



**KALSİYUM OKSİT İÇEREN HAM MADDELERİN SİR BÜNYESİNDE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Sanatta Yeterlik Tezi

Esra ÖZTÜRK RAZİ

Eskişehir 2025

**KALSİYUM OKSİT İÇEREN HAM MADDELERİN SİR BÜNYESİNDE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Esra ÖZTÜRK RAZİ

SANATTA YETERLİK TEZİ

Seramik Anasanat Dalı

Danışman: Prof. Dr. Münevver ÇAKI

İkinci Danışman: Doç. Dr. Ayşe TUNALI

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Temmuz 2025

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Esra ÖZTÜRK RAZİ “Kalsiyum Oksit İçeren Ham Maddelerin Sır Bünyesinde Etkilerinin Araştırılması” başlıklı tezi 07/07/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek “Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin” ilgili maddeleri uyarınca, Seramik Anasanat dalında Sanatta Yeterlik tezi olarak kabul edilmiştir.

	<u>Unvanı Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı):	Prof. Dr. Münevver Çakı	
Üye:	Prof. Duygu Kahraman	
Üye:	Prof. Ezgi Hakan	
Üye:	Prof. Hasan Başkırkan	
Üye:	Doç. Leyla Kubat	

Enstitü Müdürü

ÖZET

KALSİYUM OKSİT İÇEREN HAM MADDELERİN SİR BÜNYESİNDE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Esra ÖZTÜRK RAZİ

Seramik Anasanat Dalı

Seramik Programı

Anadolu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Temmuz 2025

Danışman: Prof. Dr. Münevver ÇAKI

Seramik yüzeylerde estetik çeşitlilik sağlayan sırlar, yalnızca görsel nitelikleriyle değil, aynı zamanda yüzeyin teknik özelliklerini belirleyen işlevsel bileşenlerdir. Seramik sırları tarih boyunca hem işlevsel hem estetik amaçlarla kullanılmış; malzeme bilgisi ve yüzey etkilerine yönelik araştırmalar ise sanatçılara yeni ifade olanakları sunmuştur. Sırın yapısında kullanılan ham maddeler, renk, parlaklık, matlık, saydamlık ve doku gibi özelliklerin oluşumunda belirleyici rol oynamaktadır. Bu çalışmada, seramik sırlarında ergitici oksit olarak görev yapan kalsiyum oksit (CaO) içeren dört farklı ham maddenin (kalsit, mermer, dolomit ve vollastonit), sır bünyesindeki etkileri açısından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Çalışma, deneysel araştırma yöntemi temelinde yürütülmüş; sistematik sır reçeteleri oluşturularak standart, ikili ve üçlü sır sistemlerinde denemeler yapılmıştır. 1160°C’de gerçekleştirilen pişirimlerde, FFC (Fine Fire Clay) döküm çamuru kullanılmış; sırlar püskürtme ve akıtma teknikleriyle uygulanmıştır. İlk olarak standart saydam sır baz alınarak CaO kaynakları belirli oranlarda eklenmiş; ardından ikili ve üçlü kombinasyonlar test edilmiştir. Bu süreçte elde edilen sır yüzeyleri, mat, yarı mat, çatlaklı, saydam, ipek matı ve pürüzlü gibi farklı dokusal özellikler sergilemiştir. Uygulama sonuçları başarılı bulunan reçeteler, renklendirici oksitlerle renklendirilmiş ve kişisel uygulamalarda yeniden değerlendirilmiştir.

Bu tez araştırması, farklı CaO kaynaklarının sır yüzeyine etkilerini inceleyerek, seramik sanatında estetik çeşitliliği zenginleştirmeye katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Kalsit, Mermer, Dolomit, Vollastonit, Renkli ve dokulu sır.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF RAW MATERIALS CONTAINING CALCIUM OXIDE ON THE BODY OF GLAZE

Esra ÖZTÜRK RAZİ

Department of Ceramic

Programme in Ceramic

Anadolu University, Institute of Graduate Studies, July 2025

Supervisor: Prof. Dr. Münevver ÇAKI

Glazes that provide aesthetic diversity on ceramic surfaces are not only visual elements but also functional components that determine the technical characteristics of the surface. Throughout history, ceramic glazes have been used for both functional and aesthetic purposes; research focusing on material knowledge and surface effects has offered new means of expression for artists. The raw materials used in glaze formulations play a decisive role in the formation of features such as color, gloss, mattness, transparency, and texture. In this study, four different raw materials containing calcium oxide (CaO) calcite, marble, dolomite, and wollastonite were comparatively examined in terms of their effects within the glaze structure, where CaO acts as a flux.

The research was conducted using an experimental methodology, and systematic glaze recipes were developed and tested within standard, binary and ternary glaze systems. Firings were carried out at 1160°C using Fine Fire Clay (FFC) casting body, and the glazes were applied by spraying and pouring techniques. Initially, a standard transparent base glaze was used, to which the CaO sources were added in specific ratios; subsequently, combinations of these materials were evaluated. The resulting glaze surfaces exhibited diverse textural qualities, including matte, semi-matte, crackled, transparent, silky matte, and rough effects. The successful glaze recipes were enriched with coloring oxides and re-applied in personal artistic explorations.

This thesis aims to contribute to the enrichment of aesthetic diversity in ceramic art by examining the effects of different CaO sources on glaze surface characteristics.

Keywords: Calcite, Marble, Wollastonite, Dolomite, Colored and textured glaze.

TEŞEKKÜR

“Kalsiyum Oksit İçeren Ham Maddelerin Sır Bünyesinde Etkilerinin Araştırılması” başlıklı sanatta yeterlik tezim süresince, hem fiziksel hem de manevi desteğini daima hissettiren, olumlu yaklaşımlarıyla bana rehberlik eden kıymetli danışmanım Prof. Dr. Münevver Çakı’ya gönülden minnettarım. Ayrıca desteğini esirgemeyen ikinci danışmanım Doç. Dr. Ayşe Tunalı’ya katkıları için çok teşekkür ederim.

Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölüm Başkanı Prof. Duygu Kahraman’a, değerli hocalarıma, çalışma arkadaşlarıma ve bölüm çalışanlarına katkı ve destekleri için teşekkür ederim.

Hayatımın her anında yanımda olan; sevgisi ve inancıyla bana güç veren canım anneme, babama, ağabeyime, sevgili eşime ve bir ömür boyu ilham kaynağım olacak canım kızıma kalpten teşekkür ederim.

Esra Öztürk Razi

07.07.2025

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı” ile tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Esra ÖZTÜRK RAZİ

ÜRETKEN YAPAY ZEKA KULLANIM BEYANI

Bu tezi hazırlarken ChatGPT4 ve ChatGPT Plus üretken yapay zeka programlarından destek aldığımı beyan ederim. Tezin hazırlığı aşamasında üretken yapay zeka programlarından çeviri, bilimsel makale vb. desteği aldım. Üretken yapay zeka programlarından aldığım bilgilerin doğruluğunu kontrol ettiğimi bildiririm.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Esra ÖZTÜRK RAZİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
ÜRETKEN YAPAY ZEKA KULLANIM BEYANI.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLO DİZİNİ	xi
GÖRSELLER DİZİNİ	xii
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	
1 SERAMİK SIRLARI	2
1.1 Tanım.....	3
1.2 Sınıflandırma	4
1.2.1 Ham ve fritli sırlar	5
1.2.2 Saydam sırlar.....	6
1.2.3 Mat sırlar	7
1.2.4 Opak sırlar	8
1.2.5 Krakle (çatlaklı) sırlar	10
1.3 Sır Yapımının Teorileri ve Yöntemleri	10
1.3.1 Sırlarda cam oluşturuç, ergitici ve kararlaştırıcı öğeler	12
1.3.1.1 Ergiticiler (Akışkanlaştırıcılar-Fluxes)	15
1.3.1.2 Kararlaştırıcılar (Stabilizer)	16

1.3.1.3 Cam oluşturucular (<i>Glass former</i>)	17
1.3.2 Sır üretiminde test yöntemleri ve sistemler	17
1.3.2.1 İki eksenli sır sistemi (<i>Line blend</i>)	18
1.3.2.2 Üç eksenli sır sistemi (<i>Triaxial Blend</i>)	20
1.3.2.3 Dört eksenli sır sistemi (<i>Quadraxial Blend</i>)	23
İKİNCİ BÖLÜM	
2 KALSİYUM OKSİT İÇEREN, MİNERALLER, KAYAÇLAR VE	
SERAMİK HAM MADDELERİ	26
2.1 Kalker (Kireçtaşı), Kalsit, Mermer (CaCO_3).....	28
2.2 Vollastonit	30
2.3 Dolomit	33
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	
3 DENEYSEL ÇALIşMALAR	35
3.1 Malzeme ve Yöntem	35
3.2 Kalsiyum Oksit İçeren Ham maddelerle Oluşturulan Sır Sistemleri.....	36
3.2.1 Standart saydam sırda kalsit, mermer, vollastonit ve dolomitin etkileri	36
3.2.2 İki eksenli sır sistemi.....	41
3.2.2.1 Kalsit-üleksit sır sistemi	41
3.2.2.2 Mermer-üleksit sır sistemi	42
3.2.2.3 Vollastonit-üleksit sır sistem	43
3.2.2.4 Dolomit-üleksit sır sistemi	44
3.2.3 Üç eksenli sır sistemi.....	45
3.2.3.1 Standart kuvars+plastik kil-üleksit-sodyum feldspat sır sistemi	45
3.2.3.2 Kalsit-üleksit-sodyum feldspat sır sistemi	48
3.2.3.3 Mermer-üleksit-sodyum feldspat sır sistemi	51

3.2.3.4 Vollastonit -üleksit-sodyum feldspat sır sistemi	54
3.2.3.5 Dolomit-üleksit-sodyum feldspat sır sistemi	57
3.3 Kalsiyum Oksit İçeren Ham maddelerle Oluşturulan Sırlarda	
Renklendirme	60
3.3.1 Standart saydam sırda kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit ilavesinin renklendirmedeki etkileri.....	60
3.3.2 İki eksenli sisteme göre üretilen sırlarda kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit ilavesinin renklendirmedeki etkileri.....	63
3.3.3 Üç eksenli sisteme göre üretilen sırlarda kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit ilavesinin renklendirmedeki etkileri.....	65
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	
4 KİŞİSEL UYGULAMALAR	74
SONUÇ.....	86
KAYNAKÇA	89

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1.1 Seger Formülünde Yer Alan Ergitici, Kararlaştırıcı ve Cam Oluşturucu Oksitler.....	13
Tablo 1.2 İki Eksenli Sır Sistemi (%10 aralıkla artan)	19
Tablo 1.3 İki Eksenli Karışım Yöntemiyle Oluşturulan Üleksit Ve Uslu Köy Çömlekçi Kili Sır Reçeteleri.....	20
Tablo 3.1 Sır Reçetelerinde Kullanılan Ham Maddelerin Kimyasal Analizleri	35
Tablo 3.2 Standart ve Kalsit Katkılı Sır Reçeteleri	37
Tablo 3.3 Standart ve Mermer Katkılı Sır Reçeteleri	38
Tablo 3.4 Standart ve Vollastonit Katkılı Sır Reçeteleri	39
Tablo 3.5 Standart ve Dolomit Katkılı Sır Reçeteleri	40
Tablo 3.6 Kalsit-Üleksit İkili Sır Sistemi	42
Tablo 3.7 Mermer-Üleksit İkili Sır Sistemi	42
Tablo 3.8 Vollastonit-Üleksit İkili Sır Sistemi	43
Tablo 3.9 Dolomit-Üleksit İkili Sır Sistemi	44
Tablo 3.10 Üçlü Sistemde Standart Sır Olarak Belirlenen Kuvars+Plastik Kıl-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Sistemindeki Reçete Bileşimleri ...	46
Tablo 3.11 Kalsit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Sistemindeki Reçete Bileşimleri	49
Tablo 3.12 Mermer-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Sistemindeki Reçete Bileşimleri	52
Tablo 3.13 Vollastonit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Sistemindeki Reçete Bileşimleri	55
Tablo 3.14 Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Sistemindeki Reçete Bileşimleri	58

GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 1.1 İlk Sırlı Seramiklerden Mısır Çamurundan Örnekler	2
Görsel 1.2 Saydam Sırın İki Farklı Bünyede Oluşturduğu Renk ve Doku Özellikleri	7
Görsel 1.3 Seramik Sanatçısı Jyotsna Bhatt, Mat Sırlı Doğa Temalı Heykeller	8
Görsel 1.4 Opak Sırlı Seramikler	9
Görsel 1.5 Çatlaklı Sırlı Form	10
Görsel 1.6 Bakır Kırmızısı Sırlı Seramikler a) Harding Black, Porselen Vazo, Redüksiyon (İndirgeme), 1200°C, 1950 b) Porselen Su Kabı	14
Görsel 1.7 Charlie Tefft, Penn State Shino, Tereyağı Kabı, 2000	15
Görsel 1.8 İki Eksenli Sır Karışımı Kullanılarak Üleksit ve Uslu Köy Kırmızı Çömlekçi Kili ile Üretilen Sırların 1160°C Sıcaklıktaki Yüzey Görüntüleri	20
Görsel 1.9 a) Kırmızı Kil-MnO-(Kaolin+Kuvars+CuO+CoO) Üç Eksenli Sır Sistemi, b) Sistemde Üretilen Sır Örnekleri	22
Görsel 1.10 a) Cr ₂ O ₃ – CoO – Al ₂ O ₃ Üç Eksenli Boya Sistemi, b) STDP-Krom Oksitle Üretilen, PFA-Krom Oksit Yerine Ferrochrom Uçucu Külü Kullanılarak Renklendirilmiş Sırlar	23
Görsel 1.11 Dört Eksenli Sır Sistemi	24
Görsel 1.12 Dört Eksenli Sır Sisteminde Bileşimler (Toplam 36, Dört Ham Maddenin Kombinasyonundan Oluşan Bileşimlerin Sayısı: 16)	24
Görsel 1.13 Dört Ham madde Kombinasyonundan Oluşan Sır Bileşimlerinin 81 Olduğu Dört Eksenli Sır Sistemi	25
Görsel 2.1 a) Kalsit Minerali b) Öğütülmüş Kalsit	29
Görsel 2.2 a) Afyonkarahisar/Şuhut'da bulunan bir mermer ocağı, b) Mermer tozu	29
Görsel 2.3 a) Vollastonit Minerali b) Öğütülmüş Vollastonit	30
Görsel 2.4 a) Dolomit Minerali b) Öğütülmüş Dolomit	34

Görsel 2.5 Kalsiyum Karbonat ve Dolomitin 1200°C Sıcaklıkta Gelişen Bir Sırda Yüzey Özelliklerine Etkisi a) Dolomitli Sır b) Kalsiyum Karbonatlı Sır	34
Görsel 3.1 Standart Sıra Kalsit İlavesi ile Oluşturulan Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)	38
Görsel 3.2 Standart Sıra Mermer İlavesi ile Oluşturulan Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)	39
Görsel 3.3 Standart Sıra Vollaştonit İlavesi ile Oluşturulan Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)	40
Görsel 3.4 Standart Sıra Dolomit İlavesi ile Oluşturulan Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)	41
Görsel 3.5 Kalsit ve Üleksit Sırlarının Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)	42
Görsel 3.6 Mermer ve Üleksit Sırlarının Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)	43
Görsel 3.7 Vollaştonit ve Üleksit Sırlarının Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)	44
Görsel 3.8 Dolomit ve Üleksit Sırlarının Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)	45
Görsel 3.9 Standart Sır Olarak Belirlenen Kuvars+Plastik Kil-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Diyagramı	46
Görsel 3.10 Standart Sır Olarak Belirlenen Kuvars+Plastik Kil-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Sisteminde Elde Edilen 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)	47
Görsel 3.11 Kalsit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Diyagramı	49
Görsel 3.12 Kalsit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemindeki 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)	50
Görsel 3.13 Mermer-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Diyagramı	52
Görsel 3.14 Mermer-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemindeki 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C).....	53
Görsel 3.15 Vollaştonit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Diyagramı	55

Görsel 3.16 Vollastonit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemindeki 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)	56
Görsel 3.17 Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Diyagramı	58
Görsel 3.18 Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemindeki 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)	59
Görsel 3.19 Standart Saydam Sırda (STD-S) Sırda Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	61
Görsel 3.20 %30 Kalsit Katkılı KS6 Kodlu Sırda Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	61
Görsel 3.21 %30 Mermer Katkılı MS6 Kodlu Sırda Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	62
Görsel 3. %30 Vollastonit Katkılı VS6 Kodlu Sırda Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	62
Görsel 3.23 %30 Dolomit Katkılı DS6 Kodlu Sırda Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	63
Görsel 3.24 Kalsit-Üleksit İkili Sistemi, KÜ5 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	64
Görsel 3.25 Mermer-Üleksit İkili Sistemi, MÜ6 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	64
Görsel 3.26 Vollastonit-Üleksit İkili Sistemi, VÜ4 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	65
Görsel 3.27 Dolomit-Üleksit İkili Sistemi, DÜ5 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	65
Görsel 3.28 Kuvars+Kil-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, ST16 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	66
Görsel 3.29 Kalsit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, K16 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	66
Görsel 3.30 Mermer-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, M16 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	67

Görsel 3.31	Vollastonit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, V16	
	Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	67
Görsel 3.32	Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, D16 Sırında	
	Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	68
Görsel 3.33	Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, D22 Sırında	
	Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	68
Görsel 3.34	Kuvars+Plastik Kil-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, ST26	
	Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	69
Görsel 3.35	Kalsit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, K26 Sırında	
	Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	69
Görsel 3.36	Mermer-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, M26 Sırında	
	Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	70
Görsel 3.37	Vollastonit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, V26	
	Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	70
Görsel 3.38	Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, D26 Sırında	
	Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	71
Görsel 3.39	Kuvars+Plastik Kil-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, ST33	
	Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	71
Görsel 3.40	Kalsit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, K33 Sırında	
	Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	72
Görsel 3.41	Mermer-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, M33 Sırında	
	Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	72
Görsel 3.42	Vollastonit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, V33	
	Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri.....	73
Görsel 3.43	Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, D33 Sırında	
	Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri	73
Görsel 4.1	İsimsiz	75
Görsel 4.2	İsimsiz	76
Görsel 4.3	İsimsiz	77

Görsel 4.4 İsimsiz	78
Görsel 4.5 İsimsiz	79
Görsel 4.6 İsimsiz	79
Görsel 4.7 İsimsiz	80
Görsel 4.8 İsimsiz	81
Görsel 4.9 İsimsiz	82
Görsel 4.10 İsimsiz	83
Görsel 4.11 İsimsiz	84
Görsel 4.12 İsimsiz	85

GİRİŞ

Seramik ürünlerin estetik değerini artıran ve dayanıklılık kazandıran en önemli unsurlardan biri sırdır. Sayısız renk ve doku özellikleriyle sırlar seramik yüzeylere derinlik ve ifade kazandırır. Özenle ve sabırla yürütülen bu süreç sonunda heyecan verici, benzersiz ve farklı dünyalara kapı aralayan sonuçlara ulaşılabilir.

Seramik ürüne uygun bir sır hazırlamak uzun ve zahmetli bir süreçtir. Çok sayıda deneme yapıldıktan sonra istenilen sır elde edilebilir. Başarılı sonuçlara ulaşmak için sır reçetesinde kullanılan malzemelerin miktarlarına ve birbirleriyle olan etkileşimlerine, pişirim şekline ve sıcaklığına, ayrıca bünye ve sır uyumuna dikkat edilmesi gerekmektedir. Kullanılan ham maddeler sırnın yüzey özelliklerini belirlemekte önemli rol oynamaktadır. Sırın yüzeyi tamamen kaplaması, belirli bir sıcaklıkta erimenin gerçekleşmesiyle mümkün olur. Bu nedenle, doğru ham maddeler seçilerek sırnın hazırlanması gereklidir. Sırın erimesini sağlayan ergitici oksitlerden biri de kalsiyumdur. Kalsiyum oksit, tek başına yüksek sıcaklıklarda erime özelliği gösterirken, ötektik sıcaklıklarda erimeyi kolaylaştırarak sırların performansını artırır.

Sırlara kalsiyum oksit katkısı sağlamak için genellikle mermer, tebeşir ve kalk taşı gibi ham maddelerden yararlanılır. Kalklı çamurlardaki kalsiyum oksit, sırnın ana bileşeni olan silisyum dioksit ile reaksiyona girerek, sır ile çamur arasında "ara tabaka" adı verilen bir katman oluşturur. Bu ara tabaka, sır ile çamur arasındaki yüzey gerilimlerini azaltır ve sır çatlaklarının oluşumunu engeller. Ayrıca, kalsiyum oksit, sırlarda viskoziteyi artırarak mat yüzeylerin elde edilmesine katkıda bulunur (Karaca, 2022, s.15).

Bu çalışmada, artistik sır uygulamaları kapsamında kalsiyum kaynağı olarak kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit kullanılmıştır. İlk aşamada, her bir ham madde standart saydam sır reçetesine belirli oranlarda eklenmiş ve sonuçlar analiz edilmiştir. Daha sonra, ikili ve üçlü sır sistemlerinde bu ham maddelerin etkileri incelenmiş, yüzeylerde meydana gelen değişimler gözlemlenmiştir. Çalışmanın temel amacı, kullanılan ham maddelerin sır ve yüzey uyumu üzerindeki etkilerini değerlendirerek başarılı sonuçların elde edildiği sır reçetelerini belirlemektir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1 SERAMİK SIRLARI

Seramik, binlerce yıl öncesine dayanan en eski sanat ve endüstri alanlarından biridir. İnsanın toprak, su ve ateşin birlikteliğinin sonucu olarak çevresinde bol miktarda bulunan kilin suyla karıştırılıp pişirilerek nesnelere dönüştürülebileceğini keşfetmesiyle, önemli bir sanat ve endüstri alanı doğmuştur. İlerleyen süreç içinde şekillendirme özelliğini sağlayan kil mineralleri dışında erime ve camsı yüzey oluşturma, renk ve dekorasyon özelliklerine sahip ham maddelerin kullanımıyla ortaya çıkan sır, astar ve boyalar seramiklerin sanatsal veya endüstriyel olarak üretimine olanak sağlamıştır.

Sırların seramik ürünlerde kullanımı neredeyse seramiğin kendisi kadar eskidir. Seramikle ilgili kaynaklar en eski sırların rastlantısal olarak, çamuru oluşturan aynı temel malzemelerden türetildiğini göstermektedir. Bir sırların hem estetik bir görünüm sunması hem de üreticinin amacına uygun şekilde işlev görmesi için cam oluşturunca, ergitici ve kararlaştırıcının bir arada uyum içinde çalışması gerekir. Bu üç bileşenin doğru etkileşimi, başarılı bir sır oluşmasını sağlamaktadır. Sırlı çömlekçiliğin kökeni, 10.000 yıl öncesine, ateş yakılan kumlu bir çukurda toprağın sertleştiğinin ilk fark edildiği zamana kadar uzanmaktadır. Ateş çukurunda, tuzlu suyla (ergitici) doyurulan ve kızgın ateş derecesine kadar ısıtılan kum (cam oluşturunca görevi gören silika), ilk cam kaplamayı, yani sırlı oluşturmıştır. Bu kum karışımı, Mısır macunu adı verilen boncuklar haline getirilmiştir. M.Ö. 5000'e gelindiğinde, Mısırlılar alkali bakır içeren mavi-yeşil sır kullanmaya başlamışlardır (Bkz. Görsel 1.1). Bu, şaşırtıcı sır kimyası biliminin başlangıcını oluşturmıştır (Britt, 2007, s.12).

Görsel 1.1

İlk Sırlı Seramiklerden Mısır Çamurundan Örnekler



Kaynak: (http-1,2)

Sırlar, yüzyıllar boyunca fırın teknolojisindeki ilerlemelere paralel olarak gelişmiştir. Sodyum ve kurşun gibi malzemeler içeren en eski sırlar, 1093°C sıcaklığın altındaki sıcaklıklarda pişirilmiştir. Zamanla, düşük sıcaklık seramikleri gelişerek Mısır çamurlu

boncuklardan İslami parlak çinilere, İtalyan mayolikasına ve İngiliz kurşunlu astar sırlarına kadar genişlemiştir. Tuğla ve fırın teknolojisi geliştikçe, daha yüksek sıcaklıkta pişirimi yapılan seramik üretimi mümkün olmuştur. Çin'de fırınlar, yaklaşık 1285°C sıcaklığa ulaşabilen odun ve kömürle yakılmıştır, dolayısıyla bu sıcaklıklara dayanabilecek killerin keşfedilmesi ve sırların geliştirilmesi gerekmiştir. Çin'de aynı zamanda saf beyaz kaolin, özellikle de kaliteli türde yüksek sıcaklıklardaki pişirimler için uygun özelliğe sahip kil, büyük doğal yataklar hâlinde bulunmuştur. 11. yüzyıla gelindiğinde, bu gelişmeler Çin sır sanatının şaşırtıcı bir mükemmellik derecesine ulaşmasını sağlamıştır. 15. yüzyılda Avrupalılar seramik kil yataklarını keşfetmişlerdir. Bunlar, Çinlilerin sahip olduğu saf beyaz porselenler gibi olmasa da daha önce kullanılan killere göre, daha yüksek sıcaklıklarda pişirilebilen killerdir. Bazı odun pişirimleri sırasında, Avrupalıların balıkları tuzlu suda saklamak için kullanılan parçalanmış odun fiçileriyle yakıt sağladığına inanışı vardır. Pişirimden sonra, kaplarda ince bir parlaklık fark etmişler ve fiçilerden gelen tuzun yüzeyleri oluşturduğu sonucuna varmışlardır. Bu keşiften sonra, yüksek sıcaklıklarda fırınlara tuz atmaya başlamışlar ve böylece seramiklerde tuz ve soda pişiriminin gelenekleri başlamıştır (Britt, 2007, s.12).

1.1 Tanım

İşlevsel ve estetik amaçlarla şekillendirilmiş bünyelere uygulanan sırlar günlük yaşamda kullanılan ürünlerin pek çoğu için vazgeçilmez bileşenlerden biri haline gelmiştir.

Yüzyıllardır sırların hem işlevsel hem de estetik amaçlarla seramik bünyelere uygulanmakta olduğu belirtilmektedir. Yiyecek ve içecek için kullanılan bir kabın, özellikle iç kısmının su geçirmez hale getirilmesi ve temizlenmesinin kolaylaştırılması yaygın bir gereksinimdir; bu durum sırlama ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Öte yandan, bir kabın dış tarafında kullanılan sır ise, dekorasyon amacına hizmet etmektedir. Bu yüzeyde renkler, dokular, opaklık, sgraffito ve diğer dekoratif tekniklerle oluşturulmuş tasarımlar görülmektedir. Dekorasyon, evrensel olarak insanların estetik ihtiyaçlarını ve kendilerini ifade etme biçimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Kullanışlılık bağlamında, bir ürün üzerindeki sır bir zorunluluk olarak kabul edilmektedir; bu, toplumsal bir yükümlülük ve hijyenik bir beklenti olarak görülmektedir. Ancak, dekorasyon yaparken sırlamanın gerekliliğiyle ilgili kararlar değişiklik göstermektedir (Parks, 2001, s.12-13). Sır, seramik ürünlere fonksiyonel, dekoratif ve estetik özellikler kazandırmak için bünyenin yüzeyini kaplayan camsı malzemedir. Modern endüstriyel sırlar genellikle renksiz, renkli, saydam veya opaktır. Ancak, herhangi bir sanat müzesinde bulunan veya

seramik sanatçılarının ürettiği sırlı seramik eserler, seramik sırlarının çok daha geniş bir görsel efekt çeşitliliğini kapsadığını ortaya çıkarır. Antik Mısır muska veya tılsımlarının üzerindeki mavi sırlar, fırından çıktıkları günden bu yana hiç azalmayan bir yoğunlukla parlamaktadır. Yunan vazolarının kenarlarında, kırmızı ve siyah astarlı sahneler hâlâ canlıdır. Parlak üç renkli kurşun sırlar, seladonlar ve göz kamaştırıcı porselen kaplamalar, Çin imparatorluk sarayının zevkini ve gücünü yansıtır. Sentetik boyalar ve plastikler ortaya çıkmadan çok önce, seramik sırları zanaatkarlara, çeşitli kültürel talepleri karşılamak için benzersiz, kalıcı bir renk ve doku yelpazesi sunar. Çoğu kültürde sırlı seramikler bir prestij ürünü olarak kabul edilir; çünkü gerekli malzemeleri, teknik bilgiyi ve üretim becerisini edinmek genellikle zordur ve bu yüzden alanla ilgili olmayan kişilerin erişiminin ötesinde kalır (Vandiver, 1990, s.106).

Sır terimi, endüstriyel veya sanatsal geleneksel seramik ürünler veya formlara daldırma, püskürtme, akıtma veya fırça gibi farklı yöntemler yoluyla uygulanan, kuru veya sulu olarak hazırlanmış malzeme karışımı için kullanılır. Belirlenen pişirme sıcaklıklarında, seramik yüzeyindeki sır camlaşır. Böylece, seramiğin planlanan kullanım alanına uygun olarak, teknik (dayanıklılık), estetik ve hijyenik gibi özellikleri kazanmasına yardımcı olur. Sır reçetesinde kullanılan ham maddeler, ham veya bisküvi bünye ile uyum, ara tabaka oluşumu, ısısal genleşme, sertlik, kimyasal reaktiflere dayanım, saydamlık, opaklık veya matlık ve görsel olarak etkili yüzey dokusu oluşumu gibi özelliklere sahip camsı yapıyı oluşturacak şekilde belirlenir.

1.2 Sınıflandırma

Sırların sınıflandırılmasında; reçetede bulunan bileşenler, fritin varlığı veya yokluğu, sırların uygulandığı bünye özellikleri, belirleyici karakteristik görünüm (saydam, mat veya opak vb.), pişirim atmosferi, pişirim sıcaklığı, pişirim rejimi gibi etkenler önemlidir.

Sırlarla ilgili farklı araştırmacılar tarafından yapılan sınıflandırmalar, sırların uygulandıkları bünyelerin ve kullanılma biçimlerinin karmaşık doğasını ve karşılıklı ilişkilerini vurgular. Aşağıda Taylor ve Bull (1986, s.97-98) tarafından yapılan sınıflandırmadan bazı örnekler verilmiştir.

1. Kurşunlu veya kurşunsuz (sırların kimyasal bileşimini kapsar).
2. Ham veya fritli (sırların reçete bileşimine atıfta bulunur).
3. Tek veya çift pişirim, hızlı veya geleneksel pişirim.
4. Yüksek sıcaklık veya düşük sıcaklık.

5. Oksitleyici, nötr veya indirgeyici pişirim bileşimleri (3, 4 ve 5. kategoriler sırlı seramik ürün üretiminde kullanılan pişirim yöntemlerinin yönlerini belirtir).
6. Karo, sofrta takımı, sıhhi tesisat, elektro porselen, vb. (nihai ürünün kullanılacağı amaca atıfta bulunur).
7. Earthenware (akçini), stoneware (sert çini), sert porselen, kemik porselen, vitreous china, alümina, vb. (sırın uygulandığı bünyenin kimyasal ve fiziksel özelliklerine atıfta bulunur).
8. Renkli veya renksiz, saydam, mat, opak veya çatlaklı, dokulu, toplanmalı (pişirilmiş sırın yüzey görünümünü kapsar).
9. Yüksek genleşme veya düşük genleşme, elektriksel olarak iletken, çizilmeye dayanıklı (genellikle nihai ürünün gerekli bazı işlevleri yerine getirmesini sağlamak için pişirilmiş sır bileşimine atıfta bulunur).

Yukarıda belirtilen kategorilerden sırın uygulandığı belirli bir bünye için ayrı ayrı sırlar ortak özelliklere sahip olabilse de diğer bünyeler için sırlar bu açıklamalar açısından çok farklı olabilir. Örneğin, sert porselen bünye için hazırlanan sırlar ham, kurşunsuz, genellikle saydam, renksizdir ve çift pişirim yapılıdır, ancak earthenware sırları kurşunlu veya kurşunsuz, saydam veya opak, parlak veya mat, renkli veya renksiz, ham veya fritli ve bir veya iki kez pişirilmiş olabilir (Taylor and Bull).

Bu tezde çalışılan sır sistemiyle üretilen sırlar, ham, saydam, mat, kısmi opak ve çatlaklı sır yüzeyleri verdiği için bu bölümde bu sır tipleri ile ilgili kısa bilgiler verilmiştir.

1.2.1 Ham ve fritli sırlar

Ham sırlar, frit kullanılmadan oluşturulduğundan, genellikle endüstriyel olarak 1150°C sıcaklığın üzerinde yüksek pişirme sıcaklıklarının kullanıldığı uygulamalarla sınırlıdır. Sert porselen, yumuşak porselen, sıhhi tesisat, stoneware ve çeşitli düşük genleşmeli bünyelerin sırlanmasında kullanılırlar. Ham sırlar, albit, ortoglas veya nefelin siyenit gibi ergitici minerallere dayanır. Kil ve kaolin, kuvars, kalsiyum karbonat (kalker, kalsit veya mermer tozu), dolomit, çinko oksit ve zirkonyum silikat yaygın bileşenleridir. Bu tip sırlar, önceden oluşturulmuş camsı faz (frit) içermez ve bu nedenle pişirme döngüsü sırasında ham madde bileşenlerinden (örneğin karbonatlardan CO₂, killerden su buharı) gazların çıkışına ve çözünme süreçlerinin pürüzsüz, nispeten kabarcıksız sır elde edilebilecek noktaya kadar ilerlemesine izin verecek yeterli zaman olmalıdır. Bu nedenle pişirme programları genellikle fritli sırlara göre daha yavaştır. Sır frit içermediği için,

uygulandığı bünyeden gazlar uzaklaştıktan sonra yüksek sıcaklıkta camlaşır ve seramik bünyeyi kaplar (Taylor and Bull, 1986, s.101-102).

Fritli sırlar, önceden eritilmiş camın (frit) bir kısmından oluşur. Hazırlanmış reçetenin yüksek sıcaklıklarda (1400°C-1600°C) eritilmesi ve ardından suda soğutulmasıyla üretilir. Karışım daha sonra ince bir toz haline getirilir. Sırın gelişme sıcaklığı 1150°C sıcaklıktan düşüğe fritli sırlara ihtiyaç vardır. Sofra eşyaları ve karolarda kullanılan birçok sır fritlidir. Hızlı pişirmede sırın ürün üzerinde olgunlaşması daha hızlı sağlanabildiğinden, frit içeriği artırılmış sır kullanımı daha uygundur. Fritler, belirli bir sıcaklıkta veya dar bir sıcaklık aralığında eriyen ham maddelerin aksine, daha geniş bir sıcaklık aralığında yumuşar. Ayrıca, frit kullanımı, daha düşük erime noktasına sahip bileşiklerin (örneğin alkali oksitlerin) daha yüksek oranda bulunmasına olanak tanır ve bu sırın kalitesini koruyarak istenen özellikleri geliştirmeye yardımcı olur. Alkali oksitleri sağlayan suda çözünen ham maddeler ham sır olarak kullanılan ince taneli süspansiyonlar için uygun değildir. Ayrıca, fritin homojenliği erime davranışını olumlu etkilemektedir (Kronberg, 2020, s.9-10).

1.2.2 Saydam sırlar

Saydam sırlar, uygulandıkları seramik bünyenin renk, doku karakterinin veya bünye üzerine uygulanan bir yüzey dekorasyonunun içinden görülebilmesi için kullanılır. Bu tip sırların yapımında sırı oluşturan oksitlerin ve dolayısıyla bu oksitleri sağlayan ham maddelerin oranının doğru kullanılması gerektiğini ve böylece belirlenen pişirme sıcaklığında camsı, saydam ve parlak eriyik oluşumunun sağlanması gerektiğini belirtmek önemlidir. Ayrıca sırın saydamlığını bozan kristallerin yeniden oluşmasını önlemek için soğutma hızının iyi ayarlanması gerekir.

Sırlar, gelişme sıcaklıklarında genellikle erimemiş kristaller veya gaz kabarcıkları gibi yabancı maddeleri bünyesinde tutar. Bu yabancı maddeler, sırın görünümünü önemli ölçüde değiştirerek saydam bir sırın yarı saydam veya opak görünmesine, pürüzsüz bir yüzeyin ise saten ya da kadifemsi bir doku kazanmasına neden olur. Sırın görünümü, sırın dış yüzeyine gelen ışığın, sır ile alttaki gövde arasındaki ara yüzeyde ve sırın kendi yapısında gerçekleşen etkileşimler sonucunda oluşur. Pürüzsüz sır yüzeyleri, ışığın düzgün bir şekilde yansımaları sağlarken, pürüzlü yüzeyler ışığı farklı yönlerde dağıtır. Mat sırlar, içerdiği kristaller nedeniyle yüzeyi pürüzlendirerek ışığı dağınık yansıtır. Saydam veya yarı saydam sırlar ise ışığı, sır ile gövde arasındaki ara yüzde emerek

yansıtır. Beyaz ve pürüzsüz bir seramik bünye, büyük miktarda ışık yansıtarak sırn renklerini daha parlak hale getirirken, koyu renkli bir bünye daha fazla ışık emer ve sırn daha koyu algılanmasına neden olur (Vandiver, 1990, s.108).

Saydam bir sır uygulandığında, alttaki çamur, astar veya seramik boyaların renkleri ve dokuları görülebilir. Aynı saydam sır, uygulandığı bünyeye bağlı olarak, farklı parlaklık ve yüzey dokusu sergileyebilir (Bkz. Görsel 1.2). Saydam sırları incelemek, temel sır malzemelerinin etkileşimini öğrenmek için etkili bir yöntemdir.

Görsel 1.2

Saydam Sırın İki Farklı Bünyede Oluşturduğu Renk ve Doku Özellikleri



Kaynak: (http-3)

1.2.3 Mat sırlar

Sanatsal ve endüstriyel seramik üretiminde renk ve doku özellikleri açısından geniş bir yelpaze oluşturan ve tercih edilen sır grubudur. Sırda pişirme-soğuma döngüsü sırasında çok ince parçacık boyutunda mikro kristallerin oluşmasını sağlayarak veya bir baz saydam sıra, fazla miktarda CaO, MgO, ZnO vb. oksitleri içeren mikrokristalin yapıyı oluşturabilecek ham maddeler ekleyerek üretilir.

Mat sırlarda tüm bileşenler pişirme sırasında eriyik içine girer, ancak soğuma sırasında bir miktar yeniden kristalleşme meydana gelir ve oluşan küçük, görünmez kristaller camı yapı içinde tutularak ipeksi pürüzsüz ama opak, yumuşak bir parlaklığa sahip bir sır oluşturur (Bkz. Görsel 1.3). Bunlar, bazı bileşenlerin soğuma sırasında çökelti oluşturduğu aşırı doymuş çözeltilere örnektir. Uygun bir sır elde etmek için, oksitlerin oranları kullanılan pişirme sıcaklığına uygun doğru bir şekilde hesaplanması gerekir (Cuff, 1996, s.254).

Görsel 1.3

Seramik Sanatçısı Jyotsna Bhat, Mat Sırlı Doğa Temalı Heykeller



Kaynak: (http-4)

Matlık, soğuma aşamasında ergimiş sırdan kristalleşme yoluyla oluştuğunda, bu sürecin kontrolü büyük önem taşır. Çok hızlı soğutma, camsı yapının tam olarak kristalleşmesi için yeterli süre olmadığından, sırnın parlak görünümünü korumasına neden olabilir. Bazı durumlarda, gövdenin özellikleri, sır-gövde etkileşimi yoluyla sırnın değişime uğraması nedeniyle oluşan mat efektlerin yapısını etkileyebilir. Sırnın pişirme sonrasında ulaştığı kalınlık, sır içerisindeki kristal fazların oluşumunu etkileyebilir. Sır ne kadar kalın olursa, kristalleşme daha kararlı hale gelir ve mat efekt her seferinde tutarlı bir şekilde elde edilebilir. Mat yüzeyler ayrıca yüksek alümina ilavesiyle de üretilebilir. Bir sırnın düşük sıcaklıkta pişirilmesi de mat bir görünüm oluşturur, ancak bu tür sırlar uygun şekilde olgunlaşmadığı için diğer özellikleri optimum seviyede olmaz. Bu nedenle bu tür yöntemlerin kullanımı iyi bir uygulama değildir. Mat sırların, yüzeyleri parlak sırlara göre daha pürüzlüdür; bu nedenle, kimyasal ve fiziksel dayanıklılıkları bileşimlerine bağlı olarak değişir ve metal izleri ile lekelerle karşı daha hassasiyet gösterirler. Ayrıca, bu tür lekelerin giderilmesi genellikle zor olur (Taylor and Bull, 1986, s.117).

1.2.4 Opak sırlar

İstenmeyen bir bünye rengini gizlemek gerektiğinde ve estetik çekiciliğin önemli olduğu durumlarda, opak sırlar kullanılır. Opaklaştırıcı adı verilen, sır eriyiği içinde çözünmeyen veya kısmen çözünen seramik ham maddeleri ile soğuma sırasında oluşan kristaller, soğutulmuş sır içinde askıda kalarak ışığı her yöne saçarak yansıtır. Yeterli miktarda opaklaştırıcı kullanıldığında, sırnın altındaki bünyenin rengi görülmez ve yüzey düz beyaz ya da renkli bir sır yapısına sahip olur (Bkz. Görsel 1.4).

Görsel 1.4

Opak Sırlı Seramikler



Kaynak: (http-5)

Opaklaştırıcıların çalışmasının birkaç yolu vardır. Kalay oksit ve zirkonyum silikat gibi bazıları pişirme sırasında tamamen erimez ve bu nedenle sır içinde asılı kalır; bu erimemiş opak parçacıklar beyaz görünür. Titanyum, kalsiyum, magnezyum, baryum, çinko, zirkonyum oksitler ve alümina gibi opaklaştırıcılar ise, soğuma sırasında sırnın yüzeyinde veya içinde kristaller oluşturur. Sır içinde hapsolmuş kolloidal malzeme ve kabarcıklar, bulanık veya hafif opak bir kalite verebilir: meyve ağacı küllerinden salınan fosfor, mavimsi sütlü bir opaklık veren bir örnektir.

En yaygın opaklaştırıcılardan biri, %1 ila %10 oranında artışlarla eklenen kalay oksittir. Hafif kirli beyaz bir ton oluştururken, uçucu bakır veya krom oksitlerin varlığında pembe renge dönüşme eğilimi gösterir. Yüksek şiddette indirgeme atmosferinde ise kalay oksit, opaklaştırma özelliğini kaybedebilir ve metalik kalaya indirgenmesi sonucunda pürüzlü bir yüzey oluşumuna neden olabilir.

Zirkonyum silikat oksitleri, örneğin Zircopax, Zircopax Plus ve Ultrox, yüksek parlaklıkta ve keskin beyaz tonlar üreten etkili opaklaştırıcılardır. Zirkonyum silikat (zirkon), oldukça refrakter bir malzeme olup, alümina oksidin mat beyaz renk oluşturma özelliğinden farklı olarak parlak ve opak beyaz sırların elde edilmesini sağlar. Bu durum, sırlara zirkonyum silikat eklenmesiyle, aynı zamanda bir cam oluşturuca olan silikanın da sır bileşimine dahil olmasından kaynaklanmaktadır.

Bir sırnın beyaz opak bir görünüm kazanabilmesi için bileşiminde %5 ila %15 oranında zirkonyum oksit bazlı opaklaştırıcı bulunması gerekmektedir. Ayrıca, zirkonyum oksitle opaklaştırılmış sırlara eklenen çinko oksit, ergitici özellik göstererek zirkonyum silikatın refrakterliğini dengelemekte ve opaklaşmaya katkıda bulunmaktadır. Ancak, borik oksit varlığında bu etki gözlemlenmemektedir, çünkü borik oksit, sırnın viskozitesini düşürerek zirkonyum oksidin opaklaştırma yeteneğini azaltmaktadır (Cuff, 1996, s.254, Britt, 2007, s.63).

1.2.5 Krakle (Çatlaklı) sırlar

Sır ile bünyenin uyumsuz olduğu ve yüzey geriliminin yüksek olduğu durumlarda, sır yüzeyinde çatlaklar oluşmaktadır. Endüstriyel ürünlerde bir sır hatası olarak değerlendirilen bu durum, artistik formlarda oldukça ilgi çekicidir.

Çatlaklı sırların ilk örnekleri Çin seramikleri ve porselenleridir. 12. yüzyılda Çinli çömlekçilerin sır çatlağını ve sır bileşimini bilmediği ve tesadüfen ürettikleri feldspatik sırların üretimi sırasında fark ettikleri bir sır çeşididir. Çatlaklı sır elde etmenin en basit yolu fırından tam olarak soğumadan çıkan ürünün soğuk suya daldırılmasıdır. Şok etkisiyle sırda çatlamlar meydana gelecektir. Bu çatlakların belirgin hale gelmesi için çatlaklı kısımlar boya ile ovulmaktadır (Bkz. Görsel 1.5). Böylece formlar daha çekici hale gelmektedir (Genç, 2022, s.103).

Görsel 1.5

Çatlaklı Sırlı Form (Soner Genç)



Kaynak: Genç, 2024

1.3 Sır Yapımının Teorileri ve Yöntemleri

Seramik sırlarının keşfi, üretimi ve geliştirilmesi, fonksiyonel ve estetik açıdan dekoratif ürünler veya sanat eserleri oluşturmanın en önemli aşamalarından biridir. Bilimsel, teknolojik ve sanatsal süreçler gerektiren bir yolculuktur. Böyle bir yolculuk, sır yapımında kullanılan ham maddelerin veya malzemelerin bilgisiyle başlar. Bu bilgi, bu malzemelerin yüzey özelliklerini ve renkleri nasıl kontrol ettiğini anlamayı da içerir. Süreç, sır ve bünye etkileşimlerinden, sırlama tekniklerine, pişirim sıcaklığı ve atmosferine, renk bilgisine kadar uzanan ve bu unsurların bir bütün olarak ele alınmasını gerektiren kapsamlı bir sistemdir.

Sır oluşturmak için, sırn yapı taşları olan oksitlerin ve karbonatların özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra, madencilik, jeoloji ve mineraller hakkında bilgi sahibi olmak önemlidir; çünkü oksitler, seramik sanatlarına ve endüstriyel üreticilere bu alanlar aracılığıyla ulaşmaktadır. Uygun sıcaklıkta fırında pişirildiğinde, istenen özelliklere sahip bir sırn erimesini sağlayacak oksit oranlarının doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

Sır oluşturma süreci, oksitlerin kimyası, malzemelerin özellikleri ve birbirleriyle olan oranları ile fırın, fırınlama sıcaklığı ve atmosferi arasında istenilen nitelik ve özellikleri sağlayacak bir denge kurmayı gerektirir. Kullanılan malzemelerin adlarını ve bu malzemelerde bulunan oksitleri bilmek büyük önem taşımaktadır, çünkü çoğu, birden fazla oksitten oluşan bileşik yapıya sahiptir. Malzeme ve oksitlerin özelliklerini öğrenmek başlangıçta karmaşık görünebilir; ancak sabır ve disiplinle edinilen bu bilgi, sırların anlaşılmasını sağlar (Britt, 2007, s.13).

Sır retiminde deneylerin sistematik ve mantıklı bir şekilde yürütülmesi, her seferinde kontrollü bir adım atılması ve bir sonraki aşamaya geçmeden önce her adımın sonuçlarının dikkatle gözlemlenmesi gerekmektedir. Dikkatsizce yapılan deneyler, özellikle sır bileşimine bilinmeyen miktarlarda veya dikkatsizce seçilmiş malzemelerin eklenmesi gibi durumlar elde edilen belirli bir etkinin yeniden üretilmesini zorlaştırır. Bu nedenle, tutarlı ve tekrarlanabilir sonuçlar elde etmek için her değişkenin bilinçli bir şekilde kontrol edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Herhangi bir test serisinde, istenen sonuca ulaşmak ve bilimsel açıdan doğru bir çalışma yürütmek için bileşen test malzemelerinin temel özelliklerini bilmek gereklidir. Bu durum, malzemelerin herhangi bir karışıma girmeden önce ayrı ayrı test edilmesini zorunlu kılabilir. Bununla birlikte, bazı malzeme kombinasyonlarının beklenmedik sonuçlar verebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, krom oksit ve çinko oksit karışımı yeşil yerine kahverengi bir renk oluşturur. Ayrıca, yüksek miktarda kalsiyum oksit (CaO) içeren ham maddelerin (rneğin, kalsit, mermer vb.) varlığı, demir oksit içeren renk tonlarını açabilir. Bir sırn içine iki veya daha fazla renklendirici oksit veya boya eklenecekse, elde edilen rengin çok koyu olmaması için her bir bileşenin eklenme miktarının azaltılması gerekmektedir. Ayrıca, beyaz sırlara renklendirici boya eklenerek elde edilen renklendirme etkileri, saydam sırlara eklenerek elde edilenlerden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bunun yanı sıra, kurşunlu, kurşunsuz ve alkali sırlar genellikle farklı renk tepkileri vermektedir. Malzemelerin parçacık boyutunun hem

deneysel çalışmalarda hem de genel kullanımda tutarlı olması gerekmektedir, çünkü bir malzemenin kimyasal aktivitesi, parçacık boyutu küçüldükçe artmaktadır. Bu nedenle, öğütme derecesinin kontrol edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bilimsel doğruluk açısından, her testte kullanılan malzemenin kesin miktarının bilinmesi önemlidir. Sıvı formdaki bir sır içine malzeme eklenmesi gerektiğinde, sulu sırn yoğunluğunun her testte tam olarak aynı olması da büyük önem taşır. Belirli bir malzemenin başka bir malzemeye belirli bir yüzde oranında eklenmesi, seramik üretiminde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Örneğin, bir reçetede sır karışımına yüzde 5 oranında boya eklenmesi gerektiği belirtilirse, genellikle 100 birim kuru sır alınarak, üzerine ilgili boya bir birim eklenir. Ancak bu yöntemle hazırlanan karışımın toplam miktarı 105 birim renkli sıra ulaşır ve boyanın gerçek oranı yüzde 5 değil yüzde 4,76'dır. Bununla birlikte, temel sırn 100 birim olarak alınması daha uygun olduğundan, bu tür reçeteler yaygın bir uygulama haline gelmektedir. Endüstriyel üreticiler ise, nihai sırn %95'ini temel sırn, %5'ini ise renklendirici boyanın oluşturacağı şekilde kesin miktarları hesaplamaktadır. Bu nedenle, bir sır reçetesi her bir bileşenin yüzdelik oranını belirtiyorsa, belirtilen değerlere tam olarak uyulması gerekmektedir (Fraser, 1998, s.102). Farklı bilim alanlarının kullanımı, günümüzde seramik endüstrisinde sır geliştirme sürecinin temelini oluşturmaktadır. Küçük ve orta ölçekli üreticilerin bir kısmı bilimsel gelişmeleri yakından takip ederken, bazıları dergilerden ve kitaplardan reçeteler olarak uygulamakta, hazır sırları satın almakta veya çeşitli deneme-yanılma yöntemlerine dayalı süreçleri kullanmaktadır. Bu durum, seramik üretiminde bilimsel bilgi ile geleneksel yaklaşımlar arasındaki etkileşimi ortaya koymaktadır.

1.3.1 Sırlarda cam oluşturuu, ergitici ve kararlaştırıcı öğeler

Sanatsal ve endüstriyel sır üretiminde doğada bulunan bileşikler, mineraller ve kayalar kullanılmaktadır. Ancak, farklı yüzey görünümüne sahip sırları oluşturan temel unsurlar, bu hammaddelerin içeriğinde bulunan ve sır oluşumunda farklı işlevlere sahip olan oksitlerdir. Son yüzyılda, sırları sistematik bir şekilde ifade etmek amacıyla standart bir sınıflandırma sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem, Seger formülü, moleküler formül veya ampirik formül olarak bilinmekte olup, bir sırn bileşimini oluşturan moleküllerin oranlarına göre tanımlanmasını sağlamaktadır. Malzemeler işlevlerine göre incelenmekte, bileşenlerin oranları grup olarak değerlendirilmekte ve daha sonra öngörülen pişirme sıcaklığına uygun ideal oranlarla karşılaştırılmaktadır. Eğer bir denge sağlanırsa, sır reçetesi işlevsel olmalı; ancak, doğrulama ve geliştirme amacıyla

deneylerin yapılması gerekmektedir. Seramik sırlarının formülisel ifadesi, Alman kimyager Hermann Seger tarafından geliştirilmiştir.

Hermann Seger, 19. yüzyılın sonlarında seramik bilimine sistematik bir düzen getirmeyi amaçlamıştır. Büyük ölçekli bir seramik üretim tesisinde çalışarak, üretim sürecinde karşılaşılan sır hatalarını en aza indirmeye yönelik çözümler geliştirmiştir. Malzemelerin çeşitliliği ve kimyasal yapılarının karmaşıklığı nedeniyle, sır davranışlarını daha tutarlı bir şekilde öngörebilmek için, maddenin temel yapı taşı olan atom seviyesine geri dönerek kapsamlı bir sistem oluşturmayı hedeflemiştir.

Seger, kendi adıyla anılan sır analiz sistemini (Bkz. Tablo 1.1) geliştirmek amacıyla, Mendeleev'in periyodik tablosundan yararlanarak sırdaki oksit oranlarını belirleyen bir kurallar dizisi oluşturmuştur.

Tablo 1.1

Seger Formülünde Yer Alan Ergitici, Kararlaştırıcı ve Cam Oluşturucu Oksitler

Ergiticiler (Fluxes)		Kararlaştırıcılar (Stabilizer)	Cam oluşturucular (Glass-Formers)
Alkali Oksitler	Toprak Alkali Oksitler		
K ₂ O Na ₂ O Li ₂ O	CaO MgO BaO SrO	Al ₂ O ₃	SiO ₂ B ₂ O ₃
Diğerleri			
PbO ZnO			

Kaynak: Cuff, 1996, s.247.

Bu sistem, fiziksel ve kimyasal aşınmaya karşı dayanıklı, çatlama, kavlama ve iğne deliği gibi hataların oluşmadığı nitelikli bir sır üretmek amacıyla, farklı sıcaklıklarda sır içerisinde bulunması gereken ergitici (tek ve iki değerlikli bazik oksitler), kararlaştırıcı (amfoterik veya üç değerlikli bazik oksitler) ve cam oluşturucu (dört veya beş değerlikli asidik oksitler) oksitlerin sınırlarını belirlemektedir.

Her kategorideki toplam molar miktarlar, ergiticilerin (bazik oksitler) toplamına göre orantılı hale getirilerek hesaplanmaktadır. Bu yöntem ile ikinci ve üçüncü kategori bileşenlerinin içeriği, ergiticilerin birim 1 değeri ile ilişkilendirilmektedir. Örneğin, tipik bir sıhhi tesisat sırina ait Seger Formülü: MO + M₂O: M₂O₃: MO₂ = 1: 0,5: 3,5 şeklinde olur. Seger formülü, yüksek sıcaklıklarda pişirilen sırlar için etkili bir yöntem olup, düşük sıcaklıklarda pişirilen sırlar için daha az uygundur. Bunun temel nedeni, birinci kategori oksitlerden bazılarının (örneğin, MgO ve CaO) yüksek sıcaklıklarda güçlü ergiticiler

olarak işlev görürken, bazılarının düşük sıcaklıklarda refrakter (dirençli) özellik göstermeleridir.

Seeger sistemi, sırların kimyasal bileşimini analiz etmek ve davranışlarını öngörmek için önemli bir yöntem olup, dünya genelinde birçok sır kimyası yazılımında ve akademik kaynaklarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, bakır kırmızısı sırlar (Bkz. Görsel 1.6), yüksek alkali (ergitici) ve düşük alümina (kararlaştırıcı) içeren sırlar olarak tanımlanmaktadır. Seeger'in sınır değerlerine göre, bu tür sırlar, kimyasal ve fiziksel açıdan stabil, yüzey kusurları içermeyen ve pişme uyumu yüksek sırlar için önerilen alümina miktarından daha düşük oranda kararlaştırıcı içermekte ve ergiticilerin üst sınırına yaklaşmaktadır (Britt, 2007, s.14, Kronberg, 2020, s.10).

Bu sistem, seramik sırlarının bileşimini bilimsel temele dayandırarak, farklı pişirme sıcaklıklarında sırların istenilen fiziksel ve kimyasal özellikleri sağlayacak şekilde formüle edilmesini mümkün kılmaktadır.

Görsel 1.6 Bakır Kırmızısı Sırlı Seramikler, **a)** Harding Black, Porselen Vazo, Redüksiyon (İndirgeme), 1200°C, 1950 **b)** Porselen Su Kabı



a)

b)

Kaynak: Britt, 2007, s.90-91.

Shino sırları (Bkz. Görsel 1.7), yüksek alümina ve yüksek sodyum içeriğine sahip sırlar olarak tanımlanmaktadır. Bu durum, Shino sırlarının genellikle Seeger limitlerinde önerilenden daha fazla dengeleyici ve sodyum içerdiği anlamına gelmektedir. Bu kavramların bilinmesi, sırların özellikleri hakkında ortak bir dil kullanarak bilimsel bir çerçevede değerlendirme yapmayı mümkün kılmaktadır (Britt, 2007, s.14).

Görsel 1.7

Charlie Tefft, Penn State Shino, Tereyağı Kabı, 2000



Kaynak: Britt, 2007, s.86.

1.3.1.1 Ergiticiler (Akışkanlaştırıcılar-Fluxes)

Ergiticiler, öncelikli olarak sıran erimesini hızlandırmak amacıyla kullanılsa da aynı zamanda sırların doku, renk ve yüzey kalitesi gibi özelliklerinin oluşumuna da katkı sağlamaktadır.

Kurşun oksit (PbO), düşük sıcaklıklarda güçlü bir ergitici olup, oldukça akışkan bir eriyik oluşturmaktadır. Bu nedenle, düşük sıcaklıktaki sırların temel ergiticisi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ancak, $1100^{\circ}C$ sıcaklığın üzerinde buharlaşmaya başlar. Kurşun oksidin uygun miktarda eklenmesi ve doğru sıcaklıkta pişirilmesi, pürüzsüz ve parlak bir sır yüzeyi elde edilmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, kurşun bileşiklerinin zehirli olması, bu bileşiklerin yalnızca fritlenmiş halde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Alkali metal oksitler, yaygın olarak kullanılan diğer ergiticilerdendir. Potasyum oksit (K_2O), tüm pişirme sıcaklıklarında etkili olup, düşük ve orta sıcaklıklarda ana ergitici veya yardımcı ergitici olarak görev yapmaktadır. Sodyum oksit (Na_2O), yaklaşık $800^{\circ}C$ 'den itibaren etkili hale gelmekte ve potasyum oksit ile birlikte kullanıldığında en iyi sonucu vermektedir. Lityum oksit (Li_2O), düşük sıcaklıklardaki etkisi bakımından sodyuma benzerlik göstermekte, ancak yaklaşık $800^{\circ}C$ sıcaklıktan, $1200^{\circ}C$ sıcaklığa kadar geniş bir pişme aralığı sunduğu için potasyum oksite daha yakın özellikler taşımaktadır. Sır bileşimine %1 oranında lityum karbonat eklenmesi, parlaklığı ve aşınmaya karşı dayanıklılığı artırırken, daha yüksek oranlarda kullanımı kristalleşmeyi artırmaktadır.

Toprak alkali metal oksitler kalsiyum oksit (CaO), magnezyum oksit (MgO), baryum oksit (BaO) ve kalay oksit (SnO), kendi başlarına son derece refrakterlerdir.

Ancak, silisyum ve diğer oksitlerle uygun oranlarda birleştirildiğinde, farklı sıcaklıklarda sır oluşumunu destekleyen bir ergitici görevi görmektedir (Cuff, 1996, s.251).

Başka bir kaynakta, ergiticilerin seçimi sırasında alkali bileşenler yerine toprak alkali malzemelerin veya çinko oksidin tercih edilmesi gerektiği ifade edilmektedir. Bunun nedeni, alkali oksitlerin sırn kararlılığına genellikle olumsuz etki edebilmesi, buna karşılık toprak alkali eriticiler ve çinko oksidin sırn kararlılığını destekleyerek olumsuz etkileri en aza indirmesidir.

Bazı alkali bileşenler hemen hemen her sırda bulunmasına rağmen, toplam konsantrasyonlarını ergiticilerin yaklaşık %25'i ile sınırlandırmanın (Seger formülünde 0,25) doğru bir yaklaşım olduğu ifade edilmektedir. Yalnızca belirli bir ergiticiyi aşırı kullanmak yerine, farklı ergiticilerin bir karışımını tercih etmek, seçilen ergiticilerle, alümina ve silika oranlarını dengeli bir şekilde ayarlamak ve tam bir erime sağlamak amacıyla yeterli miktarda bor kullanmak önemli görülmektedir (Hesselberth ve Roy, 2002, s.58-59).

1.3.1.2 Kararlaştırıcılar (Stabilizer)

Cam oluşturuucu silika ile ergitici kombinasyonu, pencere camına benzer şekilde düşük erime noktasına sahip camsı bir yapı oluşturur. Ancak, bu kombinasyon seramik pişirimlerinde gerekli olan yüksek sıcaklıklarda aşırı akışkan hâle gelir ve dikey yüzeylerden akma eğilimi gösterir. Bu durumu dengelemek ve sırn yüzeyde sabit kalmasını sağlamak amacıyla, stabilizatör görevi gören alümina eklenir. Alümina oranı, istenen viskozite seviyesini sağlamak için dikkatle ayarlanır. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda sırn bünyeye aşırı derecede nüfuz etmesini önleyerek daha dengeli bir yapı oluşturur. Sır yüzeyinin bozulmasının engellemesi ve daha dayanıklı bir ürün elde edilmesine katkıda bulunması açısından, bünye ile sırn uygun bir birleşimi sağlanır. Bununla birlikte, sırn bünyeye aşırı miktarda nüfuz etmesi istenmeyen bir durumdur; çünkü bu, pürüzlü ve estetik açıdan hoş olmayan bir yüzeyin oluşmasına neden olur. Ancak, aşırı miktarda alümina kullanımı, küçük kristallerin oluşumunu teşvik ederek sırn parlaklığını azaltır ya da mat bir görünüm oluşturur. Ayrıca, sırn fazla kalınlaşmasına, viskozitesinin artmasına ve aşırı derecede refrakter olmasına yol açar.

Alümina; kaolin, kil veya feldspatik malzemelerden biri kullanılarak sırn içine katılabilir (Britt, 2007, s.13; Cuff, 1996, s. 250).

1.3.1.3 Cam oluşturucular (Glass former)

Silika (SiO_2) ve bor oksit (B_2O_3), iki önemli cam oluşturucu oksittir. Silika, birincil cam oluşturucudur. Yeterli miktarda silika bulunmadığında kararlı (stabil) bir sır oluşmaz. Silika, sır reçetelerinde çeşitli kuvars formlarında; kil, feldspat, talk ve vollastonit gibi ham maddelerde ve ayrıca önceden ergitilip camlaştırılmış fritlerde, diğer oksitlerle kombinasyon hâlinde bulunur. Silika, tek başına cam oluşturabilen bir oksittir; ancak eritilmesi için $1710\text{ }^\circ\text{C}$ gibi oldukça yüksek bir sıcaklık gerekir ve bu sıcaklıkta dahi son derece viskoz bir eriyik oluşturur. Bu nedenle, yalnızca silika kullanılarak sır elde edilmesi yüksek erime sıcaklığı nedeniyle uygulanabilir ve pratik bir yöntem değildir. Sır yapımında, çamur bünye bileşimlerinde olduğu gibi, ergiticiler silikanın ergime sıcaklığını düşürür.

Bor oksit (B_2O_3), etkili bir cam oluşturucudur ve aynı zamanda karmaşık bir role sahiptir. Al_2O_3 ve Fe_2O_3 gibi oksitlerle birlikte amfoterik grupta sınıflandırılmasına rağmen asidik yapısı nedeniyle Seger formülünde SiO_2 ile birlikte yer alır. 300°C ile 700°C arasındaki düşük erime sıcaklığı sayesinde hem cam oluşturucu hem de ergitici-akışkanlaştırıcı olarak görev yapar. Sır bileşimine, fritler aracılığıyla veya kolemanit gibi doğal kaynaklardan biri kullanılarak dâhil edilebilir. Boraks (sodyum ve bor oksit bileşiği) gibi bazı yaygın mineraller de bor oksit içerir; ancak bu bileşikler suda çözünebilir yapıda oldukları için yalnızca frit üretiminde kullanıma uygundur. Eriyik hâlinde, bor oksit silika ile birleşerek camsı yapının oluşumunu sağlar (Cuff, 1996, s.248, Baily, 2001, s.76).

1.3.2 Sır üretiminde test yöntemleri ve sistemler

Seramik formlarda, doku ve renk özellikleri açısından görsel olarak çeşitli ve etkileyici yüzeylere sahip sır bileşimlerini oluşturmanın farklı yöntemleri bulunur. Sır bileşimlerinin geliştirilmesinde, harmanlama ya da karışım tekniklerinden yararlanılarak en uygun sonucun elde edilmesini amaçlayan sistematik bir çalışma yürütmek büyük önem taşımaktadır.

Kullanılan malzeme sayısının aşamalı olarak artırıldığı testler yoluyla, çeşitli bileşenlerin birbirleri üzerindeki etkilerine ilişkin görsel bir bilgi birikimi oluşturulabilir. Bu tür testler, "görsel hafıza" olarak tanımlanabilecek bir sistemin gelişimine katkı sağlar. Görsel hafıza, sır üretim sürecinde son derece değerli bir beceri olarak öne çıkar. Bu sayede, belirli bir ham maddenin sır bileşimine eklendiğinde nasıl bir etki yaratacağı

zihinsel olarak canlandırılabilir ve istenilen sonuca ulaşmak için ne miktarda ekleme yapılması gerektiği konusunda öngörü elde edilebilir (Cuff, 1996, s.258).

Sır reçeteleri farklı kaynaklardan öğrenilebilir ve geliştirilebilir. Pek çok kişi, sırn özelliklerini, yayınlanmış bir reçeteyi bulup test ederek keşfeder. Karıştırma ve test etme sürecinin ardından, renklendiriciler eklenebilir ya da sır bileşimi farklı şekillerde geliştirilebilir. Seramikte sır reçetelerinin hazırlanma süreci; gözlem, deneme ve tahmine dayalı bir yaklaşımı gerektirir. Bu süreç genellikle, farklılıkları anlamak amacıyla değişken özelliklere sahip bileşenlerin bir arada değerlendirildiği ve “karışım tasarımı” olarak adlandırılan bir deney düzeniyle başlar. Bu yaklaşım, araştırmacıyı ikili, üçlü veya dörtlü karışımların dünyasına ve sır keşfine yönelik farklı yöntemlere yönlendirir. İyi tasarlanmış ve dikkatle hazırlanmış bir test paneli, sır geliştirme sürecinde önemli bir araç ve bilgi kaynağı olarak kabul edilir. Sırları test etmek için kullanılan her yöntemin güçlü ve sınırlayıcı yönlerini bilmek, hedefe en uygun yöntemin seçilmesini sağlar. Ham maddelerle kendi sırlarını oluşturmak isteyenler için farklı yöntemler, farklı koşullarda daha etkili sonuçlar verir (Britt, 2007, s.54-57, Ebert, 2005, s.30-37).

Karışım tasarımı yöntemleri hem sır hem de astar üretimlerinde ya da renklendiricilerin etkilerini gözlemlemek amacıyla geniş bir yelpazede kullanılabilen etkili sistemler olarak kabul edilebilir. Özellikle sanatsal seramik alanında çalışan sanatçılar ve üreticiler için bu yöntemler, kişisel sırlarını geliştirme sürecinde önemli bir başlangıç noktası sunar. Bu süreç, sonucu merakla beklenen ve kişisel sır formülüne ulaşmanın yarattığı memnuniyet ile birleşen etkili ve heyecan verici bir deneyim niteliği taşır. Son yıllarda, bu yöntemler kullanılarak bölgesel ham maddelerin ya da farklı endüstrilerde üretim süreci sonunda ortaya çıkan, ergime, camlaşma veya renk verme özelliklerine sahip katı atıkların sır veya renklendirici olarak değerlendirilmesine yönelik hem endüstriyel hem de sanatsal seramik alanlarında çok sayıda araştırma yapılmıştır.

1.3.2.1 İki eksenli sır sistemi (Line blend)

Kullanılan ham maddelerin belirlenen sıcaklıklarda birbiri üzerindeki etkisini belirlemek ve bu malzemelerle sır üretmenin en basit yolu iki eksenli karışım (line blend) olarak ifade edilen yöntemdir.

Sır gelişimi, herhangi bir sıcaklıkta gerçekleşen süreçlerde, ötektik adı verilen bilimsel bir olgu ile doğrudan ilişkilidir. Ötektik, ayrı ayrı kullanıldıklarında daha yüksek erime noktalarına sahip olan iki veya daha fazla maddenin birlikte oluşturduğu en düşük ortak erime sıcaklığı olarak tanımlanır.

Sır pişirimi sırasında, en basit ötektik kombinasyonlar önce erir; sıvı hâle geçtiklerinde çevredeki malzemeye nüfuz eder ve daha karmaşık ötektiklerin oluşmasına neden olacak yeni kombinasyonlar oluşturur. Sır gelişiminde kimyasal değişim süreci temel bir rol oynar ve sırların büyük çoğunluğunda pişirme döngüsü boyunca çeşitli ötektik yapılar gelişir. Ötektik kombinasyonların, malzemelerin farklı oran ve sıcaklıklarda erimesine neden olduğu bilinmeli ve bu durumun, sırn olgunlaştığı sıcaklığın altında yatan kontrol mekanizması olduğu kabul edilmelidir.

İki eksenli sır sistemi veya ikili harmanlama yöntemi (line blend), sır eriyiğinin özelliklerini belirlemek amacıyla bir ya da daha fazla bileşenin sistematik biçimde değiştirildiği bir test yöntemidir. Bu yöntem, iki malzemenin sırayla test edilmesini esas alan en basit uygulamadır. Kullanılan malzeme seçimi bu noktada büyük önem taşır; test edilen maddelerden biri bir ergitici, cam oluşturucu veya amfoter (kararlaştırıcı) özellik taşımalıdır. Genellikle bu malzemelerden biri yüksek, diğeri düşük sıcaklıkta eriyen bileşenlerden seçilir. Bu seçim, ötektiklerin uygulanabilir bir sıcaklıkta oluşmasını sağlar ve iki farklı bileşenin birlikte sır oluşturabilme potansiyelini ortaya koyar. Bu sistemde malzemeler düzenli ya da düzensiz bir sıra ile, yüzde 1 ila 10 arasında değişen oranlarla artırılarak veya azaltılarak test edilebilir (Britt, 2007, s.55-56, Hopper, 2001, s.91-92).

Tablo 1.2

İki Eksenli Sır Sistemi (%10 Aralıkla Artan)

Ham Madde	Test No										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A (%)	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
B (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Kaynak: Hopper, 2001, s.92.

Bu sistemle iki farklı malzeme kullanılarak yeni bir sır oluşturulabilir veya iki farklı renkte sır karıştırılarak bu sırlardan farklı renk tonlarında üçüncü bir sır elde edilebilir, ya da bir sır ve bir renklendirici malzeme karıştırılarak boyanın renk varyasyonları geliştirilebilir.

Cam oluşturucu ve ergitici B_2O_3 , Na_2O ve CaO içeren üleksit ve kararlaştırıcı Al_2O_3 kaynağı olarak geleneksel çömlek üretiminde kullanılan kırmızı kil ikili karışımda (Bkz. Tablo 1.3) bir araya getirilerek $1160^{\circ}C$ sıcaklıkta gelişen farklı renk ve doku özelliklerine

stoneware sırnın (Bkz. Görsel 1.8) ortaya çıktığı görülmektedir. Bu, iki eksenli karışım yönteminin nasıl çalıştığını gösteren örneklerdendir.

Tablo 1.3

İki Eksenli Karışım Yöntemiyle Oluşturulan Üleksit ve Uslu Köy Çömlekçi Kili Sır Reçeteleri

Üleksit	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Kırmızı kil	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0

Görsel 1.8

İki Eksenli Sır Karışımı Kullanılarak Üleksit ve Uslu Köy Kırmızı Çömlekçi Kili ile Üretilen Sırların 1160°C Sıcaklıktaki Yüzey Görüntüleri



Kaynak: Biçici, 2010, s.59.

1.3.2.2 Üç eksenli sır sistemi (Triaxial blend)

Üç eksenli karışım, diğer bir ifadeyle üçlü sistem; üç bileşenin sistematik oranlarda birbirine karıştırılması esasına dayanan bir yöntemdir. Bu sistem, üç farklı malzemenin kullanımıyla sır oluşturmak ya da üç farklı renklendirici yardımıyla mevcut bir sır üzerinde renk kombinasyonlarını geliştirmek amacıyla çeşitli şekillerde uygulanabilir.

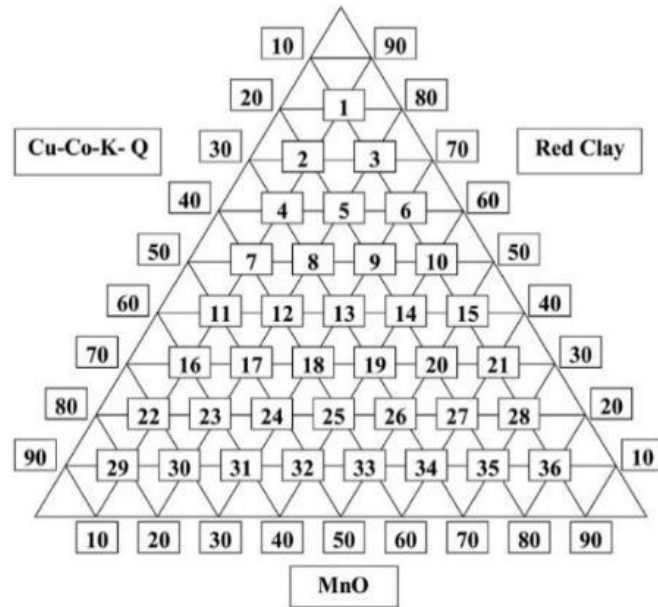
Üç eksenli sistemlerin yapısı oldukça anlaşılırdır; çünkü üçgen diyagram üzerindeki her bileşim, kullanılan malzemelerin oranlarındaki bir varyasyonu temsil eder ve tüm bileşimlerin toplamı her durumda %100'e eşit olmalıdır. Üç eksenli karışım, yalnızca daha küçük üçgenlere bölünmüş bir ana üçgen formuna dayanan bir sistem olarak tanımlanır. İki veya üç çizginin kesiştiği her nokta, belirli bir malzeme kombinasyonunu ifade eder ve bu noktalara seri numaraları verilir. Üretilen reçete bileşimlerinin sayısı,

yapılmak istenen deneme sayısına bağılı olarak tercihe göre değişiklik gösterebilir. Bu yöntem, kişisel bir baz reçeteyi oluşturmak amacıyla temel malzemeleri test etmek için etkili bir araç olarak kullanılır. Örneğin, tipik bir üç eksenli karışım; silika, kalsit ve feldspat arasındaki etkileşimleri incelemek için her bileşenin %100 oranından başlayarak, bu malzemelerin miktarlarını kademeli olarak değiştirerek tam kapsamlı bir analiz yapılmasını sağlar. Aynı sistem, üç farklı renklendiricinin belirli bir baz sırla harmanlanarak, ortaya çıkan renk varyasyonlarının test edilmesi amacıyla da kullanılabilir. Seramik sektöründe, özel renklerin elde edilmesinin gerektiği durumlarda ya da üç temel renklendirici ile geniş bir renk skalasının oluşturulmasının hedeflendiği çalışmalar için bu yöntem yaygın olarak tercih edilir (Britt, 2007, s.56).

Belirli bir sistem içerisinde, farklı sır yapıcı malzemelerle sır reçeteleri oluşturmak ya da farklı renklere sahip sırları bu sisteme göre harmanlamak yoluyla gerçekleştirilen çalışmalarda, kullanılan karışım sayısı arttıkça elde edilebilecek renk aralığı ve sır oluşumuna ilişkin veriler daha net şekilde ortaya konur. Bu nedenle, özellikle sanatsal üretimlerde, sır geliştirmek, alternatif renkler oluşturmak ve tüm olası karışımların renk sonuçlarını öngörebilmek amacıyla bu sistemlerde matematiksel hesaplamalardan yararlanılır. Üç eksenli harmanlama sistemi, farklı ham maddelerin sır oluşturma potansiyelini sistematik olarak ortaya koymak, kullanılan renklendiricilerin mevcut sırlar üzerindeki etkilerini analiz etmek, boya reçeteleri oluşturmak ve her bir renklendiricinin tonlar üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Pekkan vd. (2018) çalışmalarında, sanatsal seramik formlarda kullanılan standart bir altın bronz metalik sır bileşimini kullanarak reçetede ki bileşenlerin kombinasyonlarını keşfetmek için üç eksenli bir karışım sistemi kullanmışlardır. Bu amaçla kırmızı kil, kaolin, kuvars, MnO, CuO ve CoO'dan oluşan kompozisyonel bir sır sistemi geliştirilerek yüzey özellikleri ve mikro yapı açısından karakterize edilmiştir (Bkz. Görsel 1.9).

a) Kırmızı Kil- MnO- (Kaolin+Kuars+CuO+CoO) Üç Eksenli Sır Sistemi, b) Sistemde Üretilen Sır Örnekleri



a)



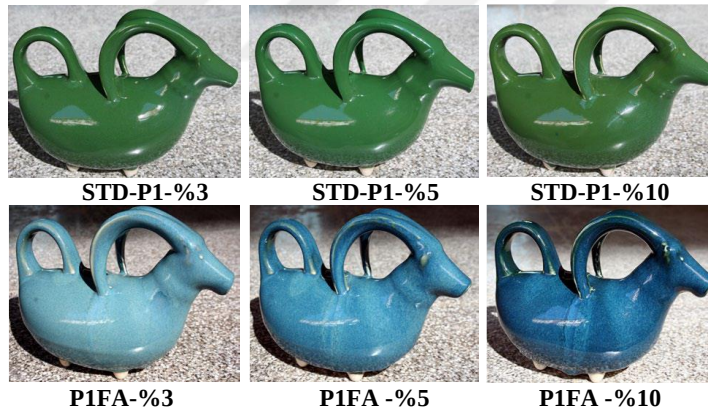
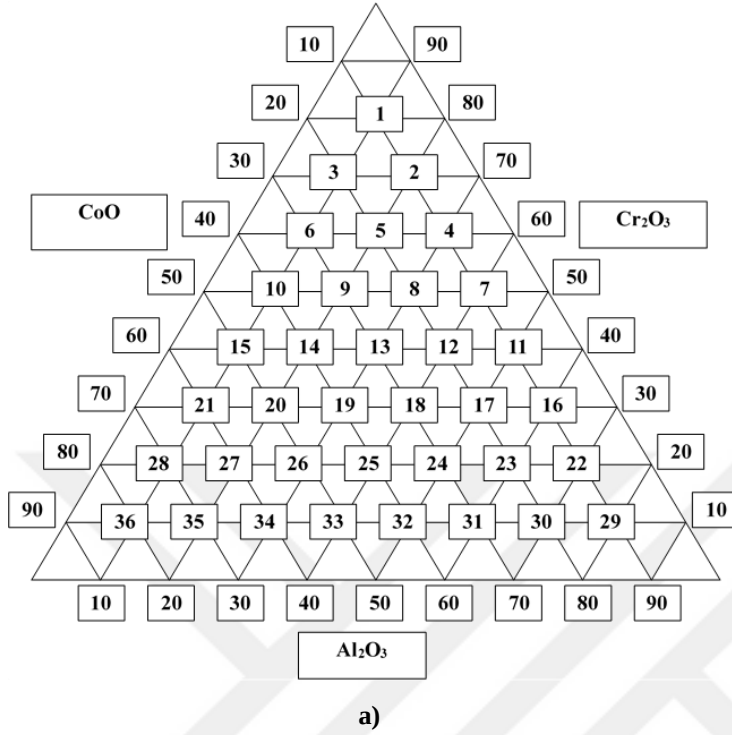
b)

Kaynak: Pekkan vd., 2018

Görsel 1.10’da yer alan çalışmada, $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{--CoO--Al}_2\text{O}_3$ üçlü sisteminde, %99 saflıktaki Cr_2O_3 yerine ferrokrom uçucu külü kullanılarak elde edilen boyaların, sıriçi ve sıraltı renk özellikleri incelenmiştir (Çakı vd., 2010).

Görsel 1.10

a) $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{CoO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ Üç Eksenli Boya Sistemi, b) STDP-Krom Oksitle Üretilen, PFA-Krom Oksit Yerine Ferrokrom Uçucu Külü Kullanılarak Renklendirilmiş Sırlar



b)

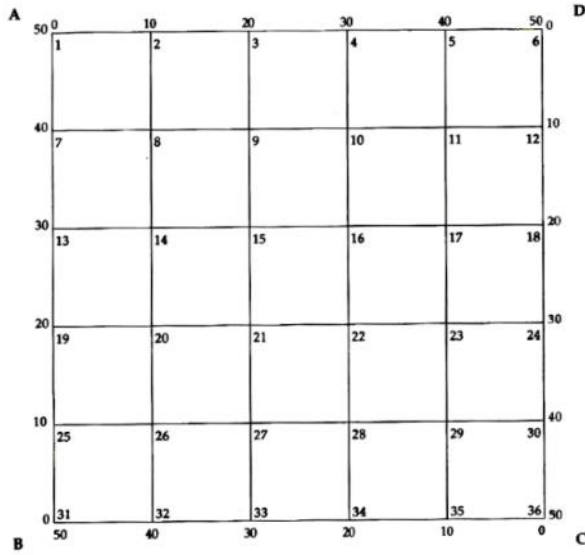
Kaynak: Çakı vd., 2010

1.3.2.3 Dört eksenli sır sistemi (Quadraxial blend)

Bu sistemde ikili veya üçlü sisteme göre daha fazla malzemenin karışımı söz konusudur. Mevcut sır yapıcı ham maddelerle (ergitici, kararlaştırıcı ve cam oluşturucu) sıfırdan sır, boya veya astar üretmek ya da diğer sistemlerde olduğu gibi birden fazla hazır sırn karıştırılmasıyla farklı renk tonları veya dokulara sahip sırları üretmek esası üzerine tasarlanmıştır. Üçgen temelinde çalışmak yerine, daha kompleks karışımları sağlayan birbirine dik açılarda bir kare sistem oluşturulur (Bkz. Görsel 1.11).

Görsel 1.11

Dört Eksenli Sır Sistemi



Kaynak: Hopper, 2001, s.101.

Görsel 1.12 Dört Eksenli Sır Sisteminde Bileşimler (Toplam 36, Dört Ham maddenin Kombinasyonundan Oluşan Bileşimlerin Sayısı: 16)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
A 50 B 50 D 10 100	A 50 B 40 D 10 100	A 50 B 30 D 20 100	A 50 B 20 D 30 100	A 50 B 10 D 40 100	A 50 B 0 D 50 100	A 40 B 50 C 10 D 10 100	A 40 B 40 C 10 D 20 100	A 40 B 30 C 10 D 30 100	A 40 B 20 C 10 D 40 100	A 40 B 10 C 10 D 50 100	A 40 B 0 C 10 D 60 100	A 30 B 50 C 20 D 10 100	A 30 B 40 C 20 D 20 100	A 30 B 30 C 20 D 30 100	A 30 B 20 C 20 D 40 100	A 30 B 10 C 20 D 50 100	A 30 B 0 C 20 D 60 100	A 20 B 50 C 30 D 10 100	A 20 B 40 C 30 D 20 100	A 20 B 30 C 30 D 30 100	A 20 B 20 C 30 D 40 100	A 20 B 10 C 30 D 50 100	A 20 B 0 C 30 D 60 100	A 10 B 50 C 40 D 10 100	A 10 B 40 C 40 D 20 100	A 10 B 30 C 40 D 30 100	A 10 B 20 C 40 D 40 100	A 10 B 10 C 40 D 50 100	A 10 B 0 C 40 D 60 100	B 50 C 50 D 10 100	B 40 C 50 D 20 100	B 30 C 50 D 30 100	B 20 C 50 D 40 100	B 10 C 50 D 50 100	B 0 C 50 D 60 100

Kaynak: Hopper, 2001, s.101.

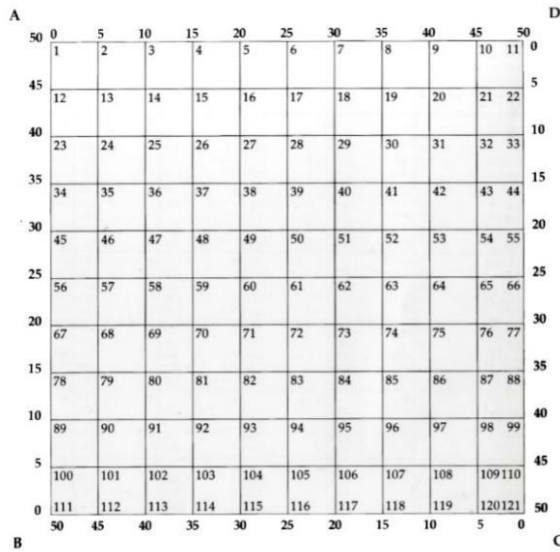
36 noktalı dörtgensel (Bkz. Görsel.12) şu şekilde çalışır. A köşesi %50 A malzemesine sahiptir. A-B çizgisi boyunca aşağı doğru gidildiğinde, A malzemesi sağa doğru her yatay çizgi için %10 azalır. B köşesi %50 B malzemesine sahiptir. B-C çizgisi boyunca gidildiğinde, B malzemesi yukarı doğru her dikey çizgi için %10 azalır. C köşesi %50 C

malzemesine sahiptir. C-D çizgisi boyunca yukarı çıkıldığında, C malzemesi her yatay çizgide %10 azalır. D köşesi %50 D malzemesine sahiptir. D-A çizgisi boyunca gidildiğinde, D malzemesi aşağı doğru her dikey çizgi için %10 azalır. Sadece iki veya üç malzeme gösterildiğinde, kalan malzemeler sıfır olarak alınır. Sistemde malzemelerin kombinasyonunu temsil eden herhangi bir bileşim noktasında, malzemelerin toplamı 100'e eşit olmalıdır (Hopper, 2001, s.101-102).

Seçilen ham maddelerin artan veya azalan değerlerini belirlemek tercihe bağlıdır. Bu değerler %5 veya %10 olabilir. %10'luk değer seçildiğinde sır matrisi içinde Görsel 1.13' de görüldüğü gibi toplamda 36, dört ham maddenin kombinasyonundan oluşan bileşimlerin sayısı ise 16 olmaktadır. %5'lik artış değerleri seçildiğinde ise toplamda 121, dört ham maddenin kombinasyonundan oluşan bileşimlerin sayısı ise 81 olmaktadır (Bkz. Görsel 1.13).

Görsel 1.13

Dört Ham madde Kombinasyonundan Oluşan Sır Bileşimlerinin 81 Olduğu Dört Eksenli Sır Sistemi



Kaynak: Hopper, 2001, s.103.

Kullanılan malzemelerle çalışma süreci ilerledikçe, kişinin sır yapımında deneyim kazanması bu süreci giderek kolaylaştırır. Bireysel keşfin sezgisel yönleri ile kişisel anlayışın gelişimi, malzeme kullanımında yaratıcılığa ve ifade özgürlüğüne olanak tanır. Bu durum, kimi zaman matematiksel, teknolojik ya da bilimsel sınırlılıkların etkisini dengeleyici bir rol üstlenir. Sır bileşiminde yer alan malzemeler, özellikle ergiticiler, aynı zamanda renklendiricilerin davranışlarını ve seramiğin yüzeyinde oluşabilecek geniş etki yelpazesini de belirler.

Geleneksel anlamda bir ressam, çoğunlukla tüpten çıkan hazır malzemelerle çalışır; boyları, görsel beklentilerine göre karıştırır ve ıslak ile kuru boya arasındaki küçük ton farkı dışında elde ettiği renk, çoğunlukla beklediği renktir. Oysa seramik sanatçısı ya da üreticisi, sadece renk uygulaması yapacağı yüzeyi oluşturmakla kalmaz; aynı zamanda elde edeceği rengin oluşum süreci üzerinde etkili olan birçok değişkenle de başa çıkmak zorundadır. Eğer elde edilecek renk kesin olarak bilinebilseydi, sır geliştirme süreci çok daha kolay olurdu. Ancak kararsız fırın davranışları, farklı atmosfer koşulları, değişken sıcaklık aralıkları ve kullanılan malzemelerin çeşitliliği gibi pek çok unsur, nihai sonucu doğrudan etkileyen önemli faktörlerdir (Hopper, 2001, s.81-83).

İKİNCİ BÖLÜM

2 KALSİYUM OKSİT İÇEREN SERAMİK HAM MADDELERİ, MİNERALLER VE KAYAÇLAR

Geleneksel seramikler alanında yer alan endüstriyel ve sanatsal seramik ürünlerin veya eserlerin üretilebilmesi için yer kabuğunda bulunan ham maddeler kullanılır. Bu ham maddelerin metal oksit içerikleri (SiO_2 , Al_2O_3 , alkali oksitler, toprak alkali oksitler Fe_2O_3 , TiO_2 vd.), eriyerek camsı yapıyı oluşturma davranışları, seramik üretiminin dört ana ögesi olan çamur, sır, astar ve boya yapılarını ve buna bağlı olarak nihai sanatsal ya da endüstriyel seramik ürün özelliklerini etkiler.

Bilim ve teknoloji alanlarının pek çoğunda olduğu gibi, endüstriyel ve sanatsal seramik alanı da jeoloji, mineraloji ve petrografi disiplinleriyle yakından ilişkilidir. Bunun temel nedeni, seramik üretiminin ham madde kaynağını minerallerin ve kayaçların oluşturmalarıdır. Jeoloji, yeryüzünü bir bütün olarak inceleyen bilim dalıdır; petrografi ise özellikle yer kabuğunu oluşturan kayaçların kökeni, mineralojik bileşimi ve kimyasal yapısı ile ilgilenir. Kayaçların oluşum süreçleri oldukça kapsamlıdır ve uzun jeolojik zaman ölçeklerinde gerçekleşir. Bu nedenle, petrografi yalnızca jeoloji uzmanlarının değil, aynı zamanda seramik sanatçıları ve üreticilerinin de doğrudan ilgilendiği bir alandır. Seramikle uğraşan kişiler, yer kabuğunu oluşturan mineral ve kayaçlar hakkında bilgi sahibi olarak üretim sürecini daha etkili şekilde yönetebilir; bu tür bilgiler, doğru malzeme seçimini kolaylaştırır ve daha tutarlı sonuçlar elde edilmesine katkı sağlar (Sutherland, 2005, s.15).

Seramik ham maddelerinde kalsiyum oksit içeren katkı maddeleri önemli bir konudur. Kalsiyum karbonat (CaCO_3), ham madde içerisindeki dağılımına, parçacık boyutuna ve pişirme sıcaklığına bağlı olarak farklı fazlar oluşturabilir ve bu durum malzemenin

yapısal özelliklerinde değişikliklere yol açar. Kalsiyum içeren ham maddeler, erime noktasını düşürme özellikleri nedeniyle sır ve gövde formülasyonlarında yaygın olarak kullanılır. Sır bileşimine, formülasyona bağlı olarak eklenen eriyebilir oksitler, ürünlerin yüzey özelliklerini etkilerken aynı zamanda farklı fazların oluşmasına da neden olur. Bu süreçte sıcaklık ve pişirme koşullarının etkisi belirleyici rol oynar. Birçok ham madde, iki oksitten fazlasını sağlayarak erimeyi destekler. Çoğu sır, teknik avantajları ve düşük maliyetleri nedeniyle kalsiyum oksit içerir ve bu nedenle önemli bir sır bileşeni olarak değerlendirilir. Kalsiyum, diğer bileşenlerle birlikte orta sıcaklıklarda ötektik yapılar oluşturur (Göl vd., 2022, s.15622).

Toprak alkali oksitler grubunda yer alan kalsiyum oksit (CaO), 1100°C sıcaklıkta erimeye başlayan ve 2570°C sıcaklıkta tamamen eriyen, ergitici ve akışkanlaştırıcı bir oksittir. Fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dirençli sırların üretiminde kullanılır. Kalsiyum oksit, 1100°C üzerindeki sıcaklıklarda yaygın olarak tercih edilen, çarpma dayanımını artırmaya yardımcı olan kararlı bir eriticidir. Yüksek oranlarda (%30'un üzerinde) kullanıldığında, kalsiyum karbonat yavaş soğutma ile sır yüzeyinde kalsiyum matları oluşturur. Renk üzerinde genel olarak orta düzeyde bir etki gösterir; ancak demir oksidin fazla kullanıldığı durumlarda, özellikle hassas seladon sırlarında olduğu gibi, renk açıcı bir etkisi bulunur. Ayrıca temmoku ve kaki (domates kırmızısı) gibi sır renklerinin oluşumuna da katkı sağlar. Kalsiyum oksit, orta düzeyde viskoziteye ve yüksek yüzey gerilimine sahiptir; genleşme ve büzülme oranları ise yüksek ile orta düzey arasında değişir. Bu bileşik, seramik üretiminde kullanılan sıcaklıklarda uçuculuk göstermeden kararlılığını korur. Başlıca kalsiyum oksit kaynakları arasında kalsit, mermer tozu, vollastonit ve dolomit yer alır (Britt, 2007, s. 19).

Jeolojik süreçler, kayaçların yapısını sürekli olarak değiştirmiş ve bazı durumlarda bu süreçleri tekrarlayarak yeni kayaçların oluşumuna yol açmıştır. Aslında, bazı durumlarda tam geri dönüşümün gerçekleştiğini ve tortul kayaçlar ile diğer kayaç türlerinin yeniden magmaya asimile edildiğini ortaya koyan jeolojik kanıtlar bulunmaktadır. Bu değişimleri meydana getiren başlıca etkenler ısı, basınç, kimyasal etkiler ya da bu faktörlerin çeşitli kombinasyonlarıdır. Hatırlanması gereken önemli bir ayrım, mineral ile kayaç arasındaki farktır. Mineral; belirli bir kimyasal bileşime ve kristal yapıya sahip, saf bir katı maddedir. Kayaç ise genellikle birden fazla mineralin fiziksel karışımından oluşur; ancak bazı kayaç türleri yalnızca tek bir mineral içerebilir.

Bazı yaygın mineral örnekleri arasında feldspat, kuvars, mika, halit, kalsit ve amfibol yer alır. Kayaç örnekleri ise granit, bazalt, kumtaşı, kireç taşı, mermer ve şist gibi türleri içerir (Earle, 2015, s. 9-18).

Günümüzde ekonomi, toplum ve çevreyle ilişkili çeşitli sektörlerde kullanılan ham maddelerin büyük çoğunluğu mineral kökenlidir. Bu kaynaklara olan talebin artması, mineral ve kayaçlardan oluşan ham madde yataklarının bulunması, araştırılması ve gerçek rezerv ile kalite potansiyellerinin belirlenmesi gereksinimini her geçen gün daha da artırmaktadır. Kayaç oluşumlarının jeolojik açıdan incelenmesi; karayolları, demiryolu hatları, havaalanları, tüneller, kanallar, baraj sahaları, yüksek yapılar, endüstriyel alanlar ve yerleşim bölgeleri gibi büyük ölçekli inşaat projelerinin yanı sıra, günlük yaşamda ihtiyaç duyulan birçok ürün için de kritik öneme sahiptir. Doğada kayaç veya mineral formunda bulunan ve seramik sektöründe çamur, sır, astar ya da boya üretiminde kalsiyum oksit (CaO) kaynağı olarak kullanılan ham maddeler; kalsit, mermer tozu, vollastonit ve dolomit olarak sınıflandırılmaktadır.

2.1 Kalker (Kireçtaşı), Kalsit, Mermer (CaCO₃)

Seramik çamur, sır, astar ve boya reçetelerinde kullanılan en önemli kalsiyum oksit kaynağından söz edildiğinde kalker (kireçtaşı), kalsit ve mermer kavramları karşımıza çıkmaktadır. Genel formülleri CaCO₃ şeklindedir. Bu malzemelerin tanımları yukarıda da kısaca belirtildiği gibi özellikle tortul ve metamorfik kayaç oluşumlarıyla bağlantılıdır. Kalker, mermer ve tebeşir karbonatlı kayaçlardır.

Kalker, başlıca kalsitten oluşan bir tortul kayaçtır. Hem kalsiyum karbonatın kimyasal çökmesiyle hem de diyajenez sürecinde (tortunun kayaca dönüşüm süreci) kabuk, mercan ve alg artıklarının kalsite dönüşmesiyle oluşmaktadır. Ayrıca mağara ortamlarında, yer altı sularındaki kalsiyum karbonatın çökmesiyle meydana gelen bir tortu olarak da bulunmaktadır.

Mermer ve kalker ısı ve basınca maruz kaldığında oluşan bir metamorfik kayaçtır. Kırık bir mermer parçası yakından incelendiğinde, kalsit minerallerine ait belirgin yarıma yüzeyleri genellikle gözlemlenmektedir. Kalsit kristallerinin boyutu, maruz kalınan metamorfizma derecesine bağlı olarak değişmektedir. Daha yüksek dereceli metamorfik koşullar, daha iri kalsit kristallerinin oluşumuna neden olmaktadır. Kalsit, CaCO₃ kimyasal formülüne sahip, kayaç oluşturan bir mineraldir ve yaygınlığı nedeniyle “her yerde bulunan mineral” olarak değerlendirilmektedir (http-6).

Görsel 2.1

a) Kalsit Minerali b) Öğütülmüş Kalsit

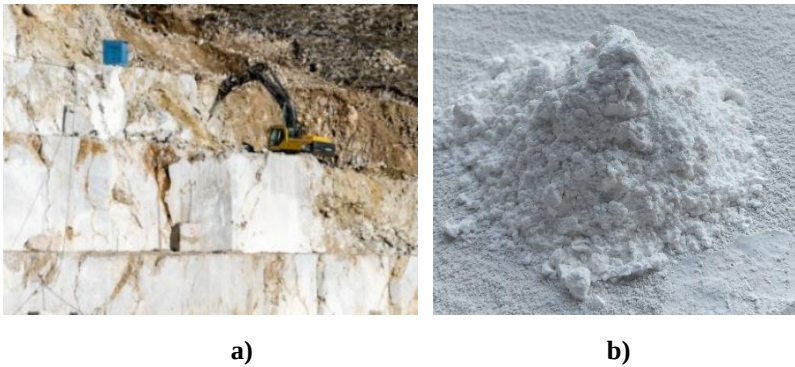


Kaynak: (http-7)

Kalsit, karbonatlı kayaçları oluşturan bir mineral olup kimyasal yapısı CaCO_3 'tür. Camsı parlaklıkta, renksiz ve saydam bir yapıya sahip olan bu mineral, çeşitli şekillerde kristal halde bulunur. Kolaylıkla öğütülerek beyaz renkli bir toz hâline getirilir (Bkz. Görsel 2.1). Sertliği Mohs skalasına göre 3, yoğunluğu ise yaklaşık $2,6\text{--}2,7 \text{ g/cm}^3$ civarındadır. Türkiye'de "kalsit" adıyla üretilen bu mineral, kalker, mermer ve tebeşir gibi karbonatlı kayaçların ana mineralidir. Dünyada ticari olarak üretilen kalsit (kalsiyum karbonat) oluşumları; beyaz renkli saf kireç taşları, iri kristalli mermerler (Türkiye'de üretilen) ve beyaz tebeşir yatakları şeklinde olmaktadır. Anadolu'nun hemen her bölgesinde kalsit oluşumlarına rastlanmaktadır. Bilinen rezervlerin toplamı yüz milyonlarca tonla ifade edilmektedir. Türkiye'deki kalsit rezervlerinin en dikkat çekici özellikleri arasında CaCO_3 yüzdesinin yüksek, silis ve demir gibi safsızlıkların ise oldukça düşük olması yer alır. Ayrıca, öğütülme sonrasında elde edilen beyazlık derecesi oldukça yüksektir. Kalsit (CaCO_3), seramik sektöründe düşük oranlarda da olsa, 40–100 mikron boyutlarına kadar öğütülerek reçetelere dâhil edilmektedir (http-8).

Görsel 2.2

a) Afyonkarahisar/Şuhut'da Bulunan Bir Mermer Ocağı, b) Mermer Tozu



Kaynak: (http-9)

Jeolojik tanımıyla Mermer, metomorfizma olayı sonucunda kalker ve dolomitik kalkerlerin yeniden kristalleşmesiyle meydana gelmiş bileşimdir. Bileşimlerinin %90-98'i CaCO_3 'ten (Kalsiyum karbonat) oluşmaktadır. Düşük oranda MgCO_3 (magnezyum karbonat) içermektedir. CaCO_3 kristallerinden oluşan mermerlerde esas mineral “Kalsit”tir (Bkz. Görsel 2.2). Aynı zamanda az miktarda silis, silika, feldspat, demir oksit, mika ve organik maddeler bulunabilir (Karahana, 2018, s. 4).

Kalsiyum karbonat, çeşitli yararlı özellikleri nedeniyle seramik endüstrisinde genellikle dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Geleneksel seramik malzemelerin özelliklerini iyileştirmek amacıyla katkı maddelerine ihtiyaç duyulmakta, bu doğrultuda kalsiyum karbonat uygun bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Mermer, seramik çamur, sır ve astarlarında CaO kaynağı olarak kullanılan hammaddelerden birisidir.

Mermer küçük CaCO_3 kristallerinden oluşur. Seramik endüstrisinde çamur ve sırların bileşimine girer. Karışık ve kalklı akçini çamurlarının mineralojik bileşimlerinde %5-20 oranında CaCO_3 kullanılır ve bu CaCO_3 çok ince öğütülmüş şekli ile mermerden alınır (Arcasoy ve Başkırkan, 2020, s. 52).

2.2 Vollastonit

Sanatsal veya endüstriyel stoneware, sağlık gereçleri ve porselen sırlarında kalsiyum oksit kaynağı olarak kullanılan önemli ham maddelerden biri de vollastonittir. Seramik çamurlarına ilave edildiğinde, su geçirgenliğini azaltmakta ve su emmeye karşı dayanıklılığı artırmaktadır (Ayta, 2017, s.44).

Endüstriyel ham maddeler grubunda yer alan vollastonit mineralinin geçmişi 1700’lü yıllara dayanmaktadır. Bu dönemde, kendine özgü karakteristik özellikleriyle dikkat çeken ve “tabular billur” olarak bilinen bu mineral, mineraloji ve kristallografi alanlarındaki katkıları nedeniyle İngiliz mineralog ve kimyager William Hyde Wollaston’un onuruna “vollastonit” olarak adlandırılmıştır (Haner, Çuhadaroglu, 2013, s.64).

Görsel 2.3

a) Vollastonit Minerali b) Öğütülmüş Vollastonit



a)

b)

Kaynak: (http-10,11)

Vollastonitin jeolojisi, özellikleri, kullanım alanları, dünya ve Türkiye'deki rezerv durumlarına ilişkin son dönemlerde çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bu kaynaklarda vollastonit; teorik bileşimi %48,3 CaO ve %51,7 SiO₂ olan, endüstriyel bir mineral ve doğal bir kalsiyum metasilikat olarak tanımlanmaktadır. Ancak, nadiren saf halde bulunur; yapısında az miktarda magnezyum, demir ve manganez bulunabilmektedir. İçerdiği safsızlıkların türü ve miktarına bağlı olarak gri, krem, kahverengi, soluk yeşil veya kırmızı renklerde görülebilmektedir (Bkz. Görsel 2.3).

Jeolojik olarak, vollastonit; magmadan kireçtaşlarına silikat, alüminyum, demir ve manganez transferiyle oluşan skarn zonlarında (kimyasal etkileşim bölgeleri), kontakt metamorfizma sonucunda meydana gelir. Daha az yaygın olmakla birlikte, nadiren yüksek miktarda karbon içeren ergimiş magmalardan doğrudan kristalleşerek de oluşabilmektedir.

Dünya genelinde önemli vollastonit yatakları; Amerika Birleşik Devletleri, Rusya, Finlandiya, Romanya, İsveç, Meksika, eski Yugoslavya, Japonya, Avustralya, Özbekistan, Tacikistan, Kenya, Fas, Sudan, Şili, Pakistan, Hindistan, Yeni Zelanda, İspanya ve Kanada'da bulunmaktadır. Türkiye'de ise Balıkesir, Çanakkale ve Bursa illerindeki vollastonit oluşumları, Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü kayıtlarında belirtilmektedir (Can, 1991, s.55, Haner, Çuhadaroglu, 2013, s.64, DPT: 2611- ÖİK: 622, s.153-156-169).

Seramik endüstrisinde, lifli yapısı sayesinde ürünlerin mekanik dayanımını artırdığı, pişme küçülmesini azalttığı, kurumayı hızlandırdığı ve gaz çıkışı oluşturmadığı için elektroporselen, yer ve duvar karosu ve sofra eşyaları üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca tek pişirim yapılmasına olanak sağlayan bir ham maddedir (Mete, 2020, s.145).

Küçülme, mukavemet, bünye geçirgenliği, düşük kızdırma kaybı, beyazlık, genleşme, ergitici ve akışkanlaştırıcı özellikleri nedeniyle vollastonit, seramik çamur ve sırları için önemli bir bileşendir.

Vollastonit, çatlama olmadan hızlı ısıtma ve soğutma sağladığı için tercih edilmektedir. Kalker gibi diğer kalsiyum oksit (CaO) kaynakları ise kızdırma kaybını artırmaktadır. Fe₂O₃, FeO ve TiO₂ gibi oksitleri çok düşük seviyelerde içermesi nedeniyle vollastonit, porselen üretiminde CaO kaynağı olarak kullanılabilir. Yüksek CaO içeriği, porselenin sıvı faz viskozitesini düşürerek yüksek sıcaklıklarda şekil bozulmalarına yol açmaktadır. Sert porselen bünyelerde vollastonit kullanımının (kısmen potasyum feldspatın yerine) incelendiği bir çalışmada; bu mineralin cam fazın viskozitesini

iyileştirdiği, şekil bozukluğu olmadan düşük sıcaklıkta daha geniş bir pişirim aralığı sağladığı ve pişirme sıcaklığını düşürdüğü belirtilmektedir. Ayrıca, porselenin teknolojik özellikleri korunurken, %1 oranında vollastonit eklenmesiyle pişirme sıcaklığının yaklaşık 25°C azaldığı ifade edilmektedir (Türkmen vd., 2015).

Carús vd. (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, kemik porseleni bünyesinde vollastonitin ergitici ve akışkanlaştırıcı olarak kullanım potansiyeli incelenmiştir. Bu kapsamda, geleneksel kemik porseleni formülasyonu ile potasyum feldspatin kısmen vollastonit ile değiştirildiği alternatif bir formül karşılaştırılmış; her iki formülün pişirme davranışları, teknik özellikleri, mikroyapıları ve faz gelişimleri analiz edilmiştir. Ayrıca, vollastonit içeren bir döküm çamuru geliştirilerek reolojik özellikleri (akma ve şekil değiştirme davranışları) değerlendirilmiştir. Çalışmada, vollastonit katkılı bünyelerde pişirme sıcaklığının azaldığı, pişirim aralığının genişlediği ve dökümle şekillendirilen seramik ürünlerde çamurun akışkanlığı ile şekil koruma yeteneği arasında ideal bir dengenin sağlandığı ifade edilmiştir.

Balıkesir ili Kepsut ilçesine bağlı Serçeören Mahallesi'nde bulunan vollastonit yataklarının, sağlık gereçleri üretiminde seramik çamuru bileşimlerinde albit ve silis kumu yerine kullanımına ilişkin çalışmalar Serhan Haner (2013) ve Bülent Haner (2014) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan vollastonit örneklerinin, 1978 yılına kadar Çanakkale Seramik Fabrikası tarafından işletilmiş ve günümüzde terk edilmiş durumda olan Serçeören çevresindeki ocaklardan temin edildiği belirtilmiştir. Elde edilen verilerin olumlu olduğu ve söz konusu yerli kaynağın seramik sektöründe değerlendirilebilir nitelikte olduğu vurgulanmaktadır (Haner ve Haner, 2013, Haner ve Haner, 2014).

Özer (2009), standart yumuşak porselen bünye bileşiminde vollastoniti artan oranlarda (%7,5-%31) kullanarak etkilerini incelemiştir. Çalışmada, katkı oranının artmasıyla birlikte anortit fazının oluştuğu ve bu fazın bünyedeki beyazlığı artırdığı belirtilmiştir. Ayrıca, anortit fazının içerdiği kalsiyum iyonlarının seramik malzemeyi daha kararlı hâle getirdiği; bu durumun da lineer deformasyonu (pişirme sırasında boyutsal şekil bozulması) ve pişme küçülmesini azalttığı belirtilmektedir.

Mazura ve Levitskii (2006), sağlık gereçlerinde kullanılan fritsiz, ham zirkonla opaklaştırılmış sırlarda vollastonitin ana bileşenlerden biri olarak kullanım potansiyelini araştırmıştır.

Çalışmada, ele alınan bileşen sisteminde %15 oranında vollastonit konsantresi bulunmasının gerekli ve yeterli olduğu; vollastonit içeren sırların iyi yayılma özelliğine sahip olduğu ve nispeten yüksek parlaklık ile beyazlık değerleri sağladığını belirtmişlerdir.

Vollastonit, genellikle mat sırlarda kalsiyum iyonları için tercih edilen bir kaynak olup, diğer kalsiyum bileşikleriyle kıyaslandığında daha düzgün bir yüzey dokusu elde edilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda, sır reçetelerinin hazırlanmasında alternatif ve kolay kontrol edilebilir bir hammadde kaynağı olarak değerlendirilmektedir.

2.3 Dolomit

Geleneksel seramik çamur ve sırlarında CaO ve MgO kaynağı olarak kullanılan önemli ve etkili ham maddelerdendir.

Kalsiyum ve magnezyumun çift karbonat bileşiği olan dolomitin kimyasal formülü $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 'dir. Kalsitten farklı özelliklere sahip ayrı bir mineral olduğu ilk kez Fransız jeolog Déodat de Dolomieu tarafından belirlenmiş ve 1791 yılında Count Dolomien tarafından bu mineral "dolomit" olarak adlandırılmıştır. Dolomitin teorik kimyasal bileşimi şu şekildedir: CaCO_3 %54,35, CaO %30,4, MgCO_3 %45,65, MgO %21,7 ve CO_2 %47,9.

Dolomit, kireçtaşlarında yer alan kalsiyum oksidin (CaO) yerini kısmen veya tamamen magnezyum oksidin (MgO) alması sonucu oluşur. Bu yönüyle kimyasal bileşimi açısından kireçtaşlarıyla ilişkilidir ve genellikle yatay ve düşey geçişlerle kireçtaşlarıyla süreklilik gösterir. Bazı dolomitler doğrudan deniz suyunun çökmesiyle oluşurken, büyük bir bölümü yüksek tuzluluk içeren suların, kalsiyum karbonatlı tortul birikintileri (sedimanter) ya da kayaçları kimyasal olarak dönüştürmesi yoluyla meydana gelir (Bkz. Görsel 2.4). Fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak dolomit, endüstride birçok alanda kullanılmaktadır (http-12).

Seramik sektöründe, yüksek sıcaklıklara dayanıklı tuğlalarla birlikte, düşük hammadde maliyetine ve düşük pişirim sıcaklığına sahip dolomitli akçini çamurları üretilmektedir. Yapısındaki suyu hızlı şekilde vermesi sayesinde, bu çamurlardan üretilen döküm çamurları ile daha fazla döküm yapılabilen ve bu özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir (Arcasoy ve Başkırkan, 2020, s.53,159-160).

Görsel 2.4

a) Dolomit Minerali, b) Öğütülmüş Dolomit



a)

b)

Kaynak: (http-13)

Dolomit, seramik sırlarında kalsiyum oksit (CaO) kaynağı olarak kullanıldığında, aynı zamanda bir diğer toprak alkali oksit olan magnezyum oksit (MgO) sır bileşimine dahil olur. Eğer sır formülasyonunda MgO da isteniyorsa, dolomit hem CaO hem de MgO içermesi nedeniyle, talk veya magnezit gibi diğer hammaddelere kıyasla daha uygun bir seçenek olarak değerlendirilebilir. Bu özelliği sayesinde dolomit, stoneware, sağlık gereçleri ve porselen gibi yüksek sıcaklıkta pişirilen seramik ürünlerdeki sır bileşimlerinde yer alır. Özellikle yüksek sıcaklıkta gelişen ham sırlarda, literatürde “dolomit matı” olarak adlandırılan seramik sırları oluşmaktadır. Bu tür sırlar, ipeksi yüzey dokuları sayesinde seramik ürünlerde sıklıkla tercih edilmektedir.

Görsel 2.5’te verilen, 1200°C sıcaklıkta gelişen ve baz bileşimi aynı olan bir sırda (%20 Frit 3134+ %21 plastik kaolin + %27 kalsiyum karbonat+ %32 silika) kalsiyum karbonat yerine dolomit kullanımının sıranın özelliklerini nasıl değiştirdiği görülmektedir. Soldaki a) numunede kalsiyum karbonat yerine dolomit kullanılmıştır. Dolomitten gelen MgO yüzeyi tamamen matlaştırmış, kalsiyum karbonattan gelen CaO ise parlak bir yüzey üretmiştir (http-14).

Görsel 2.5

Kalsiyum Karbonat ve Dolomitin SP 6 (1200 °C) Sıcaklıkta Gelişen Bir Sırda Yüzey Özelliklerine Etkisi

a) Dolomitli Sır, b) Kalsiyum Karbonatlı Sır



a)

b)

Kaynak: (http-14)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Malzeme ve Yöntem

Kalsiyum oksit içeren farklı ham maddelerin 1160-1200°C erime sıcaklığı aralığına sahip stoneware sırlarında parlaklık, matlık, renk gibi yüzey özelliklerinin etkilerindeki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada CaO kaynağı olarak kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit üç farklı ana sır sisteminde (ikili ve üçlü sır sistemleri ve standart saydam stoneware sır bileşimi) kullanılmıştır. Sır bileşimlerinde CaO içeren bu ham maddeler dışında ayrıca üleksit, sodyum feldspat, potasyum feldspat, kuvars ve plastik kil (Bilecik Matel Sanayi ve Ticaret A.Ş. Mask 5) yer almaktadır. Tablo 3.1’de bu ham maddelerin kimyasal analizleri verilmiştir.

Tablo 3.1

Sır Reçetelerinde Kullanılan Ham Maddelerin Kimyasal Analizleri

Ham Madde	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	B ₂ O ₃	*L.O.
Sodyum Feldspat	69,949	18,057	0,141	0,613	0,189	10,078	0,217	0,161	-	0,456
Potasyum Feldspat	66,859	17,803	0,161	0,316	0,152	2,730	11,279	-	-	0,650
Üleksit	3,251	0,705	0,110	22,651	1,826	5,442	-	-	38,210	27,629
Kalsit	0,444	0,753	0,118	57,055	0,102	0,107	-	-	-	41,372
Vollastonit	51,643	1,783	0,337	44,120	0,441	0,355	0,119	-	-	1,179
Dolomit	12,284	0,706	0,111	30,185	17,474	-	0,030	-	-	39,177
Plastik Kil	50,043	33,992	1,499	0,369	0,229	-	0,446	0,514	-	12,776
Kuvars	96,299	1,545	0,167	0,187	0,197	0,962	0,160	-	-	0,370

Sırların hazırlanması aşaması ve uygulanması için; reçetelerde yer alan ham maddeler belirlenmiş oranlarda tartılmış, her bir reçete homojen olarak karıştırılmış, 100 mesh’lik elekten geçirilmiştir. Sırların litre ağırlığı 1450 gr olarak ayarlanıp, 1000°C sıcaklıkta bisküvi pişirimi yapılmış stoneware bünyeden üretilmiş plakalar üzerine akıtma yöntemiyle uygulanmıştır. Sırlı pişirimler ise 1160°C sıcaklıkta yapılmıştır.

3.2 Kalsiyum Oksit İçeren Ham Maddelerle Oluşturulan Sır Sistemleri

Endüstriyel ve sanatsal seramiklerin üretiminde istenilen özelliklere sahip formları oluşturmanın ana öğelerinden biri olan seramik sırlarını anlamanın en önemli adımlarından biri, kullanılan malzemelerin veya ham maddelerin özelliklerini ve bunların nasıl etkileşime girdiğini iyi kavramaktır. CaO seramik sırlarında görsel yüzey etkileri, kimyasal ve fiziksel özellikler açısından olumlu katkıları olan, Seger formülünde bazik oksitler grubunda yer alan sırları oluşturan temel oksitlerden birisidir. Kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit sır reçeteleri için CaO kaynağı olarak kullanılan ham maddelerdendir.

Bu bölümde kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit kullanılarak üç farklı şekilde bu ham maddelerin sır bileşimlerindeki etkileri incelenmiştir. İlk aşamada standart saydam stoneware sır reçetesine bu ham maddeler ilave edilerek saydam sıranın pişirim sonrası değişimi gözlemlenmiştir. Daha sonra standart sır ham maddeleri seçilerek ikili ve üçlü sır sistemlerinde kalsiyum oksit içeren ham maddeler kullanılmıştır.

3.2.1 Standart saydam sırda kalsit, mermer, vollastonit ve dolomitin etkileri

Bu kısımda Tablo 3.2’de verilen, %20 sodyum feldspat, %20 potasyum feldspat, %25 üleksit, %20 kuvars ve %15 plastik kil içeren saydam stoneware sırtı standart sır olarak kullanılmıştır. Bu sır 1 kg olarak hazırlanmış ve kurutulmuştur. Deneme plakalarına, toplamda 50 gr olacak şekilde bu sır reçetesine kalsit, mermer, dolomit ve vollastonit %5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında ilave edilerek uygulanmıştır. Hazırlanan denemelerde kalsit içeren sırlarda, mermer, dolomit ve vollastonitli sırlara göre çökmenin daha fazla olduğu görülmüştür. Saydam, çatlaklı, mat ve kısmi olarak opak yüzey özelliklerine sahip farklı sırlı yüzeyler elde edilmiştir. Standart sır; STD-S, kalsit katkılı sırlar (KS), mermer katkılı sırlar (MS), vollastonit katkılı sırlar (VS) ve dolomit katkılı sırlar (DS) olarak kodlanmıştır. Reçete bileşimleri Tablo 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5’de verilmiştir.

Görsel 3.1’de görüldüğü üzere, kalsit katkı oranı %5 olduğu KS1 kodlu deneme yüzeyi sık, küçük çatlaklı iken, oranın %10-20 arasında olduğu (KS2, KS3, KS4) sır yüzeyinde saydam ve geniş çatlaklar oluşmuştur. Oran arttıkça (%25-30) her iki denemede de belirgin bir şekilde sık çatlakların olduğu ve KS5’in görünümü saydam iken, KS6 kodlu denemenin sır yüzeyi ipek matı görünümündedir. Mermer katkılı sırlarda %5-20 arasında homojen bir yüzey, çok hafif matlık oluşumu, %25 ve 30 mermer içeren sırlarda çatlaklı yüzey meydana gelmiştir. Kalsite göre matlık derecesinin biraz daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Vollastonit oranının %5-20 arasında olduğu ve Görsel 3.3’de sunulan pişirim sonuçlarına göre, VS1, VS2, VS3, VS4 kodlu sırlarda çatlaklı saydam bir görünümde mat bir görünüme geçiş sağlanmış ve oranın %25-30 olduğu VS5’in sır yüzeyi yarı mat ve geniş çatlaklı iken, VS6 kodlu denemede ipek matı pürüzsüz bir yüzey elde edilmiştir. Dolomit katkısı ile yapılan denemelerde ise dolomit oranının %5-15 arasında kullanıldığı denemeler (DS1, DS2, DS3) saydam ve çatlaklı yüzey özelliğine sahip iken, oran arttıkça %20-30 arasındaki denemelerde (DS4, DS5, DS6) mat ve çatlaklı sır yüzeyleri elde edilmiştir (Bkz. Görsel 3.4).

Bu verilere göre, kalsit, mermer, vollastonit ve dolomitin standart sıra %5-30 aralığında ilave edildiklerinde kalsit yüzeyde çatlak oluşumunu devam ettirmiş oranın artmasıyla matlık oluşmuştur. Mermer ilave edilen sırlarda %25 ve %30 oranlarında çatlak oluşumları gözlemlenmiştir. Vollastonit katkısı %25’e kadar çatlaklı görünüm verirken, %30 oranıyla mat ve pürüzsüz yüzey sağlamıştır. Dolomit katkısı ise, %15’e kadar saydam, %20’den sonra mat sır yüzeyi elde edilmesine olanak sağlamış ve tüm denemelerde çatlaklı yüzey oluşturmıştır. Bu denemelerin renklendirilmiş formlarında, kalsit, mermer ve vollastonit matlaşma eğilimi gösterirken dolomit tamamen mat bir etki vermiştir. Ayrıca renk ve doku değişiklikleri de gözlemlenmiştir.

Tablo 3.2

Standart ve Kalsit Katkılı Sır Reçeteleri

Reçete No	Ham Maddeler ve Bileşim (%)					
	Sodyum Feldspat	Potasyum Feldspat	Üleksit	Kuvars	Plastik Kil	Kalsit
STD-S	20	20	25	20	15	-
KS1	19	19	23,75	19	14,25	5
KS2	18	18	22,50	18	13,50	10
KS3	17	17	21,25	17	12,75	15
KS4	16	16	20	16	12	20
KS5	15	15	18,75	15	11,25	25
KS6	14	14	17,50	14	10,50	30

Görsel 3.1

Standart Sıra Kalsit İlavesi ile Oluşturulan Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160 °C)



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Tablo 3.3

Standart ve Mermer Katkılı Sır Reçeteleri

Reçete No	Ham Maddeler ve Bileşim (%)					
	Sodyum Feldspat	Potasyum Feldspat	Üleksit	Kuvars	Plastik Kil	Mermer
STD-S	20	20	25	20	15	-
MS1	19	19	23,75	19	14,25	5
MS2	18	18	22,50	18	13,50	10
MS3	17	17	21,25	17	12,75	15
MS4	16	16	20	16	12	20
MS5	15	15	18,75	15	11,25	25
MS6	14	14	17,50	14	10,50	30

Görsel 3.2

Standart Sıra Mermer İlavesi ile Oluşturulan Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160 °C)



STD-S



MS1



MS2



MS3



MS4



MS5



MS6

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Tablo 3.4

Standart ve Vollaştonit Katkılı Sır Reçeteleri

Reçete No	Ham Maddeler ve Bileşim (%)					
	Sodyum Feldspat	Potasyum Feldspat	Üleksit	Kuvars	Plastik Kil	Vollaştonit
STD-S	20	20	25	20	15	-
VS1	19	19	23,75	19	14,25	5
VS2	18	18	22,50	18	13,50	10
VS3	17	17	21,25	17	12,75	15
VS4	16	16	20	16	12	20
VS5	15	15	18,75	15	11,25	25
VS6	14	14	17,50	14	10,50	30

Görsel 3.3

Standart Sıra Vollastonit İlavesi ile Oluşturulan Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160 °C)



STD-S



VS1



VS2



VS3



VS4



VS5



VS6

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Tablo 3.5

Standart ve Dolomit Katkılı Sır Reçeteleri

Reçete No	Ham Maddeler ve Bileşim (%)					
	Sodyum Feldspat	Potasyum Feldspat	Üleksit	Kuvars	Plastik Kil	Dolomit
STD-S	20	20	25	20	15	-
DS1	19	19	23,75	19	14,25	5
DS2	18	18	22,50	18	13,50	10
DS3	17	17	21,25	17	12,75	15
DS4	16	16	20	16	12	20
DS5	15	15	18,75	15	11,25	25
DS6	14	14	17,50	14	10,50	30

Görsel 3.4

Standart Sıra Dolomit İlavesi ile Oluşturulan Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)



STD-S



DS1



DS2



DS3



DS4



DS5



DS6

Fotoğraf: Kubilay Civelek

3.2.2 İki eksenli sır sistemi

Bu bölümde iki eksenli sır sisteminde düşük sıcaklıkta ergiyen ham madde olarak üleksit kullanılmıştır. Kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit oranları %100'den başlayarak %5 aralıklarla azalmıştır. Bu çalışma 1160°C sıcaklıkta yapıldığı için üleksit oranı %40'ın üzerine çıkıldığında sır akışkanlığının artması nedeniyle oran %40'ta bırakılmıştır.

3.2.2.1 Kalsit-üleksit sır sistemi

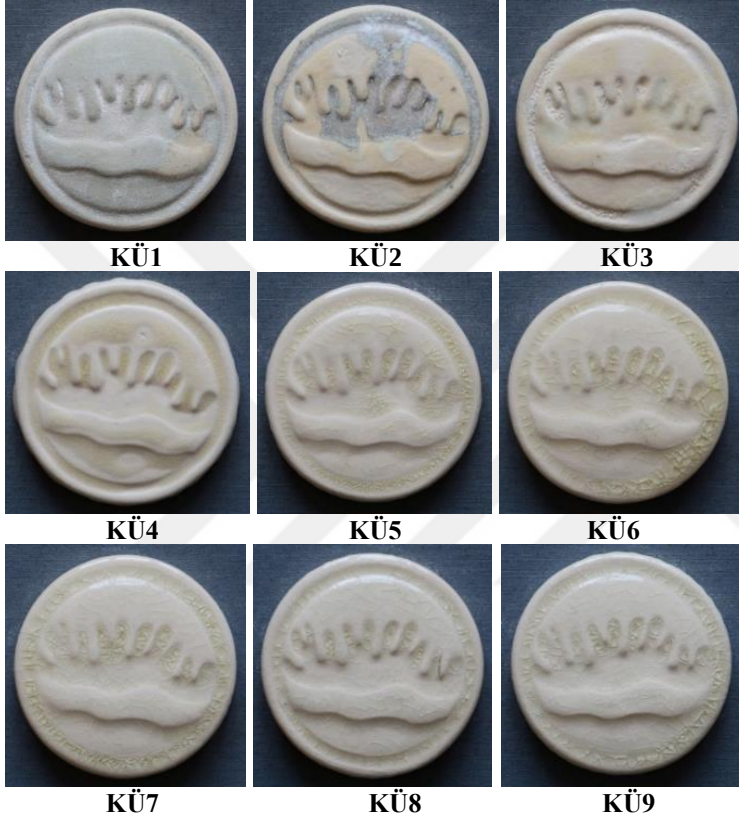
Kalsit-üleksit reçete bileşimleri (Tablo 3.6) KÜ olarak kodlanmıştır. 1160°C sıcaklıkta kalsit tek başına ve %5 üleksit içeren sırlar (KÜ1-KÜ2) erime göstermemiş, yüzeyde yeşil-grimsi küf görünümlü, farklı dokusal etkiler meydana gelmiştir. %90 ve %85 oranlarında (KÜ3-KÜ4), kısmi camlaşma ve yüzeyde köpürmeler oluşturmuştur. %80-60 aralığında (KÜ5-KÜ9) sır camlaşmış ve yoğun çatlaklı yüzeyler elde edilmiştir. Bu sonuçlar, kalsitin güçlü bir eriticiyle birlikte kullanıldığında ve sıcaklık arttığında başarılı sonuçlar verdiğini göstermektedir (Bkz. Görsel 3.5).

Tablo 3.6
Kalsit-Üleksit İkili Sır Sistemi

Ham Madde	Reçete Bileşim (%)								
	KÜ1	KÜ2	KÜ3	KÜ4	KÜ5	KÜ6	KÜ7	KÜ8	KÜ9
Kalsit	100	95	90	85	80	75	70	65	60
Üleksit	0	5	10	15	20	25	30	35	40

Görsel 3.5

Kalsit ve Üleksit Sırlarının Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)



Fotoğraf: Kubilay Civelek

3.2.2.2 Mermer-üleksit sır sistemi

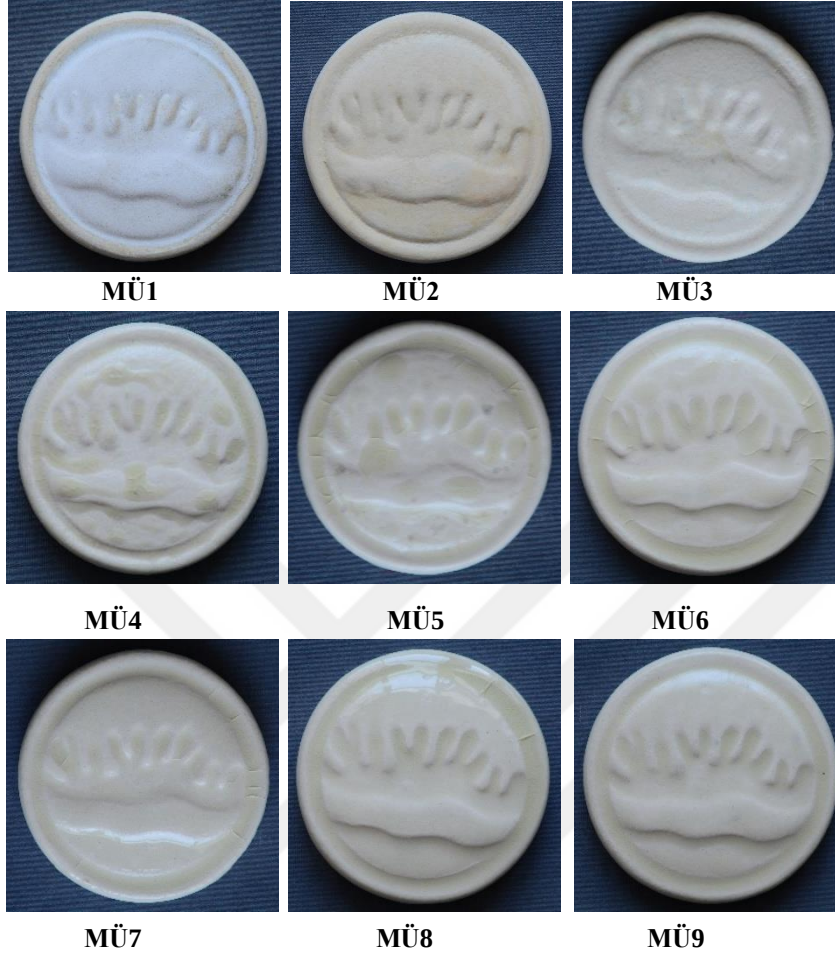
Tablo 3.7’de verilen Mermer-Üleksit reçete bileşimlerinde (MÜ) mermer oranının %100-90 olduğu denemelerde erime gerçekleşmemiştir. Mermerin %85 oranında kullanıldığı sırda erime başlamış ve %85-70 arası mat yüzeyli iken, %65-60 mermer oranlarında denemeler parlak sır yüzeylerine sahiptir (Bkz. Görsel 3.6).

Tablo 3.7
Mermer-Üleksit İkili Sır Sistemi

Ham Madde	Reçete Bileşim (%)								
	MÜ1	MÜ2	MÜ3	MÜ4	MÜ5	MÜ6	MÜ7	MÜ8	MÜ9
Mermer	100	95	90	85	80	75	70	65	60
Üleksit	0	5	10	15	20	25	30	35	40

Görsel 3.6

Mermer ve Üleksit Sırlarının Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)



Fotoğraf: Kubilay Civelek

3.2.2.3 Vollastonit-üleksit sır sistemi

Bu grupta hazırlanan sırlar (VÜ) olarak kodlanmıştır. Tablo 3.8' deki reçete bileşimine göre, vollastonit oranının %100-95 olduğu denemelerde herhangi bir erime gözlenmemiştir. Yüzeyde renk ve doku farklılıkları görülmektedir. Vollastonit oranı %90'a düştüğünde kısmi camlaşmanın olduğu mat bir görünüm elde edilmiş, %85 oranında ise mat ve hafif çatlaklı yüzeyler oluşmuştur. Vollastonit oranının %80-60 aralığında olduğu denemelerde saydam ve yoğun çatlaklı sır görünümleri elde edilmiştir (Bkz. Görsel 3.7).

Tablo 3.8

Vollastonit-Üleksit İkili Sır Sistemi

Ham Madde	Reçete Bileşim (%)								
	VÜ1	VÜ2	VÜ3	VÜ4	VÜ5	VÜ6	VÜ7	VÜ8	VÜ9
Vollastonit	100	95	90	85	80	75	70	65	60
Üleksit	0	5	10	15	20	25	30	35	40

Görsel 3.7

Vollastonit ve Üleksit Sırlarının Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)



Fotoğraf: Kubilay Civelek

3.2.2.4 Dolomit-üleksit sır sistemi

Dolomit ve üleksitle hazırlanan sırlar (DÜ) olarak kodlanmıştır. Dolomitin %100-60 arasında kullanıldığı reçete, Tablo 3.9’da yer almaktadır. Dolomitin %100-95 oranlarında kullanıldığı sırlarda (DÜ1, DÜ2) kalsit, mermer ve vollastonitte olduğu gibi erime gözlenmemiştir. %90 oranında kullanılan DÜ3’te erime süreci yeni başlamıştır. Üleksit oranının artışıyla birlikte, DÜ4 ve DÜ5 kodlu denemelerde mat-opak camlaşma etkisi görülmüş, küçük ve yoğun çatlaklı yüzeyler oluşmuştur. DÜ6, DÜ7, DÜ8 ve DÜ9 kodlu denemelerde ise saydam çatlaklı dokulu sır yüzeyleri elde edilmiştir (Bkz. Görsel 3.8).

Tablo 3.9

Dolomit-Üleksit İkili Sır Sistemi

Ham Madde	Reçete Bileşim (%)								
	DÜ1	DÜ2	DÜ3	DÜ4	DÜ5	DÜ6	DÜ7	DÜ8	DÜ9
Dolomit	100	95	90	85	80	75	70	65	60
Üleksit	0	5	10	15	20	25	30	35	40

Görsel 3.8

Dolomit ve Üleksit Sırlarının Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)



Fotoğraf: Kubilay Civelek

3.2.3 Üç eksenli sır sistemi

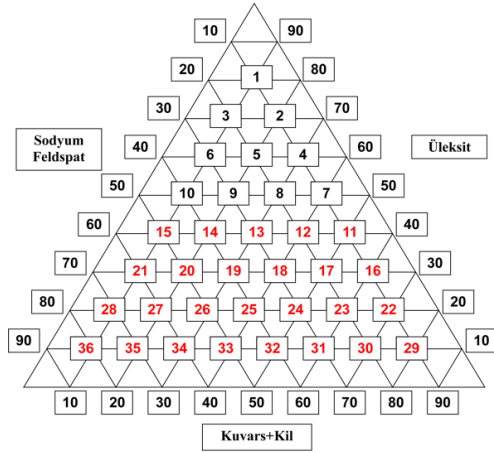
Çalışmanın bu bölümünde üç eksenli sır sisteminde kalsiyum oksit içeren ham maddelerin sırdaki etkileri incelenmiştir.

3.2.3.1 Standart kuvars+plastik kil-üleksit-sodyum feldspat sır sistemi

Bu bölümde ilk önce üleksit, sodyum feldspat, kuvars ve plastik kil içeren üçlü sır sistemi (Bkz. Görsel 3.9) oluşturulmuş ve standart olarak kabul edilmiştir. Daha sonra bu sistemde kuvars ve plastik kilin bulunduğu eksenle bu bileşenler yerine ayrı ayrı kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit kullanılmış ve sistemde 11-36 arasındaki sırlar çalışılmıştır.

Görsel 3.9

Standart Sır Olarak Belirlenen Kuvars+Plastik Kil-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Diyagramı



Tablo 3.10

Üçlü Sistemde Standart Sır Olarak Belirlenen Kuvars+Plastik Kil-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Sistemindeki Reçete Bileşimleri

Reçete No	Ham Madde (%)			Reçete No	Ham Madde (%)		
	Kuvars+Plastik Kil	Üleksit	Sodyum Feldspat		Kuvars+Plastik Kil	Üleksit	Sodyum Feldspat
ST11	50	40	10	ST24	50	20	30
ST12	40	40	20	ST25	40	20	40
ST13	30	40	30	ST26	30	20	50
ST14	20	40	40	ST27	20	20	60
ST15	10	40	50	ST28	10	20	70
ST16	60	30	10	ST29	80	10	10
ST17	50	30	20	ST30	70	10	20
ST18	40	30	30	ST31	60	10	30
ST19	30	30	40	ST32	50	10	40
ST20	20	30	50	ST33	40	10	50
ST21	10	30	60	ST34	30	10	60
ST22	70	20	10	ST35	20	10	70
ST23	60	20	20	ST36	10	10	80

Görsel 3.10’da sunulan sonuçlara göre, ST11 kodlu deneme parlak, ST12-ST15 arasındaki denemelerde parlak ve çatlaklı yüzeyler (giderek artan) elde edilmiştir. Kuvars+plastik kilin %60-30 oranlarında kullanıldığı, ST16-ST19 arasındaki denemelerde parlaklık azalmış ve pürüzlü yüzey oluşmuştur. ST20 ve ST21 kodlu denemelerde ise parlak ve çatlaklı sır yüzeyleri elde edilmiştir. ST22 ve ST23’te sır gelişmemiş, yüzey mat görünümündedir.

ST24-ST26 arası mat ve çatlaklı dokuya sahipken, ST27 ve ST28 parlak ve çatlaklı sır bünyesi oluşmuştur. Üleksit oranının %10 olduğu ST29-ST36 arasındaki denemeler mat ve pürüzlü yüzey özelliğindedir.

Görsel 3.10

Standart Sır Olarak Belirlenen Kuvars+Plastik Kil-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Sisteminde Elde Edilen 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)



[Görsel 3.10 (Devam) Standart Sır Olarak Belirlenen Kuvars+Plastik Kil-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Sisteminde Elde Edilen 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160 °C)]



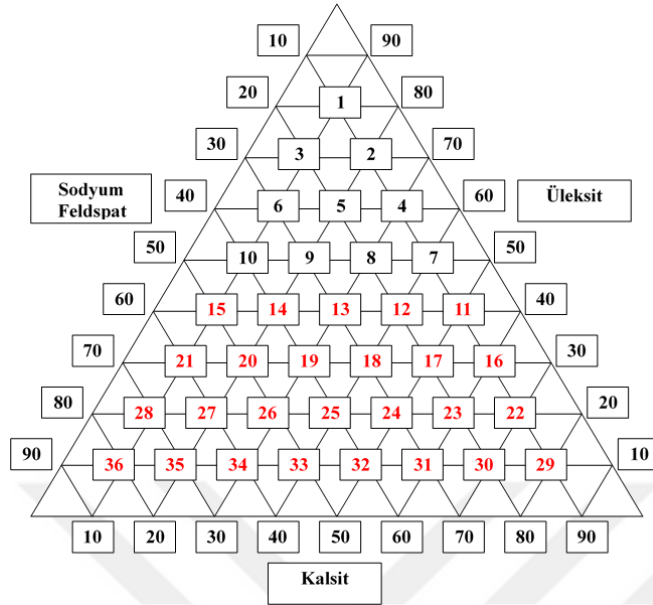
Fotoğraf: Kubilay Civelek

3.2.3.2 Kalsit-üleksit-sodyum feldspat sır sistemi

Üleksit, sodyum feldspat, kuvars ve plastik kil içeren üçlü sır sisteminde (Bkz. Görsel 3.12 ve Tablo 3.11) kuvars ve plastik kil yerine kalsit kullanılmış ve bunun sır yüzeyindeki etkileri araştırılmıştır. K11 ve K15 kodlu sırlarda parlak ve belirgin çatlaklı yüzeyler elde edilirken, K16 ve K17 sırlarında mat yüzeyler gözlemlenmiştir. K18-K21 arasındaki denemelerde ise saydam sır yüzeyleri oluşmuştur. K22 numaralı sırda ise beklenen gelişme sağlanamamıştır. K23 ile K26 arasındaki sırlar mat ve ince çatlaklı yüzeyler oluştururken, K27 ve K28 kodlu denemelerde tekrar saydam ve sık çatlaklı yüzeyler elde edilmiştir. Kalsit oranının %80-60 arasında olduğu K29, K30 ve K31 numaralı sırlar erime göstermemiştir. Ancak, kalsit oranının azaldığı K32’de ipek matı bir görünüm elde edilmiştir. K33-K35 arasındaki denemelerde yüzeyler mat ve sık çatlaklı iken, K36 numaralı sırda saydam ve sık çatlaklı bir yüzey oluşmuştur.

Görsel 3.11

Kalsit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Diyagramı



Tablo 3.11

Kalsit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Sistemindeki Reçete Bileşimleri

Reçete No	Ham madde (%)			Reçete No	Ham madde (%)		
	Kalsit	Üleksit	Sodyum feldspat		Kalsit	Üleksit	Sodyum feldspat
K11	50	40	10	K24	50	20	30
K12	40	40	20	K25	40	20	40
K13	30	40	30	K26	30	20	50
K14	20	40	40	K27	20	20	60
K15	10	40	50	K28	10	20	70
K16	60	30	10	K29	80	10	10
K17	50	30	20	K30	70	10	20
K18	40	30	30	K31	60	10	30
K19	30	30	40	K32	50	10	40
K20	20	30	50	K33	40	10	50
K21	10	30	60	K34	30	10	60
K22	70	20	10	K35	20	10	70
K23	60	20	20	K36	10	10	80

Görsel 3.12

Kalsit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemindeki 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160 °C)



[Görsel 3.12 (Devam) Kalsit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemindeki 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)]



Fotoğraf: Kubilay Civelek

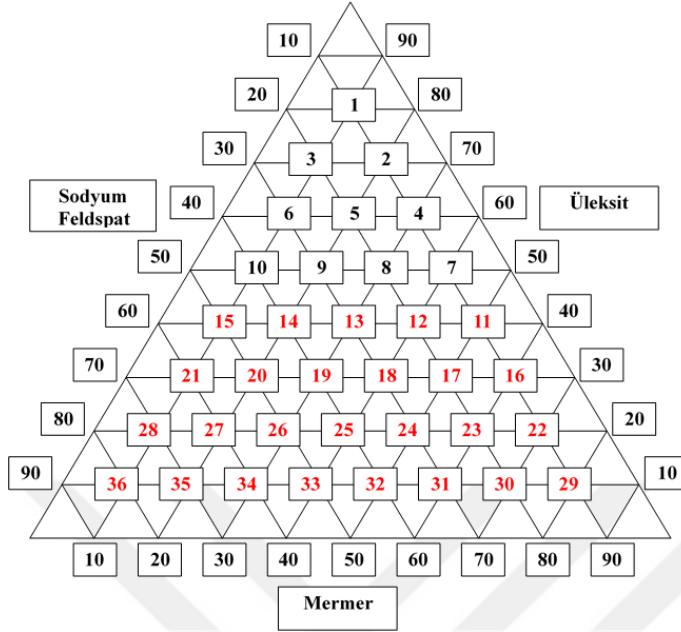
3.2.3.3 Mermer-üleksit-sodyum feldspat sır sistemi

Üleksit, sodyum feldspat ve kuvars+plastik kil bileşenlerinden oluşan standart sır reçetesinde, kuvars ve plastik kil yerine kalsiyum oksit kaynağı olarak mermer kullanılmış ve mermerin sır bünyesindeki etkileri araştırılmıştır. M11 ve M12 kodlu denemelerde yarı mat yüzeyler elde edilmiştir. Mermer oranının %30-10 arasında olduğu M13, M14 ve M15 numaralı örneklerde ise parlak yüzeyler oluşmuştur. Mermerin %60-30 oranlarında kullanıldığı M16, M17, M18, M19’da yüzeylerin tekrar matlaştığı gözlemlenmiştir.

M20 ve M21’de parlak ve hafif çatlaklı yüzeyler, M22-M26 arasındaki denemelerde ise mat ve giderek artan çatlaklı yüzeyler oluşmuştur. M27 ve M28’in yüzeyi parlak ve çatlaklı iken M29, M30 ve M31’de erime gerçekleşmemiştir. M32-M35 arasındaki denemelerde mat ve çatlaklı yüzeyler, M36’da ise parlak bir yüzey elde edilmiştir (Bkz. Görsel 3.14).

Görsel 3.13

Mermer-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Diyagramı



Tablo 3.12

Mermer-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Sistemindeki Reçete Bileşimleri

Reçete No	Ham madde (%)			Reçete No	Ham madde (%)		
	Mermer	Üleksit	Sodyum feldspat		Mermer	Üleksit	Sodyum feldspat
M11	50	40	10	M24	50	20	30
M12	40	40	20	M25	40	20	40
M13	30	40	30	M26	30	20	50
M14	20	40	40	M27	20	20	60
M15	10	40	50	M28	10	20	70
M16	60	30	10	M29	80	10	10
M17	50	30	20	M30	70	10	20
M18	40	30	30	M31	60	10	30
M19	30	30	40	M32	50	10	40
M20	20	30	50	M33	40	10	50
M21	10	30	60	M34	30	10	60
M22	70	20	10	M35	20	10	70
M23	60	20	20	M36	10	10	80

Görsel 3.14

Mermer-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemindeki 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)



[Görsel 3.14 (Devam) Mermer-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemindeki 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)]



Fotoğraf: Kubilay Civelek

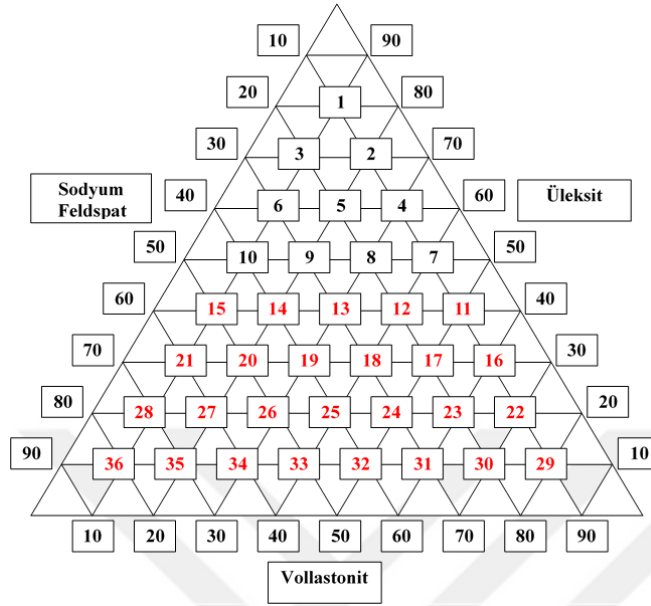
3.2.3.4 Vollastonit-üleksit-sodyum feldspat sır sistemi

Üleksit, sodyum feldspat ve kuvars+kil üçlü sır sisteminde, kalsiyum oksit kaynağı olarak vollastonit kullanılmış (Bkz. Görsel 3.15) ve sır bünyesindeki etkileri incelenmiştir. Bu sır sistemine ilişkin reçete bileşimleri Tablo 3.13, pişirim sonuçları ise Görsel 3.16'da sunulmuştur. V11 kodlu denemede, kristalleşmenin gözlemlendiği yarı mat bir sır yüzeyi elde edilmiştir. V12-V15 arasındaki denemelerde sık ve geniş çatlaklı, aynı zamanda saydam yüzeyler oluşmuştur. V16, V17 ve V18 numaralı denemelerde, sırasıyla mat ve geniş çatlaklı, ardından mat ve sık çatlaklı yüzeyler meydana gelmiştir. V19, V20 ve V21 numaralı örneklerde ise saydam ve sık çatlaklı yüzeyler gözlemlenmiştir. V22-V26 numaralı denemelerde, vollastonit oranının %70-30 aralığında olması, mat ve çatlaklı yüzeylerin oluşmasına neden olmuştur. V27-V28 numaralı denemelerde, vollastonit oranının %20-10 aralığında olduğu durumlarda saydam ve çatlaklı sır yüzeyleri elde edilmiştir.

Vollastonit oranının %80-40 aralığında olduğu V29-V33 numaralı denemelerde, camlaşmanın gerçekleşmediği ancak vollastonit oranı azaldıkça mat ve ipeksi bir yüzey olduğu sır yüzeyleri elde edilmiştir. V34 ve V35 numaralı denemelerde, ipek matı ve geniş çatlaklı yüzeyler meydana gelmiştir. Son olarak, vollastonit oranının %10 olduğu V36 numaralı denemede, saydam ve sık çatlaklı bir yüzey elde edilmiştir.

Görsel 3.15

Vollastonit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Diyagramı



Tablo 3.13

Vollastonit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Sistemindeki Reçete Bileşimleri

Reçete No	Ham madde (%)			Reçete No	Ham madde (%)		
	Vollastonit	Üleksit	Sodyum feldspat		Vollastonit	Üleksit	Sodyum feldspat
V11	50	40	10	V24	50	20	30
V12	40	40	20	V25	40	20	40
V13	30	40	30	V26	30	20	50
V14	20	40	40	V27	20	20	60
V15	10	40	50	V28	10	20	70
V16	60	30	10	V29	80	10	10
V17	50	30	20	V30	70	10	20
V18	40	30	30	V31	60	10	30
V19	30	30	40	V32	50	10	40
V20	20	30	50	V33	40	10	50
V21	10	30	60	V34	30	10	60
V22	70	20	10	V35	20	10	70
V23	60	20	20	V36	10	10	80

Görsel 3.16

Vollastonit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemindeki 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)



[Görsel 3.16 (Devam) Vollastonit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemindeki 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160 °C)]



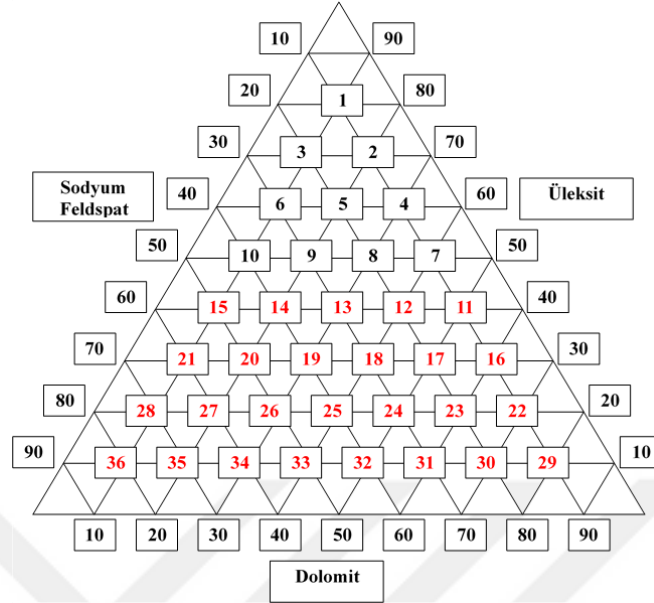
Fotoğraf: Kubilay Civelek

3.2.3.5 Dolomit-üleksit-sodyum feldspat sır sistemi

Üleksit, sodyum feldspat ve kuvars+plastik kil ile oluşturulan ve standart sır reçetesinde kuvars+plastik kil yerine kalsiyum oksit kaynağı olarak dolomit kullanılmış (Bkz. Görsel 3.17) ve dolomitin sır bünyesindeki etkileri gözlemlenmiştir. Reçete bileşimleri Tablo 3.14’de, pişirim sonuçları Görsel 3.18’de sunulan verilere bakıldığında, dolomit oranının %50-10 arasında olduğu, başlangıçta mat yüzeyli (D11 ve D12), daha sonra camlaşmanın başladığı (D13) ve dolomit oranının azalmasıyla birlikte artan saydamlık ile derin çatlaklı dokular elde edilmiştir (D14 ve D15). Dolomitin %60-10 oranlarında kullanıldığı D16-D19 arasındaki denemelerde camlaşmanın azaldığı mat görünümlü, küçük boyutlu sık çatlakların ve yer yer kristalleşmenin olduğu yüzeyler elde edilirken, D20 kodlu denemede yarı mat, D21’de ise saydam ve ince çatlaklı sır yüzeyleri oluşmuştur. D22-D28 denemelerinde ise dolomit oranı %70-10 aralığındadır. Dolomit oranının %70-30 aralığında olduğu yüzeylerde mat ve dokulu görünümler ortaya çıkmış, oran azaldıkça mat ve yarı mat bir görünüm kazanmıştır. Dolomit oranının %20-10 olduğu denemelerde ise camlaşma başlamış, bu süreç büyük ve sık çatlakların ardından saydam yüzeylerin oluşumuyla sonuçlanmıştır.

Dolomitin %80-60 oranlarında kullanıldığı D29, D30 ve D31 kodlu denemelerde erime gerçekleşmemiştir. %50’den %10’a doğru dolomitin azalma gösterdiği D32, D33, D34, D35 ve D36’ya ait sırlar ise yer yer erimeyen, yarı mat, mat, pürüzsüz yüzeyler içermektedir.

Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Diyagramı

**Tablo 3.14**

Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sır Sistemindeki Reçete Bileşimleri

Reçete No	Ham madde (%)			Reçete No	Ham madde (%)		
	Dolomit	Üleksit	Sodyum feldspat		Dolomit	Üleksit	Sodyum feldspat
D11	50	40	10	D24	50	20	30
D12	40	40	20	D25	40	20	40
D13	30	40	30	D26	30	20	50
D14	20	40	40	D27	20	20	60
D15	10	40	50	D28	10	20	70
D16	60	30	10	D29	80	10	10
D17	50	30	20	D30	70	10	20
D18	40	30	30	D31	60	10	30
D19	30	30	40	D32	50	10	40
D20	20	30	50	D33	40	10	50
D21	10	30	60	D34	30	10	60
D22	70	20	10	D35	20	10	70
D23	60	20	20	D36	10	10	80

Görsel 3.18

Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemindeki 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160 °C)



[Görsel 3.18 (Devam) Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemindeki 11-36 Arasındaki Sırların Pişirim Sonrası Yüzey Görüntüleri (1160°C)]



Fotoğraf: Kubilay Civelek

3.3 Kalsiyum Oksit İçeren Ham maddelerle Oluşturulan Sırlarda Renklendirme

Bu bölümde deneysel araştırmalar sonucunda elde edilen sırlar içinden en uygun özelliklere sahip olan sırlar seçilmiş ve bakır oksit, demir oksit, kobalt oksit, krom oksit ve mangan oksit kullanılarak renklendirme yapılmıştır. Kalsiyum oksit kaynağı olarak kullanılan Kalsit, mermer, vollastonit ve dolomitin renklendirme özelliklerine etkisi gözlemlenmiştir. Renklendirici oksit oranları %3 olarak sabit tutulmuştur.

3.3.1 Standart saydam sırda kalsit, mermer, vollastonit ve dolomitin ilavesinin renklendirmedeki etkileri

İlk olarak alkalili ve borlu standart saydam sır bileşimi standart oluşturularak karşılaştırma yapılabilmesi ve bu sıra ilave edilen kalsit, mermer, vollastonit ve dolomitin etkilerinin gözlemlenebilmesi amacıyla renklendirici oksitlerle aynı oranda renklendirilmişlerdir. Renklendirme için önce standart olarak seçilen sır (STD-S), daha sonra kalsit, mermer, vollastonit ve dolomiti %30 oranında içeren KS6, MS6, VS6 ve DS6 kodlu sırlar renklendirilmiştir. Renklendirici oranları yukarıda da ifade edildiği gibi %3 olarak sabit tutulmuştur.

Standart sıra %3 oranında renklendirici oksitlerin ilavesiyle elde edilen sonuçlar Görsel 3.19’da verilmiştir. Buna göre bakır (açık yeşil), demir (kahverengi-sarı) ve kobalt (lacivert) oksitli denemeler parlak, pürüzsüz sır yüzeyine sahip iken; krom (koyu yeşil)

ve mangan (krem renkli-kahverengi benekli) oksitli denemelerde mat ve pürüzsüz sır bünyeleri elde edilmiştir.

Görsel 3.19

Standart Saydam Sırda (STD-S) Sırda Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 3.20'deki sonuçlar incelendiğinde, standart sır reçetesine %30 oranında kalsit ilavesiyle elde edilen sır yüzeylerinde çeşitli oksit katkılarının (%3) renk ve doku üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda; bakır oksit içeren denemede, açık turkuaz tonlarında bir yüzey oluşurken; demir oksit ilaveli sırda, hardal sarısı renginde bir yüzey elde edilmiştir. Kobalt oksit katkısı, koyu mavi tonlarında, yarı saydam ve yüzeyde toplanmaya benzer etkiler oluşturmuş; krom oksit ise standart sırda görülen klasik krom yeşili yerine açık kına yeşili renkte yarı saydam ve dokulu bir sır yüzeyi meydana getirmiştir. Mangan oksit içeren sırda ise benekli, krem rengi ve yarı saydam özellikte bir yüzey gözlemlenmiştir.

Görsel 3.20

%30 Kalsit Katkılı KS6 Kodlu Sırda Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 3.21'deki sonuçlara göre, standart saydam sıra %30 mermer ilavesi ile oluşturulan MS6 sırrının, kalsit içeren KS6 sırrı ile renk ve yüzey özellikleri bakımından yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. MS6 kodlu sır, renklendirilmeden önce mat ve sık çatlaklı bir yüzeye sahipken, renklendirilme sonrasında tüm denemeler mat yüzey özelliğini korumuş fakat farklı dokular oluşmuştur. Bakır oksit ilavesiyle turkuaz renkli ve kristalleşmelerin

olduğu, demir oksitli denemede açık koyu sarı renkli ve kahverengi benekli, kobalt oksit ile lacivert renkli toplanmaların olduğu sır yüzeyleri elde edilmiştir. Krom oksit ile çimen yeşili renginde pürüzsüz bir yüzey oluşmuş, mangan oksit ilavesi krem renkli kahverengi benekli sır elde edilmiştir.

Görsel 3.21

%30 Mermer Katkılı MS6 Kodlu Sırda Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 3.22’de sunulan sonuçlara göre, %30 vollastonit katkısı ve renklendirici oksitlerin ilavesiyle sır yüzeyinde meydana gelen değişiklikler değerlendirilmiştir. Buna göre, bakır oksit içeren denemede turkuaz renginde ve yarı mat bir sır yüzeyi, demir oksit katkılı sırda deve tüyü renginde ve yarı mat bir yüzey elde edilmiştir. Kobalt oksit ilaveli denemede, yarı mat ve koyu mavi renkte bir yüzey elde edilmiştir. Krom oksit içeren sırdemesi ise çimen yeşili renkte ve mat bir sır yüzeyi sağlamış, mangan oksit katkılı sırda koyu kahverengi benekli, krem renkli ve ipek matı özellikte bir yüzey gözlemlenmiştir. Bu veriler, vollastonit ve renklendirici oksit katkılarının sır yüzeyindeki renk ve doku farklılıkları üzerindeki etkilerini ayrıntılı olarak ortaya koymaktadır.

Görsel 3.22

%30 Vollastonit Katkılı VS6 Kodlu Sırda Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Kalsiyum oksit kaynağı olarak %30 dolomit içeren standart sıra renklendirici oksitlerin ilavesiyle elde edilen yüzey görünümlerinin verildiği Görsel 3.23'deki sonuçlara göre, bakır oksit ilaveli sır açık yeşil ve mat görünümlü, demir oksit içeren sır mat ve ara ara kıvrıl kahvelerin olduğu hardal sarısı renkte, kobalt oksit içeren sır ise mor, mat ve pürüzlü bir doku oluşturmuştur. Krom oksitli sıranın rengi limon küfü olup, yüzeyi mattır. Mangan oksitli denemede ise kahverengi benekli mat ve krem renginde bir sır yüzeyi gözlemlenmiştir.

Bu sonuçlar, dolomit ve renklendirici oksitlerin eklenmesiyle saydam olan sır yüzeyinin, matlaşarak farklı renk ve doku özellikleri kazandığını göstermektedir.

Görsel 3.23

%30 Dolomit Katkılı DS6 Kodlu Sırda Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

3.3.2 İki eksenli sisteme göre üretilen sırlarda kalsit, mermer, vollastonit ve dolomitin ilavesinin renklendirmedeki etkileri

İkili sistem ile çalışılan sır bileşimleri içinde, kalsit-üleksit ikili sisteminden KÜ5 kodlu, mermer-üleksit ikili sisteminden MÜ6, vollastonit-üleksit ikili sisteminden VÜ4 kodlu ve dolomit-üleksit ikili sisteminden DÜ5 kodlu sırlar, renklendirme için seçilmiştir.

Kalsit (%80) ve üleksit (%20) içeren KÜ5 kodlu deneme renk veren oksitler kullanılmadan önce saydam bir sır yüzeyine sahiptir. Bakır oksit yeşil- metalik siyah renk ve mat, pürüzlü bir yüzey dokusu oluşturmuştur. Demir oksit açık ve koyu sarı, hardal ve kahverengi, kobalt oksit, koyu mavi-lacivert renk vermiştir. Demir ve kobalt katkısının sır yüzeyinde yüksek oranda kalsit içeriğinden kaynaklandığı düşünülen kısmi toplanmalar görülmektedir. Krom oksit, açık ve koyu yeşil tonların yanı sıra bazı bölgelerde grilikler oluşturmuştur. Mangan oksit ilavesiyle krem, açık ve koyu kahverengi tonlar meydana gelmiştir.

Tüm denemeler, kalsitin renk değişimlerinin yanı sıra yüzeyde farklı bir sır dokusu oluşturduğunu göstermektedir (Bkz. Görsel 3.24).

Görsel 3.24

Kalsit-Üleksit İkili Sistemi, KÜ5 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 3.25'te sunulan sonuçlara göre, mermerin (%75) ve üleksitin (%25) oranlarında kullanıldığı MÜ6 numaralı denemede, bakır oksit (turkuaz), demir oksit (açık sarı) ve mangan oksit (açık kahverengi) kristalleşmeler oluşturmıştır. Kobalt oksit ile koyu mavi ve yüzeyde toplanmalar elde edilmiştir. Krom oksit ile açık-koyu yeşil renk oluşmuştur. Tüm denemeler mat yüzey görünümüne sahiptir. Kalsitli denemelerden demir ve kobalt oksit kullanılanlar mermer ilaveli denemelerle benzerlik gösterirken, bakır, krom ve mangan oksitli denemelerde ise belirgin yüzey ve renk farklılıkları vardır.

Görsel 3.25

Mermer-Üleksit İkili Sistemi, MÜ6 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

İkili sistemde vollastonit ile üretilen sırların renklendirmede kalsit ve mermerle karşılaştırıldığında daha düz, yumuşak yüzeyler ve renklerde farklılık oluşturduğu gözlemlenmiştir. Vollastonitin %85, üleksitin %15 oranlarında kullanıldığı VÜ4 kodlu denemenin, renklendirme öncesi yüzeyi, mat ve çatlaklı bir görünüme sahiptir.

Görsel 3.26'da verilen pişirim sonuçlarına göre, bakır oksit eklenmesiyle oluşturulan sır, mat ve turkuaz renk tonlarında sonuç vermiştir. Demir oksit katkısıyla elde edilen yüzey, dokulu, mat bir yapı ile sarı ve koyu hardal renk tonları yansıtmaktadır. Kobalt oksit uygulandığında, koyu mavi bir ton ve mat bir yüzey elde edilmiştir. Krom oksit ile yeşil renkli mat bir yüzey oluşmuş; mangan oksit katkısı ile krem ve açık kahverengi tonlarında, pürüzlü mat bir yüzey elde edilmiştir.

Görsel 3.26

Vollastonit-Üleksit İkili Sistemi, VÜ4 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 3.27’de yer alan ve %80 dolomit ile %20 üleksit içeren DÜ5 numaralı sır denemesi, renklendirme öncesinde mat, yoğun çatlaklı ve kristalleşmelerin görüldüğü bir yüzey dokusuna sahiptir. Renklendirici oksitlerin ilavesiyle tüm denemeler yüzey özelliklerini korumakla birlikte; bakır oksit turkuaz, demir oksit sarı, kobalt oksit mor, mangan oksit krem renkli benekli, krom oksit ise kahverengimsi yeşil renk oluşturmuştur. Ayrıca, krom oksit kullanılan sır yüzeyinde diğerlerinden farklı olarak kavlamalar meydana gelmiştir.

Görsel 3.27

Dolomit-Üleksit İkili Sistemi, DÜ5 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

3.3.3 Üç eksenli sisteme göre üretilen sırlarda kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit ilavesinin renklendirmedeki etkileri

Üçlü sistem ile çalışılan sır grupları içinde; standart (Kuars+Kil-Üleksit-Sodyum Feldspat) sisteminde ST16, ST26, ST33, kalsit-üleksit-sodyum feldspat üçlü sisteminde; K16, K26 ve K33, mermer-üleksit-sodyum feldspat üçlü sisteminde; M16, M26 ve M33, vollastonit-üleksit-sodyum feldspat üçlü sisteminde V16, V26 ve V33, dolomit-üleksit-sodyum feldspat sır sır sisteminde D16, D22, D26 ve D33 kodlu sırlar renklendirme için seçilmiştir.

Standart ST16 sır reçetesinde, Görsel 3.28’de verilen pişirim sonuçlarına göre, bakır oksit ilavesiyle parlak açık ve koyu yeşil tonlarında bir sır yüzeyi elde edilmiştir. Demir oksit katkısı sonucunda yüzeyde turuncu-sarı renk tonları oluşmuş; yüzeyde yer yer pürüzlü bir

doku gözlenmekle birlikte genel parlaklık korunmuştur. Kobalt oksit parlak, koyu mavi renk vermiştir, krom oksit katkısı parlak klasik krom yeşili sır yüzeyi sağlamıştır. Mangan oksit ilavesi parlak krem renkli ve kahverengi benekli sır oluşturmuştur.

Görsel 3.28

Kuvars+Plastik Kil-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, ST16 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Standart üçlü sır sisteminde, kalsit kullanılarak yapılan denemeler arasından kuvars ve plastik kil yerine aynı oranda %60 kalsit kullanılan, saydam ve çatlaklı yüzey özellikleri gösteren K16 kodlu sır seçilmiştir. Standart ST16 kodlu renklendirilmiş denemelerde parlak yüzeyler elde edilirken, kalsit katkısı ile kül sırlarına benzeyen farklı yüzey görünümlerine sahip sırlar elde edilmiştir. Bu sır sistemi üzerine uygulanan renklendirici oksitlerin verdiği etkilere göre, bakır oksit ilavesi ile turkuaz renkte, saydam bir yüzey elde edilmiştir. Demir oksit katkısı açık ve koyu sarı tonların yanı sıra toplanmalı bir doku sağlamıştır. Kobalt oksitli denemede ise açık-koyu mavi renk elde edilmiştir. Krom oksit ile yapılan denemede açık çimen yeşili renkte yarı mat bir yüzey oluşurken, mangan oksit eklenmiş sırda krem ve kahverengi tonlarda saydam, çatlaklı dokular gözlemlenmiştir (Bkz. Görsel 3.29).

Görsel 3.29

Kalsit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, K16 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 3.30’da sunulan sonuçlara göre, standart üçlü sır sisteminde %60 mermer içeren M16 kodlu deneme ile K16 kodlu kalsit katkılı sır denemelerinin, renklendirme sonrasında renk ve doku özellikleri bakımından benzer yüzeylere sahip oldukları görülmektedir.

Görsel 3.30

Mermer-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, M16 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Vollastonit, üleksit ve sodyum feldspattan oluşan üçlü sır sisteminde, vollastonit oranı %60 olan V16 kodlu deneme, saydam bir yüzeye sahiptir. Standart ST16 kodlu renklendirilmiş denemelerde parlak yüzeyler elde edilirken, vollastonit katkısı ile farklı görünümlere sahip sırlar elde edilmiştir. Görsel 3.31’de verilen renklendirici oksitlerin ilavesiyle yüzeyde oluşan değişiklikler şu şekildedir: Bakır oksit ilavesiyle koyu turkuaz bir renk elde edilmiştir. Demir oksit katkılı sırda koyu hardal tonları gözlenirken, kobalt oksitle koyu mavi bir renk sağlanmıştır. Krom oksit içeren sır açık yeşil ve yarı mat bir yüzey oluşturmaktadır. Mangan oksit katkısı ise yarı mat, örtücü nitelikte açık ve koyu benekli kahverengi bir yüzey elde edilmesini sağlamıştır.

Görsel 3.31

Vollastonit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, V16 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

D16 kodlu denemede %60 oranında dolomit kullanımı ile renklendirme öncesinde kristalleşmelerin olduğu, mat bir yüzey oluşmuştur. Bakır oksit ilavesiyle elde edilen sır turkuaz renge sahipken, demir oksit içeren denemede sarı tonlar elde edilmiştir. Kobalt

oksit katkısıyla sırda mor renk elde edilirken, krom oksit ile mat, toplanmalı ve açık, pastel yeşil tonunda bir yüzey sağlanmıştır. Mangan oksit kullanımı, sırda krem ve yer yer kahverengi tonlarının oluşmasına yol açmıştır. Bakır, demir, kobalt ve mangan oksit ilaveli denemelerde yüzey mat olup, kristalleşmeler gözlemlenmiştir (Bkz. Görsel 3.32).

Görsel 3.32

Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, D16 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

D22 kodlu sır denemesi, dolomit, üleksit ve sodyum feldspat içeriği ile mat ve dokulu bir sır yüzeyi sunmaktadır. Görsel 3.33 incelendiğinde, bakır oksit katkısı ile turkuaz renkli kristalleşmenin olduğu, mat ve pürüzlü bir sır elde edilmiştir. Demir oksit koyu sarı renk vermiş olup yüzey renklendirilmeden önceki doku ile aynıdır. Kobalt oksitli denemede mor renkli mat, pürüzlü ve kristalleşme etkileri görülmüştür. Krom oksit ilavesi grimsi açık kına yeşili renge sahip dokulu bir yüzey sağlarken, mangan oksit mat yüzeyli kristalleşmelerin olduğu krem-kahverengi ve benekli sır oluşturmuştur.

Görsel 3.33

Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, D22 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Üleksit, sodyum feldspat ve kuvars+plastik kilden oluşan standart üçlü sır sisteminden renklendirme için seçilen bir diğer reçete, ST26 kodlu sırdır. Bu sırda bakır oksit ilavesi ile zümrüt yeşili tonlarında, parlak ve çatlaklı dokulu bir sır yüzeyi elde edilmiştir. Demir oksit katkısı, hardal ve kahverengi tonlarında parlak bir yüzey sağlamıştır. Kobalt oksit eklenmesiyle koyu mavi, parlak bir yüzey oluşmuştur. Krom oksit katkısı ise koyu çimen yeşili, pürüzsüz ve parlak bir sır yüzeyi ortaya çıkarmıştır. Mangan oksit ilaveli sır

denemesinde ise krem renginde, kahverengi benekli bir yüzey gözlemlenmiştir (Bkz. Görsel 3.34).

Görsel 3.34

Kuvars+Plastik Kil-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, ST26 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Standart olarak çalışılmış olan üçlü sır sisteminde %30 olarak reçetede bulunan (kuvars (%15+ %15 plastik kil) hammaddeleri yerine her iki hammaddenin toplamı (%30) olarak kalsitin yer aldığı, Kalsit-Üleksit-Sodyum feldspat üçlü sır sisteminde K26 kodlu sır denemesi, mat ve yoğun çatlaklı bir yüzey karakteristiği göstermektedir. Standart ST26 kodlu deneme, renklendirme sonrası parlak olup bazı denemelerde çatlaklı yüzey özelliklerine sahiptir. Görsel 3.35'de sunulan sonuçlara göre, bakır oksit katkısı ile turkuaz renkli bir sır yüzeyi elde edilmiştir. Demir oksit ilaveli denemede açık sarı, kobalt oksit ilaveli denemede koyu mavi renk oluşmuştur. Krom oksit kullanımıyla kına yeşili, mangan oksit eklenmesiyle ise krem-kahverengi tonlarında, benekli bir sır yüzeyi elde edilmiştir. Tüm denemeler mat görünümde olup, bakır, demir ve mangan oksit katkıları çatlaklı bir doku sağlarken, krom ve kobalt oksit ilaveleri pürüzsüz bir yüzey oluşumuna katkıda bulunmuştur.

Görsel 3.35

Kalsit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, K26 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Üçlü sır sisteminde %30 oranında mermer ilavesiyle elde edilen M26 kodlu sırın renklendirilmiş yüzey görüntüleri Görsel 3.36’da verilmiştir. Buna göre, bakır oksit ilavesiyle turkuaz renkli, demir oksit ile sarı renkli, mangan oksit ile krem-kahverengi benekli, mat ve çatlaklı yüzeyler elde edilmiştir. Kobalt oksit koyu mavi mat bir yüzey sağlarken, krom oksit ilavesi koyu yeşil, mat ve pürüzlü sır yüzeyi oluşturmuştur. %30 kalsit içeren K26 kodlu sır ile karşılaştırıldığında, M26 kodlu sırda bakır oksit içeren sır daha koyu, mangan oksit ilaveli deneme daha açık renklidir. Ayrıca krom oksitli deneme pürüzlü bir yüzeye sahiptir.

Görsel 3.36

Mermer-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, M26 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Vollastonitin %30 oranında kullanıldığı V26 kodlu sır denemesi, saydam ve çatlaklı bir sır yüzeyi sunmaktadır. Renklendirilmiş sonuçlar Görsel 3.37’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bakır oksit ilavesiyle turkuaz; demir oksit katkısıyla açık sarı, kobalt oksit ile lacivert renk elde edilmiştir. Krom oksit, koyu çimen yeşili bir renk oluşturmuş ve mat bir yüzey görünümü sağlamıştır. Mangan oksit katkısı ise sır yüzeyine krem-kahverengi tonlarında ve benekli bir doku kazandırmıştır. Bakır, demir, kobalt ve mangan oksit içeren denemelerde yüzeyde çatlaklı bir yapı gözlemlenmiştir.

Görsel 3.37

Vollastonit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, V26 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Dolomitin %30 oranında kullanıldığı D26 kodlu sır mat, yarı opak ve sık çatlaklı yüzey görünümüne sahiptir. Renk veren oksitlerin katkısıyla sır bünyelerindeki değişikliklerin verildiği Görsel 3.38'e göre, bakır oksitli sır denemesi pürüzlü, çatlaklı ve turkuaz rengindedir. Demir oksit ilavesiyle hardal rengi yüzey elde edilirken, kobalt oksitle koyu mavi ve mat sır yüzeyi oluşmuştur. Krom oksit ile mat, pastel tonda kına yeşili elde edilmiştir. Mangan oksit ise sütlü kahve rengi, mat ve çatlaklı yüzey özelliği kazandırmıştır.

Görsel 3.38

Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, D26 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Renklendirmelerin son bölümünde Kuvars+plastik kil, üleksit ve sodyum feldspattan üçlü sır sisteminden, ST33 kodlu bileşim seçilmiştir. ST33 sırında renksiz numunenin yüzey görünümü mat ve pürüzlüdür. Görsel 3.39'da verilen renklendirme sonuçlarına göre, bakır oksit ilavesi ile zeytin yeşili tonlarında, yarı saydam ve parlak bir sır yüzeyi elde edilmiştir. Demir oksit katkısı, koyu kahverengi renkte, mat ve pürüzlü bir yüzey oluşturmuştur. Kobalt oksit, lacivert renkli ve pürüzlü bir sır yüzeyi sağlarken; krom oksit eklenmesi, çam yeşili renginde, mat ve pürüzlü bir yüzey oluşturmuştur. Mangan oksit katkısı ise sır yüzeyine krem renkte, mat ve kahverengi benekli bir görünüm kazandırmıştır.

Görsel 3.39

Kuvars+Plastik Kil-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, ST33 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Standart ST33 sır reçetesinde kalsit kullanılarak hazırlanan ve K33 koduyla belirtilen sır denemesi, mat, yarı opak ve yoğun çatlaklı bir yüzey yapısına sahiptir. Renklendirilmiş sonuçları Görsel 3.40’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bakır oksit ilavesi ara ara koyu yeşil ve griliklerin olduğu bir sır yüzeyi oluşturmuştur. Demir oksit katkısı hardal sarısı tonlarında bir renk sağlamıştır. Kobalt oksit kullanımı lacivert renkte bir sır yüzeyi oluştururken, krom oksit ilavesi ile yüzeyde açık yeşil renkli toplanmaların eşlik ettiği limon küfü yeşili bir görünüm elde edilmiştir. Mangan oksit ise krem renkli ve kahverengi benekli bir sır yapısı oluşturmuştur. Tüm denemeler, mat ve pürüzlü bir yüzey yapısı sergilemektedir.

Görsel 3.40

Kalsit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, K33 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



K33-CuO

K33-Fe₂O₃

K33-CoO

K33-Cr₂O₃

K33-MnO

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Mermerin %40 oranında kullanıldığı M33 kodlu sır denemesinin renklendirilmiş yüzey görünümleri, kalsit içeren K33 kodlu sır denemesiyle benzerlik göstermektedir. Ancak, renk oluşumlarında bazı farklılıklar gözlemlenmiştir. M33 kodlu sırda bakır oksit ilavesiyle daha koyu turkuaz bir renk elde edilmiş, demir oksit ile yüzeyde kahverengi benekler oluşmuştur. Kobalt oksit ilavesiyle daha açık mavi renkli, mangan oksit ile benekli sütlü kahve rengi bir sır meydana gelmiştir (Bkz. Görsel 3.41).

Görsel 3.41

Mermer-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, M33 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



M33-CuO

M33-Fe₂O₃

M33-CoO

M33-Cr₂O₃

M33-MnO

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Standart ST33 kodlu reçetede vollastonit kullanılarak oluşturulan V33 kodlu sır yüzeyi mat, opak ve pürüzsüz bir yüzey görünümüne sahiptir. Renk veren oksitlerin ilavesiyle sır bünyesindeki değişiklikler Görsel 3.42’de verilmiştir. Bu verilere göre, bakır oksit ilavesi ile zümrüt yeşili renkli bir sır yüzeyi elde edilmiştir. Demir oksit katkısı hardal sarısı rengini oluştururken, kobalt oksit lacivert, krom oksit ise çimen yeşili tonlarında bir sır yüzeyi sağlamıştır. Mangan oksit eklenmesiyle krem rengi zemin üzerinde kahverengi benekli bir görünüm elde edilmiştir. Tüm sır denemeleri ipeksi mat dokuda ve pürüzsüz yüzey özellikleri göstermektedir.

Görsel 3.42

Vollastonit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, V33 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

Standart ST33 sırında Dolomitin %40 oranında kullanıldığı D33 kodlu sır denemesi, mat, çatlaklı ve pürüzlü bir dokuya sahiptir. Renk veren oksitlerin ilavesiyle ortaya çıkan değişimler ise Görsel 3.43’de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, bakır oksit ilave edilen sır denemesi küf yeşili renğinde olup yer yer siyah lekeler içermekte ve mat, pürüzlü bir yüzeye sahiptir. Demir oksit katkılı deneme ise hardal sarısı renkte olup bazı bölgelerde kırmızı kahverengiye dönüşmüş, mat bir doku ortaya çıkarmıştır. Kobalt oksit ilavesiyle mat ve pürüzlü sır yüzeyinde mor renk oluşurken, krom oksit eklenmesiyle mat ve pürüzlü bir yapıda açık ve koyu limon küf yeşili tonları elde edilmiştir. Son olarak, mangan oksit eklenmesiyle krem zemin üzerinde kahverengi benekler oluşmuş; bu sır yüzeyi de mat ve pürüzlü bir karakter kazanmıştır.

Görsel 3.43

Dolomit-Üleksit-Sodyum Feldspat Üçlü Sistemi, D33 Sırında Renklendirici Metal Oksitlerin Renk Etkileri



Fotoğraf: Kubilay Civelek

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

KİŞİSEL UYGULAMALAR

Kişisel uygulamalar kısmında, olumlu bulunan denemelerin renklendirici oksitler ile renklendirildiği sırlar kullanılmıştır. Uygulamalarda FFC (Fine Fire Clay) döküm çamuru kullanılmış, sırlı pişirimler 1160°C’de ve denemelerin yapıldığı Nabertherm marka elektrikli fırında, aynı koşullarda 8 saat pişirim süresi ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışmalarda MÜ6-CoO, M33-CoO, V33-CoO, D22-CoO, D22-CuO, V33-CuO, D22-Cr₂O₃, D26-Cr₂O₃, KÜ5-Cr₂O₃, D22-Fe₂O₃, V33-Fe₂O₃, VÜ4-Fe₂O₃, KÜ5-MnO ve V33-MnO kodlu sırlar püskürtme ve akıtma teknikleriyle uygulanmıştır. Uygulanan sırların yüzeydeki etkileri, içerdiği oksit ve uygulama tekniğine bağlı olarak çeşitlilik göstermiştir. Bazı sırlar pürüzsüz ve saydam yüzeyler üretirken, diğerleri dokulu, opak ve kristalimsi yapılar oluşturmuştur. Özellikle püskürtme yöntemiyle uygulanan sırlar daha sade, homojen ve açık renkli yüzeyler üretmiş; buna karşılık akıtma yöntemiyle yapılan uygulamalarda sır daha kalın katmanlar halinde birikerek koyu renkli, dokulu ve kristalimsi yüzeyler oluşmuştur. Böylece başlangıçta düz ve dokusuz olan bir forma, akıtma yöntemiyle hareketli ve dinamik bir yüzey kazandırılmıştır.

Yüzey dokusu ile sır arasındaki bu ilişki sayesinde, aynı formda dahi zengin ya da minimal yüzey etkileri elde edilebilmiştir. Dokulu yüzeylerde sır, daha yoğun bir akış ve katman etkisiyle görsel derinlik ve hareket sağlarken; düz yüzeylerde daha dengeli yayılıp sade ve kontrollü bir yüzey estetiği sunmuştur. Bu farklılıklar, sırnın yalnızca teknik bir kaplama malzemesi değil, aynı zamanda formun estetik ifadesini şekillendiren anlatımsal bir araç olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Görsel 4.1

İsimsiz



Not*: 14x24x12,5 cm- 15,5x114x12 cm, Döküm tekniği ile şekillendirme, Baskı ve sgraffito tekniği, Döküm çamuru, D33-CoO, D22-Fe₂O₃ ve D22-Cr₂O₃ kodlu sır uygulamaları, Püskürtme yöntemi, 1160°C, 2024, Esra Öztürk Razi

(Dünya çapında sınır tanımayan sanat festivali, 'Bir sanatçının gözünden dünya' Uluslararası sergi ve yarışma, Büyük ödül, 2025, Rusya)

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 4.2

İsimsiz



*Not**: 28,5x28,5 cm, Döküm tekniği ile şekillendirme, Baskı ve parça ekleme tekniği (aplikasyon), Döküm çamuru, D22-Fe₂O₃, D22-CuO ve D33-CoO kodlu sır uygulamaları, Püskürtme yöntemi, 1160°C, 2024, Esra Öztürk Razi

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 4.3

İsimsiz



*Not**: 40x40 cm, Elle şekillendirme, Parça ekleme tekniği, Döküm çamuru, D22-Cr₂O₃, V33-CoO, D22-CoO ve D22-CuO kodlu sır uygulamaları, Püskürtme yöntemi, 1160°C, 2024, Esra Öztürk Razi

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 4.4

İsimsiz



*Not**: 27x29 cm, Döküm tekniği ile şekillendirme, Döküm çamuru, D22-CuO ve V33-Fe₂O₃ kodlu sır uygulamaları, Akıtma yöntemi, 1160°C, 2025, Esra Öztürk Razi

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 4.5

İsimsiz

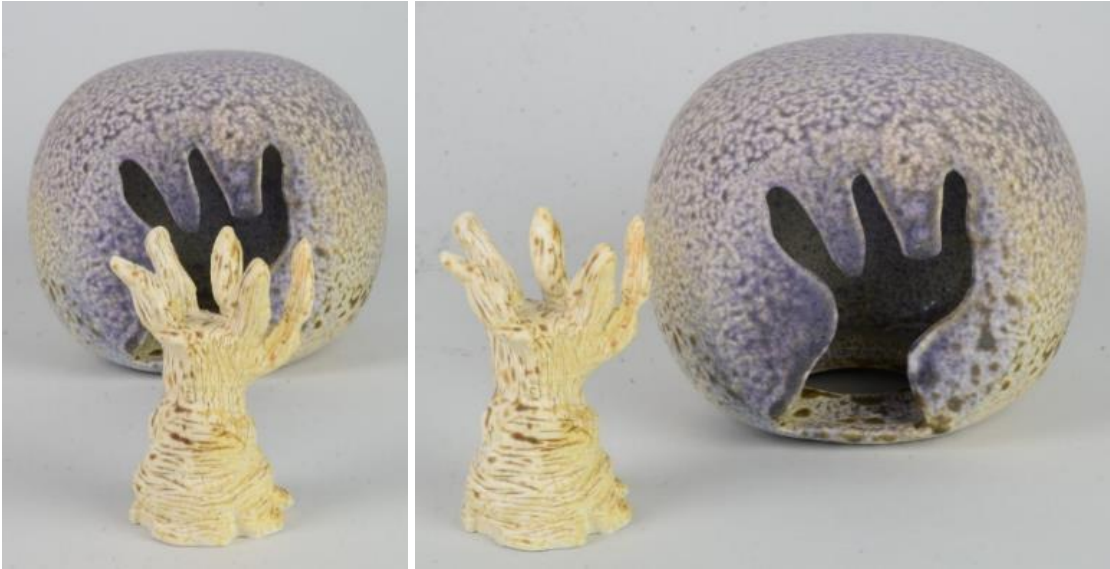


Not*: 14x24x12,5 cm, Döküm tekniği ile şekillendirme, Parça ekleme (aplikasyon) ve sigrafitto tekniği, Döküm çamuru, KÜ5-MnO ve KÜ5-Cr₂O₃ kodlu sır uygulamaları, Püskürtme yöntemi, 1160°C, 2024, Esra Öztürk Razi

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 4.6

İsimsiz



Not*: 10x 6,5x7 cm – 5x3x4 cm, Döküm tekniği ve elle şekillendirme, Porselen çamuru, D22-CoO ve V33-MnO kodlu sır uygulamaları, Püskürtme yöntemi, 1160°C, 2024, Esra Öztürk Razi

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 4.7

İsimsiz



Not : 32x32x9 cm, Döküm tekniği ile şekillendirme, Döküm çamuru, D22-Fe₂O₃, D22-Cr₂O₃ ve D33-CoO kodlu sır uygulamaları, Püskürtme yöntemi, 1160°C, 2024, Esra Öztürk Razi

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 4.8

İsimsiz



*Not**: 19,5x13x19,5 cm, Döküm tekniği ile şekillendirme, Döküm çamuru, V33-Fe₂O₃, D22-CoO ve D26-Cr₂O₃ kodlu sır uygulamaları, Püskürtme ve akıtma yöntemi, 1160°C, 2025, Esra Öztürk Razi

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 4.9

İsimsiz



Not:* 20x18x20 cm, Döküm tekniği ile şekillendirme, Döküm çamuru, D22-Fe₂O₃ ve D22-CoO kodlu sır uygulamaları, Akıtma yöntemi, 1160°C, 2025, Esra Öztürk Razi

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 4.10

İsimsiz



*Not**: 20x18x20 cm, Döküm tekniği ile şekillendirme, Döküm çamuru, KÜ5-Cr₂O₃ ve V33-Fe₂O₃ kodlu sır uygulamaları, Akıtma Yöntemi, 1160°C, 2025, Esra Öztürk Razi

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 4.11

İsimsiz



Not : 21x18x21 cm, Döküm tekniği ile şekillendirme, Döküm çamuru, D22-Cr₂O₃ ve D33-CoO kodlu sır uygulamaları, Akıtma yöntemi, 1160°C, 2025, Esra Öztürk Razi

Fotoğraf: Kubilay Civelek

Görsel 4.12

İsimsiz



*Not**: 37x35x7,5 cm, Döküm tekniği ile şekillendirme, Döküm çamuru, MÜ6-CoO, M33-CoO, V33-CoO, D33-CoO, D22-CuO, V33-CuO, D22-Cr₂O₃, D26-Cr₂O₃, D22-Fe₂O₃, V33-Fe₂O₃, KÜ5-MnO ve V33-MnO kodlu sır uygulamaları, Akıtma yöntemi, 1160°C, 2025, Esra Öztürk Razi

Fotoğraf: Kubilay Civelek

SONUÇ

Sır, seramik yüzeylerde farklı doku ve renk çeşitliliğiyle benzersiz ve özgün etkiler yaratan formlar oluşturulmasını sağlayan temel bir ögedir.

Seramik sanatçılarınin genellikle çalışmalarında kullandıkları sırlar özgün tekniklerle ve malzemelerle kendilerine ait ürettikleri sırlardır. Böylece eşsiz ve farklı ürünler üretilmesi mümkün olmaktadır. Bu süreçte, sır yapımında tercih edilen ham maddeler, pişirim yöntemleri ve uygulama şekilleri, elde edilen sonuçların çeşitliliğini önemli ölçüde etkilemektedir.

Bu çalışmada sır bileşimlerinde kalsiyum oksit kaynağı olarak kullanılan kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit farklı sır sistemlerinde ham madde olarak kullanılmış ve sır içindeki etkileri araştırılmıştır. Belirlenen sistemlere göre reçeteler oluşturulmuş ve pişirim sıcaklığı 1160°C olarak seçilmiştir.

İlk aşamada standart bir stoneware saydam sır belirlenerek kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit %5-30 oranlarında %5 aralıkla artırılarak sır reçetesine ilave edilmiş ve yüzey özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kalsit (KS6) ve mermer (MS6) (mat-çatlaklı dokulu), vollastonit (VS6) (ipek matı) ve dolomitin (DS6) (mat-çatlaklı dokulu) %30 oranında kullanıldığı denemeler seçilerek renklendirilmiştir.

İkinci aşamada iki eksenli sır sistemi içinde %100-60 aralığındaki oranlarında %5 aralıkla azalarak kalsit-üleksit, mermer-üleksit, vollastonit-üleksit ve dolomit-üleksit kombinasyonları denenmiş, %80 oranında kalsit içeren (KÜ5) parlak-çatlaklı dokulu, %75 oranında mermer içeren (MÜ6) yarı mat sır yüzeyine sahip, %85 oranında vollastonit (VÜ4) içeren mat-çatlaklı dokulu ve %80 oranında dolomit içeren (DÜ5) yarı mat-çatlaklı dokulu örnekler başarılı bulunarak renklendirilmiştir.

Üçüncü aşamada sodyum feldspat, üleksit ve (kuvars+plastik kil)'den oluşan standart olarak kabul edilen üç eksenli sır sistemi belirlenerek 11-36 arasındaki sırlar çalışılmıştır. Bu sistemde kuvars+plastik kil yerine her iki hammaddenin toplamı oranında ayrı ayrı kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit kullanılmıştır.

Son aşamada tüm sistemlerde pişirim sonrası yüzey özellikleri açısından olumlu olarak görülen bazı sırlar seçilerek CuO, Fe₂O₃, CoO, Cr₂O₃ ve MnO kullanılarak renklendirme işlemi yapılmıştır. Renklendirici oranı tüm denemelerde kalsit, mermer, vollastonit ve dolomitin renkli yüzeyler üzerindeki etkilerini gözlemleyebilmek için %3 oranında sabit tutulmuştur.

Üçlü sistemde kalsitli denemelerden K16 (%60), K26 (%30) ve K33 (%40), mermer ilaveli denemelerden M16 (%60), M26 (%30) ve M33 (%40), vollastonitli denemelerden V16 (%60), V26 (%30) ve V33 (%40), dolomitli olanlardan D16 (%60), D22 (%70), D26 (%30) ve D33 (%40) seçilmiş ve renklendirilmiştir.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde saydam bir sır reçetesine belirli oranlarda ve sistemde kalsiyum oksit kaynağı olarak değişen oranlarda ve belirli bir sistematik içinde kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit katkısının sır yüzeylerinde renk ve yüzeydeki doku özellikleri açısından önemli farklılıklar oluşturduğu gözlemlenmiştir. Kalsit, mermer ve vollastonit ile parlak sır yüzeyleri elde edilirken, dolomit katkısı ile mat sır yüzeyleri oluşmuştur.

Her bir ham madde farklı karakterde saydam, opak, çatlaklı, parlak, mat-yarı mat, mat-pürüzlü ve mat-pürüzsüz gibi sır yüzeyleri oluşturmuştur. Kalsiyum oksit gereksiniminin (CaCO_3) kalsit mineralinden karşılandığı sırlarda en çok dikkati çeken farklılık sır içindeki miktarının yüksek olduğu bileşimlerde standart sıra göre rengin yanı sıra yüzeyde hafif toplanmalar ve kül sırtına benzeyen efektlerin oluşmasıdır. Mermer (CaCO_3) kullanıldığında, kalsit içeren sırlar içinden ikili sır sisteminde (kalsit-üleksit) bakır, krom ve mangan oksit ile elde edilen sır yüzeyleri dışında, diğer sır denemeleri ile farklı renk tonlarıyla beraber benzer sır yüzeyleri elde edilmiştir. Vollastonitin (CaO.SiO_2) kalsiyum oksit kaynağı olarak kullanıldığı sırlarda ise daha düz, yumuşak mat yüzeyler elde edilmiştir. Bu sonuçlar kalsiyum oksidin, kalsiyum silikat formunda kullanılmasının sır yüzeyindeki doku oluşumunu etkilediğini göstermektedir. Dolomitin ($\text{CaCO}_3.\text{MgCO}_3$) reçetede yer alması durumunda mat ve pürüzlü yüzeyler meydana gelmiştir.

Kalsit, mermer, vollastonit ve dolomit kullanımının renklendirici metal oksitlerin sırda oluşturduğu renklerin tonlarını etkilediği ve değiştirdiği gözlemlenmiştir. Bakır oksidin standart sırda verdiği yeşil renk bu ham maddelerin kullanımıyla turkuaz tonlarını almıştır. Kromun klasik yeşil rengi de değişmiştir. Kobalt oksit ile renklendirilen sırlarda kalsit, mermer ve vollastonit katkısının kobalt mavi rengini canlandığı, standart sıra göre daha etkili maviler verdiği gözlemlenmiştir. Ancak kalsiyum ihtiyacı dolomitten alındığında sır içindeki dolomit oranına bağlı olarak kobalt mavisi tonlarının mor renk tonlarına doğru değiştiği görülmektedir. Dolomitteki magnezyum oksit içeriği bu renk değişimini etkilemektedir.

Demir oksit ilavesiyle sarının çeşitli tonları, mangan oksit katkısıyla ise benekli krem ve kahverengi tonları elde edilmiştir.

Geleneksel seramik sırlarını anlamanın en önemli adımlarından biri bilindiği gibi, kullanılan malzemelerin özelliklerini ve bunların nasıl etkileşime girdiğini iyi kavramak, belirli standartlar ve sistem içinde çalışmak, herhangi bir sır reçetesi içinde aynı bileşeni içeren ve aynı oranlarda kullanılan ham maddelerin sırda renk, doku ve diğer yüzey özelliklerini nasıl değiştirdiğini gözlemlemek açısından önemli bir yaklaşımdır.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar; belirli bir sistematik içinde oluşturulan standart sır reçetelerinde belirli oranlarda aynı oksiti (CaO) içeren dört farklı ham maddenin ilavesinin, seramik sır ve bünye uyumuna bağlı olarak farklı doku ve renk özellikleri taşıyan sırların üretiminde kullanılabileceğini göstermektedir.

Aynı sırların farklı bünyeler üzerinde uygulanarak karşılaştırılması, sırnın, uygulandığı bünye ile olan kimyasal ve görsel etkileşiminin daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlayabilir. Ayrıca kalsit, mermer, vollastonit, dolomit ve oksitlerin farklı oranlarda kullanılmasıyla farklı yüzeyler ve renkler elde edilebilir. Tüm bu öneriler doğrultusunda, çalışmanın kapsamının, yeni araştırmalar ve denemelerle genişletilerek daha fazla estetik ve teknik olanağın keşfedilmesine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Arcasoy, A. & Başkırkan, H. (2020). *Seramik Teknolojisi*, (Birinci basım). Literatür Yayınları.
- Ayta, T. (2017). *Toprak Sanatlarında Dekoratif Uygulama Yöntemleri*. Anadolu Üniversitesi Basımevi Tesisleri.
- Bailey, M. (2001). *Glazes cone 6, 1240°C/2264°F* (Second edition). First published in Great Britain, A&C Black Publisher, published simultaneously in the USA, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, reprinted 2009-2010.
- Biçici, P. (2010). *Elazığ-Uslu köyü çömlekçi kilinin seramik çamur, sır ve astar bünyelerinde kullanım özelliklerinin araştırılması* (Yayın Numarası: 266526) [Yüksek Lisans tezi, Anadolu Üniversitesi], Ulusal Tez Merkezi.
- Britt, J. (2007). *The complete guide to high fire glazes*. Lark Books, A Division of Sterling Publishing Co., Inc., New York.
- Cuff, Y. H. (1996). *Ceramic technology for potters and sculptors*. University of Pennsylvania Press.
- Çakı, A. & Yeşilay, A. (2010). Utilization of ferrochromium fly ash as a boya raw material in stoneware (sert çini) glaze and underglaze decoration. *Ceramics Technical*, 31(31), 58-61.
[https://www.researchgate.net/publication/287854850_Utilization_of_ferrochromium_fly_ash_as_a_boya_raw_material_in_stoneware\(sertcini\)_glaze_and_underglaze_decoration](https://www.researchgate.net/publication/287854850_Utilization_of_ferrochromium_fly_ash_as_a_boya_raw_material_in_stoneware(sertcini)_glaze_and_underglaze_decoration)
- DPT: 2611-ÖİK: 622 (2001). *Endüstriyel ham maddeler alt komisyonu toprak sanayii ham maddeleri I (Seramik killeri-kaolen-feldspat-pirofillit-wollastonit-talk) çalışma grubu raporu*. Sekizinci beş yıllık kalkınma planı madencilik özel ihtisas komisyonu raporu.
- DPT: 2618-ÖİK: 629 (2001). *Sekizinci beş yıllık kalkınma planı, madencilik özel ihtisas komisyonu raporu, endüstriyel ham maddeler alt komisyonu genel endüstri mineralleri I, (Asbest-grafit-kalsit-fluorit-titanyum) çalışma grubu raporu*.
<https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/kalsit>

- Earle, S. (2015). *Physical geology*. Bccampus Victoria, B.C., Canada. Ebook ISBN: 9781-989623-71-8, Print ISBN: 978-1-989623-70-1.
<https://opentextbc.ca/physicalgeology2ed/>
- Ebert, T. A. (2005). Designing glaze colours. *Ceramics Technical*, 20, 30-37.
https://www.academia.edu/11883770/Designing_glaze_colours?auto=download
- Fraser, H. (1998). *Glazes for the craft potter*. A&C Black Ltd., London, published simultaneously in the USA by The American Ceramic Society.
- Genç, S. (2022). *Artistik seramik sırları sır sanatı* (Geliştirilmiş ikinci baskı). Ülku Ofset.
- Gol, F., Cibuk, S., Kacar, E., Saritas, Z. G., Yilmaz, A., & Arslan, M. (2022). Evaluation of solid wastes in the manufacture of ceramic tableware glazes. *Ceramics International*, 48, 15622–15628.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272884222004928>
- Haner, S. & Çuhadaroğlu, D. (2013). Vollastonit: Bir gözden geçirme. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 37(1), 63-82.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/jmd/issue/28182/295960>
- Haner, S. & Haner, B. (2014). Vitrifiye üretiminde wollastonit kullanımı. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(2), 45-54.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bseufbd/issue/22289/239059>
- Hesselberth, J. & Roy, R. (2002). *Mastering cone 6 glazes: Improving durability, fit, and aesthetics*. Published by Glaze Master Press.
- Hopper, R. (2001). *The ceramic spectrum: A simplified approach to glaze & color development* (Second edition). Krause Publication.
- Karaca, H. (2022). *Kalsiyum ve magnezyum oksit bileşimli bir frit kompozisyonu geliştirmek ve kristalizasyon davranışını incelemek* (Yayın Numarası: 373969) [Yüksek Lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi], Ulusal Tez Merkezi.
- Kronberg, T. (2020). Properties of raw glazes: The impact of composition, firing and functional coatings. *Inorganic Chemistry*, Faculty of Science and Engineering, Åbo Akademi University, 134. <https://www.doria.fi/handle/10024/177898>

- Lauren Arrussul Carús, Fabiana de Souza, & Saulo Roca Bragança (2012). Use of wollastonite as a flux for bone china bodies. *International Scholarly Research Notices*. <https://doi.org/10.5402/2012/701821>
- Mazura, N. V. & Levitski, I. A. (2006). Use of wollastonite in nonfritted zirconium glazes. *Glass and Ceramics*, 63, 7–8.
https://www.researchgate.net/publication/227235212_Use_of_wollastonite_in_nonfritted_zirconium_glazes
- Mete, Z. (2020). *Seramik Kimyası*. Tıbyan Yayıncılık Basım Yayım Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti.
- Parks, D. (2001). *A potter's guide to raw glazing and oil firing*. First published in Great Britain 1980, licensed 2001 by Gentle Breeze Publishing.
- Pekkan, Başkırkan & Çakı (2018). Development of gold-bronze metallic glazes in a clay-based system for stoneware (sert çini) bodies. *Ceramics International*, 44, 4789–4794. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.12.064>
- Sutherland, B. (2005). *Glazes from natural sources: A working handbook for potters*. A&C Black.
- Taylor, J. R. & Bull, A. C. (1986). *Ceramic glaze technology*. Published on behalf of The Institute of Ceramics by Pergamon Press, UK.
- Turgay-Özer, A. (2009). *Yumuşak porselen bünyede wollastonit kullanımının bünyeye etkisi* (Yayın Numarası: 256357) [Yüksek Lisans tezi, Anadolu Üniversitesi].
- Turkmen, O., Kucuk, A., & Akpınar, S. (2015). Effect of wollastonite addition on sintering of hard porcelain. *Ceramics International*, 41, 5505–5512.
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.12.126>
- Vandier, P. B. (1990). Ancient glazes. *Scientific American*, 262(4), 106-113.
<https://www.jstor.org/stable/24996724?seq=4>

İNTERNET KAYNAKLARI

- http-1** https://www.metmuseum.org/toah/hd/egfc/hd_egfc.htm
- http-2** <https://www.metmuseum.org/search-results?q=Openwork+faience+ring>
- http-3** <https://www.solutions-ceramiques.com/produit/email-pour-gres-et-porcelaine-kg734-transparent-brillant/>
- http-4** <https://www.architecturaldigest.in/content/jyotsna-bhatt-ceramic-artist-red-earth-baroda/>
- http-5** <https://thelittlepotcompany.co.uk/blogs/pottery/developing-a-rustic-white-pottery-glaze>
- http-6** <https://geology.com/minerals/calcite.shtml>
- http-7** <https://tebmadencilik.com.tr/calcite/>
- http-8** <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/kalsit>
- http-9** <https://www.tureks.com/tr/quarries/>
- http-10** <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/wollastonit>
- http-11** <https://www.esan.com.tr/tr/ticari-urunler/wollastonit-caosio2>
- http-12** <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/dolomit>
- http-13** <https://tebmadencilik.com.tr/dolomite/>
- http-14** <https://digitalfire.com/material/dolomite>