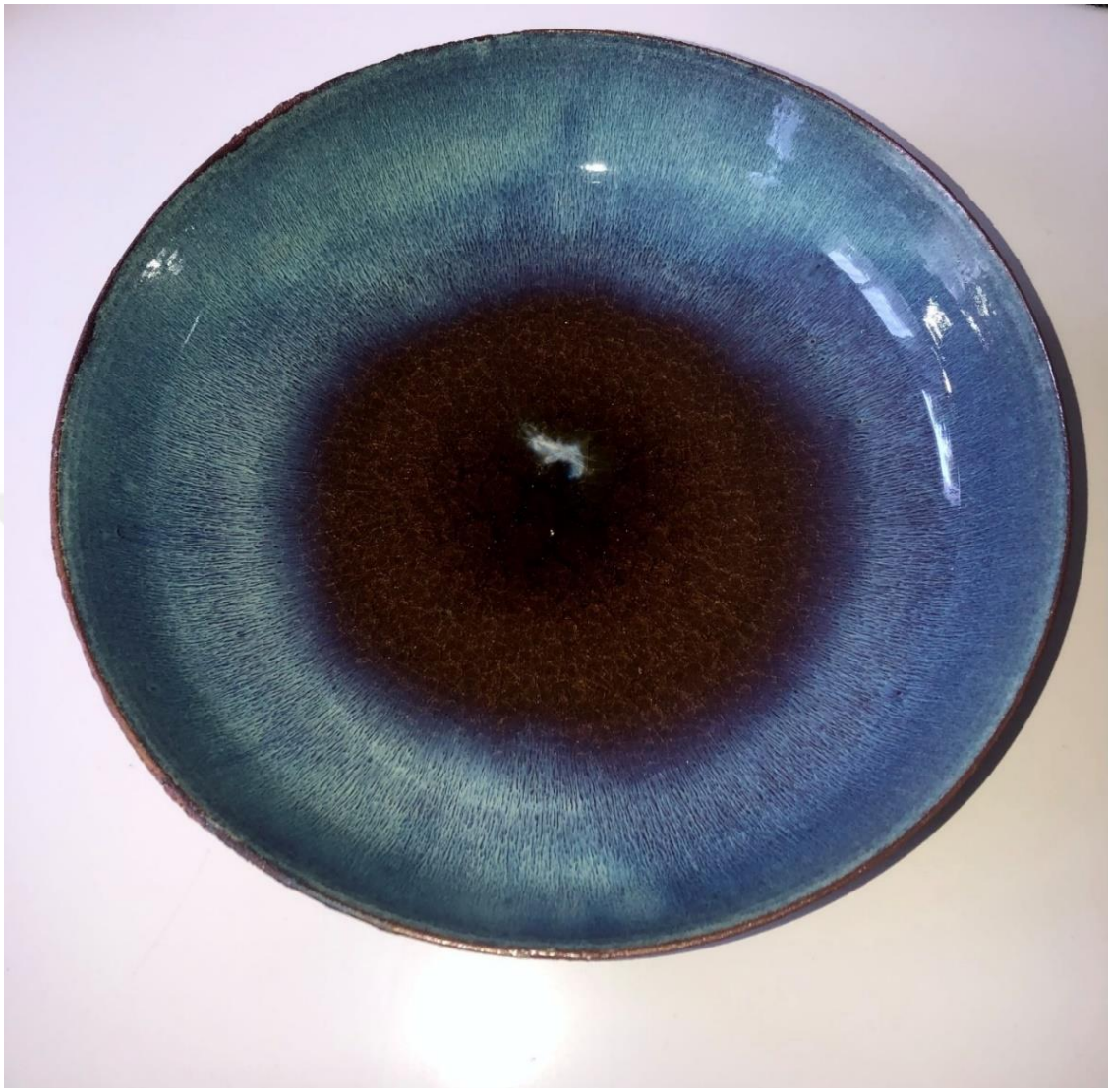
Fotoğraf 19: Ø: 29 cm, H: 5 cm, 1165 °C, Torna Yöntemi ile Şekillendirme, Şamot Bünye, Bor Tülü Sır



Fotoğraf 20: Ø: 31 cm, H: 6 cm, 1165 °C, Torna Yöntemi ile Şekillendirme, Şamot Bünye, Bor Tülü Sır



Fotoğraf 21: Ø: 32 cm, H: 5 cm, 1165 °C, Torna Yöntemi ile Şekillendirme, Beyaz Bünye- Stoneware, Bor Tülü Sır



Fotoğraf 22: Ø: 32 cm, H: 5 cm, 1165 °C, Torna Yöntemi ile Şekillendirme, Kırmızı Bünye- Stoneware, Bor Tülü Sır



Fotoğraf 23: Ø: 29 cm, H: 5 cm, 1165 °C, Torna Yöntemi ile Şekillendirme Kırmızı Bünye- Stoneware, Bor Tülü Sır

SONUÇ

Bor tülü, seramik sırlarda kalsiyum, çinko ve bor oksitlerin tepkimesi sonucu oluşan kristalleşmelere verilen isimdir. Bu kristaller sır yüzeyinde sütlü bir görünüme neden olur. Bilimsel kaynaklarda devitrifikasyon olarak adlandırılan bor tülü, ilk hata olarak meydana gelmiştir. Deneysel çalışmalarda renklendirici oksitlerle birlikte kullanıldığında, sır yüzeyinde özgün ve estetik efektler elde edilmiştir.

Bor tülü etkisini yakalayabilmek için tüllenmeyi etkileyen birçok etken vardır. Bunlar bisküvi pişirim derecesi, sır içeriği, uygulama yoğunluğu, sır olgunlaşma evresi, sıvı cam fazdan katı cam faza geçişteki bekleme süresi ve soğuma evresi önemli faktörlerdendir.

Tez kapsamında kullanılan kırmızı ve şamot bünyelerde bor tülü etkisi beyaz bünyeye göre daha başarılı gelişmiştir. Ham sırların denemesinde ne kadar farklı artistik efektler elde edilse de firitli sırlarda bor tülü etkisi daha homojen oluştuğu gözlemlenmiştir.

Yapılan araştırmalara göre bisküvi pişirim derecesi çamur içeriğindeki kalsiyum kristallerinin sırlı pişirim esnasında gelişebilmesi için oldukça önemli bir rol oynar. Bisküvi derecesi ne kadar düşük ise bor tülü reaksiyonu daha kararlı bir şeklide meydana gelmektedir. Özellikle bu durum kırmızı bünyelerde gözlemlenebilmektedir. Bu durum göz önüne alınarak bisküvi pişirimleri 940°C de geçekleşmiştir. Sırlı pişirimde ise sırın olgunlaşma derecesinden ilk 200°C deki soğuma evresine kadar gözlem deliklerinin kapatılıp soğumanın yavaşlatılması bor tülü oluşumuna önemli katkı sağlamaktadır.

Sır içeriğinde farklı bor bileşenlerinin farklı opaklık özelliği gösteren hammaddelerle reaksiyonunda farklı renkte tüllenme etkileri meydana geldiği saptanmıştır. Farklı renkte tüllenme etkilerinin renk veren oksitlerle reaksiyonu gözlemlenmiştir. Bu reaksiyonlara bağlı olarak 1165°C de;

Bakır oksidin ham sırlarda da firitli sırlarda da yeşil baskın tonlu mavi-beyaz tüllenme etkileri gözlemlenirken bakır karbonatın ham sırlarda baskın yeşil tonlu mavi beyaz tüllenmeler elde edilmiş olup firitli sırlarda mavi baskın tonlu lacivert ve beyaz tüllenmelerin meydana geldiği saptanmıştır.

Mangan dioksit ilavesiyle elde edilen verilere göre ham sırlarda baskın kirli pembe tonlu sarı, mavi ve beyaz tüllenmeler oluşurken firitili sırlarda uygulanan bünye özelliğine göre mavi- beyaz, pembe- beyaz, sarı renk tonları elde edilmiştir.

Demir oksit ilaveli ham denemelerde sarı kahve baskın tonlu mavi beyaz tüllenme etkileri gözlemlenmektedir. Firitli sır bazında ise tıpkı mangan dioksit gibi uygulanan bünye özelliğine göre mavi- beyaz, pembe- beyaz, sarı renk tonları meydana gelmiştir.

Kobalt oksit katkılı firit ve ham sır bazlarında üç farklı bünyede de baskın mavi bir ton verirken tül etkileri açık ve koyu mavi tonlarında artistik bir efekt elde edilmiştir.

Krom oksidin katkı oranlarına bağlı olarak ham sırlarda yeşil tonlu alacalı etkiler elde edilirken firitli sırlarda kalay ve titanyum oksit desteği ile pembe renk elde edilip beyaz tüllenme tepkimesi gözlemlenmiştir.

Nikel oksit ham ve firitli bazlarında aynı bej tonunu verse de uygulanan bünye özelliğine göre tüllenme etkileri açık -koyu bej tonlarında ve mavi-sarı alacalı tonları elde edilmiştir.

Sır özelliği bakımından bor tülü sırlar çok akıcı sırlardır. İçeriğinde yüksek oranda bulunan bor oksit katkısı nedeniyle krakle oluşumu vardır. Bu sebeple yeme içme kaplarında kullanımı önerilmez.

İlk olarak hata adı altında bilinen bor tülü etkisinin hatanın kullanılabilirliği ile artistik efektler elde etmek amacıyla yapılan araştırma denemeleri başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada artistik etkiler yakalamak ön planda olsa da seri üretimde karşılaşılan devitrifikasyon hatasının nasıl engellenebileceği de tez kapsamında sunulmuştur.

KAYNAKÇA

FRASER, H (2010). *Seramik Hataları ve Çözüm Yöntemleri,* çev. Zeliha Mete-İlker Özkan, İzmir: Karakalem Kitabevi Yayınları :4

LAWRENCE W.G.- WEST R.R. (2001). *Ceramic Scıence For The Potter,* A.B.D.: Gentle Breeze.Publishing

METE, Z. (2020). *Seramik Kimyası,* İzmir: Tibyan Yayınları

RHODES, D. (1973). *Clay and Glazes For The Potter* (Revised Edition), Pennsylvania: Chilton Book Company.

TAÇYILDIZ, Ensar (2018). *Seramik Sırının Sırı*, İstanbul: Hayalperest Yayınevi

Makaleler

YİĞİTBAŞIOĞLU, Hakan (2004). *Türkiye İçin Önemli Bir Maden: Bor,* Ekim- Kasım 2004. ss. 13-25.

KALAFATOĞLU, İ. E. ve ÖRS, S. N. (2003). *21. Yüzyılda Bor Teknolojileri ve Uygulamaları,* BAÜ Fen Bil. Enst. Derg. (2003).5.1. TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri ss.59-61.

DEMİRTAŞ A. (2004). *Bor Bileşikleri ve Tarımda Kullanımı,* Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, Sayı 37, ss.111-115.

EDİZ N. ve ÖZDAĞ H. (2001). *Bor Mineralleri ve Ekonomisi,* Dumlupmar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kütahya-TÜRKIYE, Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Eskişehir-TÜRKİYE ss.33-51.

STEFANOV S. (2000). *Applications Of Borate Compounds For The Preparation Of Ceramic Glazes,* Glass Tech, December 2000, ss. 193-196

Basılmamış Kaynaklar (Tezler)

YURTSEVEN, Çiçek (2019). *Füzyon Tekniğinde Yaygın Olarak Karşılaşılan Problemler ve Çözüm Yolları*, Yüksek Lisans Tezi, dan. Prof. Mustafa Ağatekin, Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Cam Anasanat Dalı, Eskişehir.

YALAZ N.- KOCAKUŞAK S. ve KALAFATOĞLU E. (1988). *İnorganik Bor Bileşikleri Kaynak Araştırması, Bor Oksit,* TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri, Mart 1988, Gebze- Kocaeli.

ÖZGEÇMİŞ

Ad: Eylül

Soyad: KURTCEBE

Eğitim Durumu

Lise: Akhisar Zeynep Gülin Öngör Kız Teknik ve Meslek Lisesi / Grafik Bölümü (2010-2014)

Lisans: Selçuk Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü (2015-2016)

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik ve Cam Tasarımı Bölümü (2016-2021)

Yüksek Lisans: Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik ve Cam Tasarımı Bölümü (2021-2024)

İş Tecrübesi veya Stajlar Bölümü

Akhisar Belediyesi Halkla İlişkiler Bölümü Grafik Tasarım alanında Staj (2014)

Graniser Seramik Fabrikası (2018)

Çorum Boğazkale Kazısı , Hattuşa (2019)

Barış Seramik Atölyesi (2021)

Ardode Seramik Atölyesi(2022)

Gorbon Mimarlık Seramik (2022)

Sertifikalar

Karşıyaka Belediyesi Can Dostları Workshop-2016

Dokuz Eylül Üniversitesi Seramik ve Cam Tasarımı Bölümü “4. Seramik Sanatı Eğitimi Konferansı-2017”

Anadolu Üniversitesi “7. Uluslararası Sanat Sempozyumu-2019”

7. Bodrum Engelliler Sağlık Vakfı Sanat Çalıştayı-2019

Dokuz Eylül Üniversitesi Seramik ve Cam Tasarımı Bölümü “Seramik ile Mekan OluşturmaYer Edinme-2019 “

Anadolu Üniveristesi “Uluslararası Çaydanlık Sergisi-2019”

Dokuz Eylül Üniversitesi Seramik ve Cam Tasarımı Bölümü yıl sonu öğrenci sergisi-2017

Anadolu Üniversitesi “8. Uluslararası Sanat Sempozyumu”-2021

Anadolu Üniversitesi “Anagama Sergisi-Online”-2022

8. Bodrum Engelliler Sağlık Vakfı Sanat Çalıştayı-2022

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endemik Çağrışımlar Sergisi-2022