

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CaO İLAVESİ İLE DUVAR KAROSU
BÜNYE RENGİNİN AÇILMASI

Gökçe Gamze ERSOY

Şubat, 2015

İZMİR

**CaO İLAVESİYLE DUVAR KAROSU BÜNYE
RENGİNİN AÇILMASI**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Ekonomik Jeoloji Programı

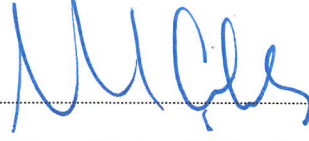
Gökçe Gamze ERSOY

Şubat, 2015

İZMİR

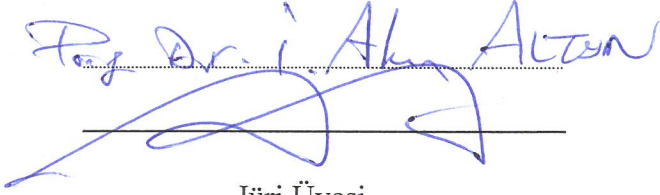
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

GÖKÇE GAMZE ERSOY, tarafından PROF. DR. MÜMTAZ ÇOLAK yönetiminde hazırlanan “CaO İLAVESİYLE DUVAR KAROSU BÜNYE RENGİNİN AÇILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

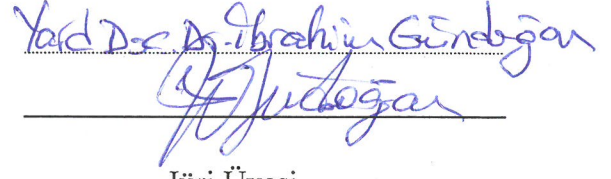


Prof. Dr. Mümtaz ÇOLAK

Yönetici



Jüri Üyesi



Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez çalıŐmalarım süresince desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Mümtaz ÇOLAK' a saygılarımı sunarım.

Seramiksın laboratuvarlarında alıŐabilmem için gerekli izinleri sağlayan Seramiksın Fabrika Müdürü Gürkan ÖZKAN' a, deneyler sırasında bilgi ve tecrübelerini paylaşarak yardımcı olan mühendis Ali BALI ve tekniker Murat KURT' a, Torbalı Meslek Yüksekokulu'ndan Yrd. Doç. Dr. İlker ÖZKAN' a teŐekkürlerimi sunarım.

Tez yazımı ve düzenlenmesi konusunda yardımları için Tufan TEPEDELEN' e; tüm eğitim hayatım boyunca maddi manevi yanımda olan ve destek veren aileme teŐekkürlerimi sunarım.

Gökçe Gamze ERSOY

CaO İLAVESİYLE DUVAR KAROSU BÜNYE RENGİNİN AÇILMASI

ÖZ

Seramik sektörü, ağırlıklı olarak kil ve yanında birtakım tamamlayıcı malzemeleri (kuvars, feldspat, kalsit vb.) çeşitli ölçülerde kullanarak, çeşitli kullanımlara yönelik farklı reçeteler oluşturur.

Bu süreçte çeşitli fiziksel özellikler dikkate alınmalıdır. Bunlardan bir tanesi de seramik bünyenin rengidir. Ülkemizde seramik sektöründe kullanılan bölgesel killerin genelde demir oksit içeriklerinin fazlalığı sebebiyle koyu renkli olması, ortaya çıkan seramik bünyenin de koyu renkli olmasına sebep olmaktadır. Seramik bünye üzerinde beyazlatma amacıyla yapılabilecek çeşitli işlemler ise üretim maliyetini arttırmaktadır.

Bünyenin beyazlatılması için düşük maliyetli çözümler geliştirmek amacıyla yapılan araştırmalar dâhilinde, kalsiyum oksit ilavesinin bünyenin rengine ve diğer fiziksel özelliklerine etkisini incelemek için akışkanlık, yoğunluk, su emme, kuru mukavemet deneyleri ve kimyasal analiz yapılmış ve sonuçlar derlenerek tablo ve grafikler haline getirilip bu tezin konusunu oluşturmuştur.

Anahtar kelimeler: Seramik, kalsiyum oksit, seramik bünye rengi açma, viskozite.

BLEACHING OF WALL TILES BODY WITH ADDITION OF CaO

ABSTRACT

Ceramics industry produces various recipes using different combinations of clay and certain supplementary products (quartz, feldspar, calcite etc.) to be used for different purposes, and in doing so it has to consider certain physical criteria.

One of these criteria is the color of the body. The clay used in the ceramics industry in Turkey includes iron oxides, which result in the actual body of the ceramic having a dark color. The cost of production increases with various techniques that may be applied on the body for bleaching.

As a part of the researches conducted to find a relatively low cost solution for the bleaching of the body, experiments were done with adding calcium oxide in order to observe its effects on the color and other physical attributes of the body, and the results presented as the subjects of this thesis.

Keywords: Ceramic, calcium oxide, bleaching ceramic bodies, viscosity.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 Yöntemler.....	1
BÖLÜM İKİ – SERAMİK ÜRÜNLERİ.....	2
2.1 Seramik Karolarının Sınıflandırılması	2
2.1.1 Seramik Bünyelerin Bileşenleri.....	2
2.1.2 Sınıflandırma	6
2.2 Duvar Karoları.....	7
2.2.1 Gövde ve Sır İçin Hammaddeler	8
2.2.1.1 Gövde Hammaddeleri	8
2.2.1.2 Sır Hammaddeleri	9
2.2.2 Temel Teknolojik Parametreler	9
BÖLÜM ÜÇ – DUVAR KAROSU BÜNYESİNE CaO İLAVE EDİLMESİ.....	12
3.1 Duvar Karosu Reçetesinin Hazırlanması ve Uygulanması	17
3.1.1 Pişme Küçülmesi ve Ateş Zayiati.....	19
3.1.2 Su Emme.....	20
3.1.3 Kuru Mukavemet	21
3.1.4 Renk.....	22

3.1.4.1 CIE Lab Renk Uzayı Deneyi	22
3.1.5 Akışkanlık ve Yoğunluk.....	24
BÖLÜM DÖRT – KİMYASAL VE MİNERALojİK İNCELEME.....	25
4.1 Kimyasal Analiz Sonuçları.....	25
4.2 Petrografik İnceleme	26
4.3 X Işını Difraktometre Analizi.....	28
BÖLÜM BEŞ - SONUÇ.....	29
5.1 Sonuçlar ve Öneriler.....	29
KAYNAKLAR	32

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1 CaO içeriği ile Fe ₂ O ₃ içeriğinin pişme rengine etkisi	14
Şekil 3.2 CaO içeriğinin pişme küçülmesine etkisi	15
Şekil 3.3 CaO içeriğinin pişme sonrası su emmeye etkisi	15
Şekil 3.4 Kireç döngüsü	16
Şekil 3.5 Porselen kavanozlar (a) ve jet değirmen (b)	18
Şekil 3.6 Hidrolik pres kalıbı ve malzemenin preslenmesi.....	18
Şekil 3.7 Pişirme öncesinde ve sonrasında duvar karoları	19
Şekil 3.8 %4 CaO ilaveli duvar karosu	23
Şekil 3.9 Akma eğrisi.....	24
Şekil 4.1 %4 CaO içerikli numunenin polarizan mikroskop görüntüsü	26
Şekil 4.2 Standart numunenin polarizan mikroskop görüntüsü	26
Şekil 4.3 %4 CaO içerikli numunenin elektron mikroskobu görüntüsü	27
Şekil 4.4 Standart numunenin elektron mikroskobu görüntüsü	27
Şekil 4.5 Standart ve %4 CaO ilaveli numunenin XRD analizi.....	28

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1 Seramik sektöründe kullanılan feldspatların kimyasal bileşimi	4
Tablo 2.2 ISO standartlarına göre poroz duvar karolarının bazı teknik özellikleri	8
Tablo 3.1 Duvar karosu reçetesi ve ilave edilen CaO değerleri.....	17
Tablo 3.2 Pişme küçülmesi değerleri (%)	19
Tablo 3.3 Ateş zayıtlı değerleri	20
Tablo 3.4 Su emme değerleri	20
Tablo 3.5 Kuru mukavemet değerleri	21
Tablo 3.6 CIE Lab değerleri.....	22
Tablo 4.1 %4 CaO içerikli (G1) numune ve standart (G2) numunenin majör oksit ve iz element kimyasal analiz sonuçları.....	25

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ekonomik Jeoloji Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Bitirme Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışma seramik bünye renginin açılması amacıyla, standart duvar karosu reçetesine farklı oranlarda CaO ilave edilmesini ve bu değişimin renk ve diğer özellikler üzerindeki etkisini incelemek üzere yapılmıştır.

Çalışma hâlihazırda Seramik San. tarafından kullanılan duvar karosu reçetesi üzerinde yapılmıştır. Bu tezin amacı, duvar karolarının daha ekonomik bir yöntem bulunarak bunun kullanılabilirliğini araştırmaktır.

1.2 Yöntemler

Seramik San. tarafından kullanılan duvar karosu reçetesine, %2, %4, %6 ve %8 oranlarında CaO eklenerek jet değirmenlerde 45 dakikalık karıştırma işleminden sonra standart örnek için akış, yoğunluk ölçümü yapılmış fakat CaO eklenmiş örneklerde bu ölçümler için sonuç alınamamıştır. Etüvde kurutulup öğütülen örnekler 38,5 gramlık bisküviler haline getirilmiş ve 1197°C de fırında yine 45 dakika süre ile pişirilerek su emme, kızdırma kaybı, pişme küçülmesi ve renk farkı için L* - a* - b* değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümler Seramik San. laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. İstenilen renge ulaşılan %4' lük CaO içeren örnekten ise kimyasal analiz Kanada Acme Laboratuvarlarında yapılmıştır. Ayrıca yine %4' lük CaO içerikli numune ve standart örneğin ince kesitlerinin hazırlanması, incelenmesi ayrıca yapılan elektron mikroskobu ve XRD çalışmaları ise Jeoloji Mühendisliği ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nde yapılmıştır.

BÖLÜM İKİ

SERAMİK KAROLAR

Türkiye’de seramik sektörü, karo ve sağlık gereci pazarlarına yakınlığı bakımından coğrafi açıdan oldukça avantajlı bir bölgededir. Sektör, yerli kaynakların en çok kullanılıp ithal malzemelere bağımlılığı sınırlı düzeyde olması sebebiyle ekonomik anlamda da ülke için oldukça önemlidir. Türkiye, ihracat bakımından seramik kaplama ve sağlık gereçlerinde dünyada 5. sıradadır.

Ülkemizde dünya çapında çalışmaları olan birçok seramik firması vardır. Bunların başlıca örnekleri Seramiksın, Ege Seramik, Bien Seramik, Vitra, Yurtbay Seramik, Graniser, Kütahya Seramik, Seranit ve Hitit Seramik’tir.

Seramiksın, 1990 yılında kurulup; 1994 yılında üretime başlayan yer karosu, duvar karosu, sırlı granit, teknik granit, dış cephe kaplaması ve yapı kimyasalları ürünleri üreten bir fabrikadır. Tez çalışmaları için kullanılan hammaddeler ve bazı fiziksel deneylerin sonuçları fabrikanın Ar – Ge laboratuvarlarındaki çalışmalardan elde edilmiştir.

2.1 Seramik Karolarının Sınıflandırılması

Seramik karolar yer, duvar ve dış cephe kaplaması olarak kullanılabilen ve tamamlayıcı malzemeler (kuvars, feldispat, kalsit vb.) içeren ince plakalardır.

Kil mineralleri seramik ana gövdesi için gerekli plastikliği sağlar. Al, Si, Ca, Fe içerikleri farklı oranlardadır.

Ergimeyi sağlayan malzemeler ise feldispat ve nefelin gibi malzemelerdir. Fırınlama sırasında katı – katı reaksiyonların gelişmesini sağlarlar. Bu malzemeler tutucu görevi görür.

Diğer malzemeler talk, silika vb gibi bazı özelliklerin oluşmasını sağlarlar Genellikle Ca, Mg, Si oksit içeriklidirler.

Katkılar ise sıvı solüsyonların akışkanlığa etkisini kontrol etmede kullanılırlar. Bünyeye sınırlı oranda katılan organik veya inorganik malzemelerdir.

2.1.1 Seramik Bünyelerin Bileşenleri

Seramik endüstrisinde yapı taşı olarak kullanılan killer genellikle silikat tipli farklı minerallerden oluşmuş, levha, fiber ve benzeri formlarda çökelmiş büyük oranda sedimanter kökene sahip kayalardır. Belirli kil tiplerine örnekler şu şekildedir:

Kaolinit: Kimyasal yapısı $Al_2(X_2O_5)(OH)_4$ şeklinde olan kaolinitler, feldispatik kayaların değişimi sonucu oluşurlar. Kaolenler genellikle beyazın farklı tonlarında bulunur. Endüstriyel anlamda ticari değerleri ise beyazlığının tonuna, tane boyuna, kimyasal saflığına göre belirlenir. Kaolenlerin sektör açısından kaolinitlerin oldukça refrakter yapıda oldukları söylenebilir. Eğme mukavemeti değerleri düşük ($<150 \text{ Kg/cm}^2$); 1100°C ' de su emme değerleri ise oldukça yüksektir. Kaolenler genellikle kâğıt endüstrisinde dolgu veya yüzey kaplama amaçlı kullanılır, seramik sektöründe ise kullanım alanı oldukça kısıtlıdır. Genellikle frit ve sır yapımında kullanılır.

İllit: Kimyasal yapısı $Al_2(Si_3AlO_{10})K(OH)_2-K_x$ şeklindedir. Sedimanter kaynaklıdır, genellikle klorit, kaolinit, kalsit, dolomit, simektite birlikte bulunurlar. 1100°C ' de küçülme ve su emme değerleri karbonat içeriğine göre değişse de genellikle düşüktür. İçeriğindeki karbonat miktarına göre farklı renkte bulunurlar. Beyaz pişen illitler genellikle dolgu malzemesi olarak kaolinite alternatif olarak, kırmızı pişen illitler ise yapı malzemelerinde kullanılır.

Simektit: $X_2Y_4O_{10}(OH)_2$ kimyasal yapısındadır. Volkanik kayaların alterasyonu sonucu oluşurlar. Ayrıca sedimanter oluşum da gözlenir. Tek başına kullanımı su aldıklarında şiştikleri için oldukça sınırlıdır. Bu sebeple seramiğe plastikleştirici

özelliik vermesi açısından illitle karışık olarak düşük oranlarda kullanılır. Bununla birlikte sondaj çamurunun ana bileşeni olarak kullanım alanı mevcuttur.

Klorit: Kimyasal yapısı $X_8Y_6O_{20}(HO)_4$ şeklindedir. Sedimanter kökenli yataklardan türerler. Seramik sektöründe farklı kloritler farklı şekillerde kullanılırlar. Karbonatsız olanları $1050^{\circ}C - 1080^{\circ}C$ arasında tamamen camlaşırken karbonatlı olanlarda bu değer $1100^{\circ}C$ ' nin üzerine çıkmaktadır.

Talk: $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_{10}$ yapıdadırlar. Metamorfik veya hidrotermal kökenlidirler. Seramik bünyede termal genişleme kontrolü için kullanılır. Sır – gövde uyumunu sağlamanın yanı sıra, nem genişmesini ve dolayısıyla çatlama riskini azaltır. Seramik sektörü dışında dolgu malzemesi olarak ve kozmetik sanayinde de farklı amaçlarla kullanılmaktadır.

Silika: SiO_2 yapıdadır. Farklı boyutlarda silikaların farklı kullanım alanları vardır. Seramik sektöründe hammaddedeki gaz çıkışını destekleme ve kuruma sırasında suyun buharlaşmasını sağlar. Ayrıca asidik refrakter malzeme olarak da kullanılır. Fakat genel kullanıcısı cam sektörüdür.

Feldispatik mineraller: Genel kimyasal formülleri XY_4O_8 şeklindedir. Magmatik kökenli kayalarda bulunan en yaygın bileşendir ve bunun yanında sedimanter kökenli feldispat yatakları da mevcuttur. İçeriğindeki Al, K, Na ve Caelementine göre farklı isimler alırlar. Albit ($NaAlSi_3O_8$), ortoklaz ($KAlSi_3O_8$) ve anortit ($CaAlSi_2O_8$) olmak üzere bileşimindeki Na, K veya Ca 'a bağlı olarak adlandırılan bu üç farklı mineralfeldispat grubunun en önemli mineralleridir.

Tablo 2.1 Seramik sektöründe kullanılan feldispatların kimyasal bileşimi (Carr, 1994)

Pişme Rengi	Beyaz	Beyaz
	Na-Feldispat	K-Feldispat
%SiO ₂	65 - 70	65 - 70
%CaO + %MgO	< 1,5	< 1,5
%Al ₂ O ₃	17 - 18	13 - 15
%K ₂ O	0,5 - 3	>8
%Na ₂ O	7 - 11	< 4
%Fe ₂ O ₃ +.%TiO ₂	< 0,1	< 0,1

Genellikle yüksek vitrifikasyon istenildiğinde, bisküvinin genişleme katsayısını kontrol etmedefeldispat kullanımı yaygındır. Endüstriyel anlamda en yaygın kullanım alanlarından biri de cam sektörüdür.

Profillit: Kimyasal kompozisyonu Al₂SiO₄O₁₀(OH)₂şeklindedir. Metamorfik hidrotermal kökenli bir kil mineralidir. Yüksek refrakter özelliğiyle seramik endüstrisinde kullanımı kısıtlıdır. Bunun yanında diğer sektörlerde dolgu malzemesi olarak, fırınlanmış ürüne parlak bir görünüm kazandırdığı için sofr ve süs eşyaları yapımında kullanılır.

Vollastonit: CaSiO₃kimyasal yapısına sahiptir. Kireçtaşları ve volkanik kayalar arasında kontak metamorfizmayla oluşmuşlardır. Genellikle kalsit, kuvars, feldispatlarla beraber bulunurlar. Seramik sektöründe gövde ve frit yapımında kullanılırlar. Başlıca kullanım amaçları düşük genişleme ve beyazlatıcı özellikte olmalarıdır. Ayrıca cam ve plastik endüstrisinde de kullanım alanları mevcuttur.

Karbonatlar: CaCO₃ (Kalsit), CaMg(CO₃)₂ (Dolomit), MgCO₃ (Manyezit) kimyasal yapıdadırlar. Seramik sektöründe özellikle gözenekli duvar karosu ve yer karoları için düşük porozite ve düşük küçülmeli seramik malzeme üretiminde kullanılır. Ana kullanım alanı çimento sanayidir. Ayrıca dolgu malzemesi olarak da kullanılır.

Mikalar: $6\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6(\text{Mg,Fe})\text{O}$. $\text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Biyotit), $6\text{SiO}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Muskovit), $6\text{SiO}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Serizit) kimyasal yapısındadırlar. Seramik endüstrisinde fırınlanma sonrası lekelenmelere sebep olur. Tabakalı yapısı öğütmeyi zorlaştırır ve sulu çamuru eleklerde tıkanmaya neden olur. Birlikte bulunduğu feldispatlardan ayrıştırılması zahmetli ve masraflı bir işlem olduğu için pek rağbet gören bir malzeme değildir. Potasyumca zengin mikalar seramik malzemede vitrifikasyonu destekleyerek ergitici özellik gösterirler.

Organik Maddeler ve İndirgeyiciler: Kil hammaddeleri içinde bulunan bitkisel malzemelerdir. Bitki kökleri, yapraklar ve humik asitler genel olarak fırınlanma işlemi sırasında 400°C 'ye kadar geçen sürede yanarak elimine olurlar. Killerin içerisinde bulunan diğer bir organik madde ise jeolojik oluşumlardır (fosiller). Bunların yanma sıcaklıkları ise 600°C 'ye kadar yükselir. Seramik ürünlerin içerisindeki karbonun yanmasının tamamlanamaması sonucu siyah noktalar ve bazen de kabarmalara neden olur.

Sülfür ve Sülfatlar: Kil ve feldispatlar bazı durumlarda sülfür içerebilir. Bunlar fırınlanma esnasında sülfür dioksite dönüşüp fırın içinde aşınmaya neden olur. Ayrıca demir sülfat içerikleri bisküvi üzerinde koyu renkli boşluklar oluşturur. Bu oluşumlar seramik sektöründe fabrika içi ve çevresel problemlere yol açar.

Camsı Malzemeler: Killi veya kumlu yataklarda bulunurlar. Bu malzemelerin camsı karakteri stabil değildir. Seramik endüstrisinde bisküvi üzerinde ergiyerek koyu noktalara sebep olurlar ve bu lekeler bazı durumlarda üretim problemlerine neden olur.

2.1.2 Sınıflandırma

Seramik karoları, sırlı ve sırsız olmak üzere ikiye ayrılır. Sırlı karolar yüzeyi ince bir tabaka ile kaplanmış estetik ve teknik açıdan farklı özellikleri olan malzemelerdir. Sırsız karolar ise yüzey ve gövdenin aynı renkte olduğu estetik özellikler içermeyen malzemelerdir.

Bir yapı malzemesi olarak kullanılan seramik karolar kullanım amacına göre farklı teknik ve estetik özelliklere sahiptirler. Bunlar seramik karonun su emme miktarı, aşınmaya karşı dayanımı, ısı farklıklarına verdiği tepkiler, kimyasal değişimlere verdiği tepkiler olarak, boyut, kırılma mukavemeti, renk vb. olarak sıralanabilir.

Seramik karolar sınıflandırılırken üretim yöntemi ve su emme özellikleri dikkate alınır.

Üretim yöntemlerine göre:

1. Çekme karolar
2. Kuru preslenmiş karolar

Çekme karolar, karo hamurunun ekstruder ile belirli boyutlara kadar çekilip kesilmesi ile elde edilir.

Kuru preslenmiş karolar, öğütülmüş malzemenin belirli ölçülerdeki kalıplarda basınç ile şekillendirilmesi ile üretilir.

Su emme miktarına göre:

1. Yer karosu
2. Duvar karosu
3. Porselen karo

Yer karoları düşük su emme ve aşınma miktarı ile diğer seramik karolarından daha dayanıklıdır. Pişme sıcaklığı daha yüksektir.

Duvar karoları, yer karolarına göre su emmenin daha fazla, pişme sıcaklığının ise daha az olduğu; hafif ve dayanıksız malzemelerdir.

Porselen karo ise diğer iki malzemeye göre daha dayanıklı ve su emme miktarının çok düşük olduğu, daha çok dış cephe kaplamalarında kullanılan malzemelerdir.

2.2 Duvar Karoları

Duvar karoları, boyutsal kararlılığın yüksek olduğu, aşınma ve darbe etkisi yer karosuna göre daha az olacağından nispeten daha ince ve hafif, sırlı olarak üretilip kullanılabilen ve genellikle 20x20, 20x25, 25x33cm vb. ölçülerine sahip malzemelerdir. Bu özellikler, malzemenin ticari kullanım alanına göre sınıflandırılmasında kullanılır.

Tablo 2.2 ISO standartlarına göre poroz duvar karolarının bazı teknik özellikleri.

Özellikler	Standart	Maksimum Standart Değer	Pazar Ürünlerinin Gerçek Değeri
Su Emme	ISO 10545.3	%9 - %20	%13 - %18
Kırılma Mukavemeti	ISO 10545.4	200 – 600 N	300 – 700 N
Genleşme Katsayısı	ISO 10545.8	Teste Tabidir	$6,5 - 7,5 \cdot 10^{-6}$
Çatlama Direnci	ISO 10545.11	Gereklidir	Spesifikasyonları Karşılmalıdır
Renk Farklılığı	ISO 10545.16	Teste Tabidir	Üretici Belirler

2.2.1 Gövde ve Sır İçin Hammaddeler

2.2.1.1 Gövde Hammaddeleri

Ticari sınıflandırmaya göre, duvar karoları kırmızı ve beyaz olmak üzere iki gruba ayrılır. Her iki grupta da hammaddeler killi ve tamamlayıcı malzemelerden oluşur.

1. Marn –karbonatik killi: İllit – klorit veya illit – kaolinit tipindedir. Gövdeyeplastik özellik verirler.

2. Camlaşabilen kırmızı pişen killi: İllit – klorit tipinde killerdir. Camlaşabilme özellikleri sayesinde iyi kırılma yükü değeri verirler.

3. Plastik killer: Pişme renkleri beyazdır. Kaolen – illit tipindedir. Tane boyut dağılımı ince olduğu için iyi plastik özellik gösterirler. Porozite değerleri iyidir.

4. Kaolenler: Refrakter özellik gösterirler. Beyaz renkte ve plastik özellikleri sınırlıdır.

Tamamlayıcı hammaddeler:

1. Feldispatik kumlar – feldispatlar ve kuvars

2. Kalsit ve dolomit

Beyaz ve kırmızı pişen gövdeler arasındaki fark bu hammaddelerin oranları ve kullanılan kil tipi ile ilgilidir. Beyaz pişen gövdeler genellikle açık renkli killer, feldispatik kumlar ve kuvarsın belirli oranlarda karışması ile oluşur. Kırmızı pişen gövdeler ise yüksek demir içerikli karbonitik killerle birlikte feldispatik kumlar, feldispatlar, kuvarslar ve gerekli durumlarda az miktarda kalsit ve dolomitlerin karışımından meydana gelirler.

2.2.1.2 Sır Hammaddeleri

En çok kullanılan sırlar transparan veya opak, parlak sırlardır. Sırlar nasıl kullanılacağına bağlı olarak (çift pişirim, hızlı çift pişirim veya monoproz gibi) farklı fritler içerirler. Fritler sırnın yaklaşık %90' ını oluştururlar ve düşük sıcaklıklarda bileşenlerin çözünmesini önleyip camsı özelliği meydana getirirler. Kaolen ve plastik kil gibi malzemeler ve ek olarak organik katkıları ilave edilerek sır kompozisyonu meydana getirilir.

2.2.2 Temel Teknolojik Parametreler

Seramik ürünün son özellikleri sadece hammaddelere bağlı değildir. Bu noktaya gelene kadar geçirilen üretim süreci ve bu süreçte kullanılan teknoloji ile de yakından ilgilidir. Seramik ürün meydana getirilirken geçirdiği süreçler şu şekilde sıralanır (Sacmi, 2008):

1. Ögütme
2. Püskürtmeli kurutma
3. Presleme
4. Kurutma
5. Bisküvi fırınlaması
6. Sırlama
7. Monoporoz fırınlama
8. Sır fırınlaması

1.Öğütme: Hammaddelerde sabit bir tane boyu elde etmek için yapılan işlemdir. Öğütme malzeme boyunu homojen hale getirmenin yanında fırınlanan bileşenlerin reaktivitesini ve yeni oluşan bileşenlerin derecesini de etkileyebilir.

2.Püskürtmeli Kurutma: Bu aşamanın amacı küresel tanecikler oluştururken bünyedeki suyun bir kısmını buharlaştırmaktır.

3. Presleme: Farklı presleme yöntemleri ile hacimsel yoğunlukları farklı olan yaş karolar elde etmek amacıyla uygulanan bir prosestir. Bu sayede farklı küçülme ve porozite değerlerine ulaşılır.

Preslenmiş ürünlerde yaş hacimsel yoğunluk değerleri yüksek olduğunda fırınlama esnasında gövdeden gaz çıkışı daha zor hale gelir ve daha sonraki sırlama aşamasında hatalara neden olabilir. Duvar karosu için özel şekillendirme basıncı 200 – 250 kg/cm² civarındadır, kırmızı pişen gövdelerde plastik özellik arttığından bu değer 150 kg/cm² civarına kadar düşebilir.

4. Kurutma: Gövde içerisinde kalan nemin buharlaşması aşamasıdır. Bu aşamada seramik malzemenin eğme mukavemeti artar, çünkü tanecikler birbirine yaklaşırlar ve aralarındaki bağlar kuvvetlenir.

Modern fırın döngülerinde, kurutma ile oluşacak boyut değişimi %0 - %0,3 aralığında olmalıdır. Bu sayede karo yüzey ve kenar çatlakları önlenmiş olur.

5. Bisküvi fırınlanması: Preslenmiş malzemede fırınlanma sonrasında sinterlenme reaksiyonları ile farklı küçülme ve porozite değerlerinin belirlenmesi aşamasıdır.

6. Sırlama: Sırlar seramik ürün yüzeylerine teknik, estetik ve hijyenik özellikler kazandırır; parlak veya mat camsı tabakalardır. En fazla talep gören duvar karosu ürünleri transparan kristalin ve opaklaştırılmış parlak beyaz sırlardır. En çok kullanılan sır uygulama aleti ise çan üniteleridir. Bu alet sabit kalınlık ve akış hızında sır perdesinden geçen fırınlanmış veya fırınlanmamış karolar üzerinde düzgün ve homojen yüzeyler elde edilmesini sağlar.

7. Monoporoz fırınlama: Ürünün son özelliklerinin belirlendiği aşamadır. Fırınlanma farklı sıcaklık aşamalarından oluşur, ilk aşama (yaklaşık 800 °C' ye kadar olan) malzemenin ısıl işlem öncesi fazını ve kil minerallerinin bozunmasını içermektedir. Sonraki aşamada ise (yaklaşık 800°C - 900°C arası) karbonatlar bozunmaya başlar ve CO₂ çıkışı gözlenir. Bu aşamada gaz emisyonuna yardımcı olacak şekilde sırda poroziteler olmalıdır. Daha sonraki aşamada ise (yaklaşık 900°C - 1100°C arası) karbonatların bozunması ile oluşan toprak alkali oksitlerin (MgO gibi) sentez reaksiyonları ve killerin bozunmasına bağlı olarak artık amorf faz yer alır. Gövdenin sinterlenmesi maksimum sıcaklık zonunda yer alır. Sonraki aşamalar ise önce hızlı sonra yavaş soğumayı içerir. Bu sayede fırınlanmış gövdede bulunan serbest kuvars dönüşümü sırasında oluşan gerilim kontrol altına alınır.

8. Sır fırınlanması: Gelenekselfritler 1020°C - 1050°C civarında sıcaklığa, monoporozfritler ise 1080°C - 1120°C civarı sıcaklığa ihtiyaç duyarlar. Frit türü fark etmeksizin fırınlanmayı 600°C' ye kadar hızlı soğuma ve sonrasında 500°C' ye kadar yavaş soğuma takip eder. Monoporoz fırınlama aşamasında olduğu gibi bu aşamadaki yavaş soğuma da kuvars dönüşümünden kaynaklı gerilimlerin engellenmesidir.

BÖLÜM ÜÇ

DUVAR KAROSU BÜNYESİNE CaO İLAVE EDİLMESİ

Çalışma, seramik sektörünün belirli kalite ölçütlerinden biri olan bünye renginin minimum maliyette uygun orana getirilmesini amaçlamaktadır. Seramik ürünlerin renkleri kullanılan killerin bünyesinde bulunan bazı bileşiklerin kirletici etkileriyle ilişkilidir. Bunlar ana hatları ile şu şekilde sıralanabilir (Sacmi, 2008):

Serbest silis:

1. Plastikliği azaltır.
2. Kuruma ve pişme esnasındaki küçülmeyi azaltır.
3. Taneler iri ise kırılma mukavemetini azaltır.

Alüminyum bileşikleri:

1. Plastik olmayan alüminyum bileşikleri halinde ise kilin plastikliğini azaltır.
2. Kilin refrakterliğini artırır.

Alkali bileşikleri:

1. Alkali içerikli mineral ve çözünebilir tuzun bulunması daima vitrifikasyon ve refrakterlik ısını indirir.
2. Çözünebilir tuzlar refrakterliği azaltır, bazıları plastikliği artırma eğilimi gösterir.
3. Alkali içeren minerallerin çoğu plastik değildir. Bu sebeple kilin kuruma küçülmesini azaltırlar, kuruma işlemlerini kolaylaştırırlar.

Titanyum bileşikleri:

1. TiO_2 rengi etkiler ve alüminyum ile beraber erime noktasını yükseltirler.

Demir bileşikleri:

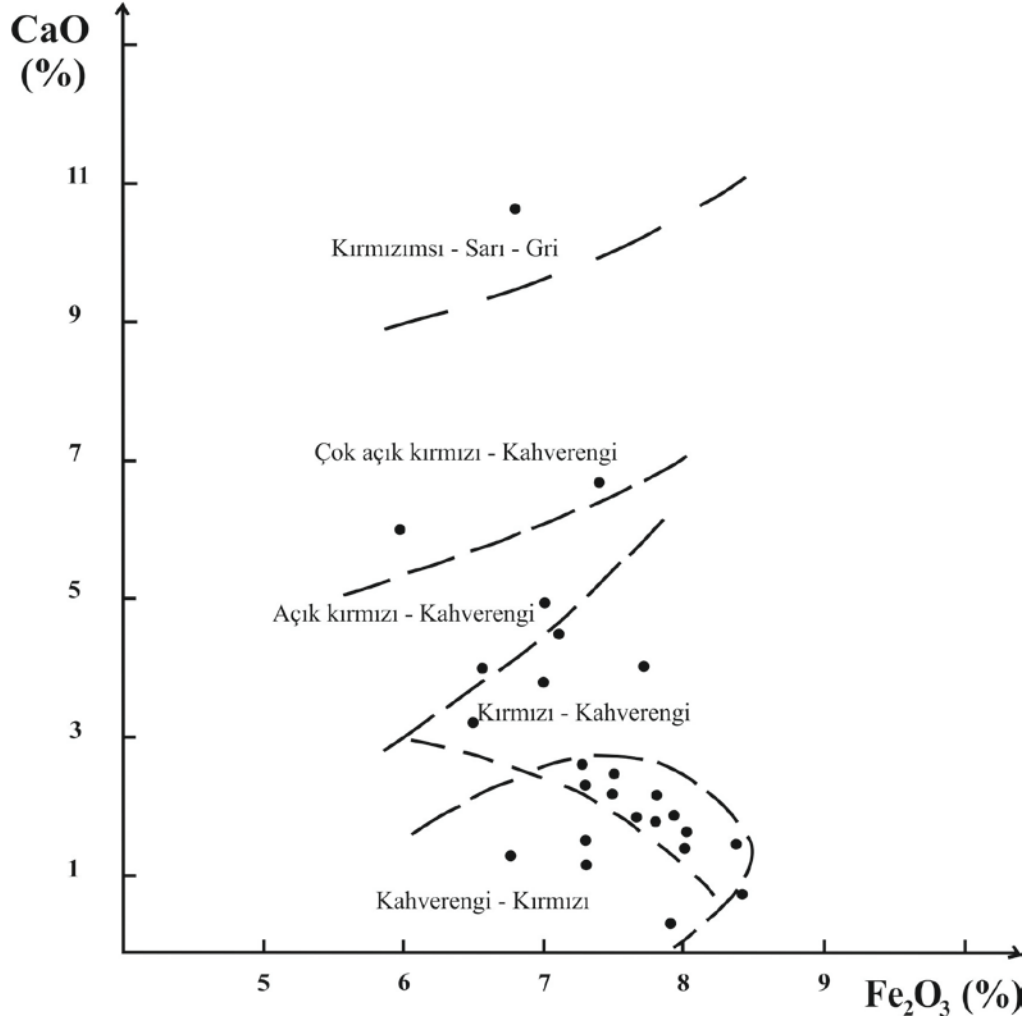
1. Pişme rengini değiştirirler.
2. Kilin refrakterliğini azaltırlar.
3. Eriyebilen demir bileşikleri ürün üzerinde kırmızı renkli çiçeklenmeye sebep olur.
4. Pişmiş kil üzerinde gözle görülebilen demir lekeleri meydana getirirler.

Kalsiyum bileşikleri:

1. Vitrifikasyon ve refrakterlik sııcaklığını düşürürler.
2. Düşük ısıda kalsiyum bileşikleri kilin küçülmesini azaltabilir ve kurumasını kolaylaştırır.
3. Kırmızı rengi ağartabilirler.
4. Kireç havadaki nemi adsorbe eder.
5. Kalsiyumun CaSO_4 bileşiğı adi tuğla ve iyi kaliteli kaplama tuğlalarında en sık rastlanan çiçeklenme sebebidir.
6. Bazı tuğla killerinde az miktarlardaki kalsiyum bileşikleri vitrifikasyon sahasını genişletir.
7. Porselen çamurlarında ve sırlarında eritici olarak kalsiyum bileşikleri genişmeyi azaltır. Fakat alkalilerle yer değıştirdikleri zaman pişme ısısını yükseltirler.

Görüldüğü üzere killerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen kirleticiler birçok bileşiğın kil bünyesine girmesi sonucu farklı etkilere sebep olmaktadır.

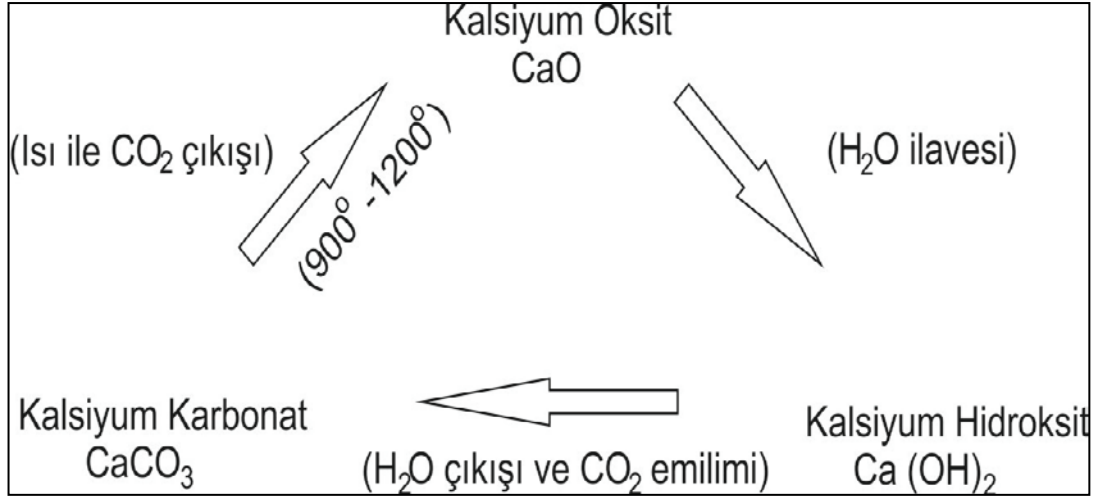
Karbonatlar, killer içinde oldukça sık rastlanan bileşiklerdendir. %30 - %35 civarına kadar karbonat bileşiğı, tuğla yapımında kabul edilebilir bir orandır. Karbonatların killer içinde en çok rastlanan tipi ise kalsittir. Kalsitin killi malzemede pişme rengine önemli etkisi vardır. Karbonatça zengin; yaklaşık %7 ve üzeri oranda CaO içeren killerin pişme rengi açık sarıdan soluk kahveye kadar değışir (Bender ve Händle, 1982). Yüksek miktarda karbonat içeriğı rengin açılmasına neden olur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 CaO içeriği ile Fe_2O_3 içeriğinin pişme rengine etkisi (Benderve Händle, 1982).

Kalsitin aynı zamanda pişme küçülmesi, kütle yoğunluğu, porozite ve buna bağlı olarak su emme ve donma direncinde de önemli etkisi vardır. Kalsit genellikle pişme küçülmesini azaltır (Şekil 3.2). Ayrıca poroziteyi arttırdığından kütle yoğunluğu azalır ve su emme miktarı artar (Şekil 3.3).

Karbonatlı Ca bileşiği olan CaCO_3 doğada çok bulunması dolayısıyla ucuz elde edilmesi nedeniyle birçok sektörde kullanılır. Seramik sektöründe ise içeriğindeki CO_2 'in sıcaklık etkisiyle açığa çıkarak fırındaki seramik bünyelerde deformasyona neden olması bir dezavantaj oluşturur. Bu sebeple seramik sektöründe kireçtaşı, kalsit, mermer vb. bünyesinde CaCO_3 bulunan malzemeler tercih edilmez. Isıl işlem gördükten sonra ise CaO açığa çıkar.



Şekil 3.4 Kireç döngüsü.

Tez çalışmaları yapılırken ısıl işlem görmüş CaCO_3 yani CaO kullanılmıştır. Duvar karosu bünyesine ait reçete, hali hazırda Seramiksan' da kullanılan reçetelerden biri olup, deneyler mevcut reçetenin üzerine %2, %4, %6, %8 oranında CaO ilavesi ile yapılmıştır.

3.1 Duvar Karosu Reçetesinin Hazırlanması ve Uygulanması

Tablo 3.1 Duvar karosu reçetesi ve ilave edilen CaO değerleri.

Malzeme *3	std	a	b	c	d
Ukrayna Kili	8	8	8	8	8
İstanbul Kili	40	40	40	40	40
Feldispat	22	22	22	22	22
Albit	30	30	30	30	30
CaO	-	2	4	6	8
Silikat	45 damla	45 damla	45 damla	45 damla	45 damla
Su	150 damla	150 damla	150 damla	150 damla	150 damla
Dakika	45	45	45	45	45
Yoğunluk	1700gr/t	-	-	-	-
Akış	32sn	-	-	-	-

Tablo 3.1 'de de görüldüğü üzere, CaO ilavesi yoğunluk ve akış değerlerinin ölçülemeyecek derecede yükselmesine neden olmuştur. Yoğunluk ve akışkanlık değerlerinin iyileştirilmesi için yapılan çalışmalar daha detaylı anlatılacaktır.

Reçeteye uygun oranlarda karıştırılan malzemeler alübit bilyeli porselen kavanozlara konur ve yatay dönüş yapan jet değirmenlere yerleştirilir (Şekil 3.2).



Şekil 3.5 Porselen kavanozlar (a) ve jet değirmen (b).

45 dakika süresince sabit hızda çalıştırılan değirmenden çıkarılan çamur yoğunluk ve akışkanlık değerlerinin viskozimetreye ölçülmesinin ardından etüvde kurutulur. Kurutulan malzeme 2000 μ 'luk elek aralığından geçecek hale gelene kadar öğütülür. Toz haline gelen malzeme hidrolik preste 250 bar'lık bir kuvvet uygulanarak 38,5 gramlık bisküviler elde edilir (Şekil 3,6).



Şekil 3.6 Hidrolik pres kalıbı ve malzemenin preslenmesi.

Bisküviler boy ve ağırlığı ölçüldükten sonra 1197°C sıcaklıkta 45 dakika pişirilir. Piştikten sonra fiziksel kontrollere geçilir.



Şekil 3.7 Pişirme öncesinde ve sonrasında duvar karoları (sol: pişmemiş, sağ: pişmiş).

3.1.1 Pişme Küçülmesi ve Ateş Zayıyatı

Pişme küçülmesi ve ağırlık zayıyatı pişmeden önce ve sonraki ölçümler kullanılarak yapılır. Bunlar için kullanılan formüller şu şekildedir:

$$\text{Pişme Küçülmesi} = [(\text{İlk ölçüm} - \text{İkinci ölçüm}) / \text{İlk ölçüm}] * 100 \quad (3.2)$$

$$\text{Ateş Zayıyatı} = [(\text{İlk ağırlık} - \text{İkinci ağırlık}) / \text{İlk ağırlık}] * 100 \quad (3.3)$$

Tablo 3.2 Pişme küçülmesi değerleri (%).

Standart	7,84
%2 CaO	2,98
%4 CaO	2,81
%6 CaO	0,49
%8 CaO	0.2

Sonuçlar, CaO ilavesinin standart örneğe göre küçülme değerini oldukça düşürdüğü ve bu değer %8 CaO ilavesinde neredeyse sıfıra yaklaştığı gözlenmiştir.

Tablo 3.3 Ateş zayılatı değerleri (%).

Standart	3,79
%2 CaO	4,20
%4 CaO	4,75
%6 CaO	5,27
%8 CaO	6,25

Ateş zayılatı % değerleri küçölmeyle ters orantılı şekilde CaO ilavesi arttıkça artmıştır.

3.1.2 Su Emme

Numuneler tartılır ve su banyosu içine yerleştirilerek 100°C’ de 150 dakika kaynatılır. Bu şekilde numunelerin makro ve mikro gözeneklerinin suyu tamamen emmesi sağlanır. Daha sonra çevre sıcaklığında soğumaya bırakılır, karo yüzeyindeki fazla su alınıp tekrar tartılır. Kuru ve su emmiş ağırlık farkından ağırlığa bağlı su emmesi % cinsinden hesaplanmıştır Su emme aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\text{Su Emme} = \frac{(\text{Numunenin su emmiş ağırlığı} - \text{Numunenin kuru ağırlığı})}{\text{Numunenin kuru ağırlığı}} * 100 \quad (3.4)$$

Tablo 3.4 Su emme değerleri.

Standart	0,1
%2 CaO	5,6
%4 CaO	7,7
%6 CaO	11,2
%8 CaO	15,4

Su emme değerleri görüldüğü üzere ciddi oranda artmaktadır. Duvar karosu için bu değerler en fazla 0,5 olması gerekirken %8 CaO ‘de bu oran 15,4’ e kadar çıkmıştır. Bu durumun mukavemeti de etkilemesi öngörülebilir.

Killerin su emme miktarları ile birlikte pişme esnasında meydana gelen küçülmelerin % değerleri karşılaştırıldığında bu iki değer tablosu arasında ters orantı olduğu görülmektedir.

3.1.3 Kuru Mukavemet

Tercihen kg/cm^2 veya N/mm^2 cinsinden ifade edilir. Ölçüm sonrasında değerlendirme aşağıdaki formüle göre yapılır:

$$\text{Kuru Mukavemet} = (3 \cdot P \cdot L) / (2 \cdot h^2 \cdot b) \quad (3.5)$$

P: Skalada okunan değer (N).

h: Minimum örnek kalınlığı (mm).

L: Örneği destekleyen iki destek arası mesafe (mm).

b: Kırılma noktasındaki örnek genişliği (mm).

Standartlara göre kuru mukavemetin 20-30 arası olması orta dayanımı, 30 ve üzeri olması ise yüksek dayanımı gösterir. Tablo 3.5'de gözle görülür şekilde olumlu sonuçlar alınmıştır.

Tablo 3.5 Kuru mukavemet değerleri (kg/cm^2).

Standart	20
%2 CaO	37
%4 CaO	45
%6 CaO	48
%8 CaO	74

3.1.4 Renk

3.1.4.1 CIE Lab Renk Uzayı Deneyi

İlk kez 1976' da görsel medya için tasarlanmış daha sonra çeşitli alanlarda kullanılmaya başlamıştır. CIE Lab renk uzayının bileşenleri;

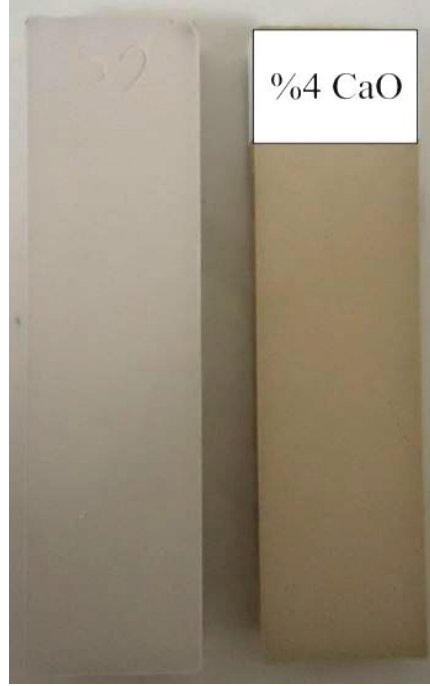
-L: parlaklık, beyazlık (L:0 siyah, L:100 beyaz).

- a ve b: tonlama ve doygunluk (a pozitif ise kırmızı, negatif ise yeşil; b pozitif ise sarı, negatif ise mavi)

Tablo 3.6 CIE Labdeğerleri.

	L	a	b
Standart	54,80	3,70	16,30
%2 CaO	68,10	3,50	21,70
%4 CaO	75,60	3,25	21,70
%6 CaO	73,80	5,12	22,70
%8 CaO	74,20	5,01	20,20

Yukarıda verilen değerlere göre parlaklık ve beyazlık en yüksek değerini %4' lük CaO ilaveli numuned almaktadır (Şekil 3.8). Bu sebeple ileri aşamalarda yapılacak yoğunluk iyileştirme, kimyasal ve mineralojik değerlendirmeler %4'lük numune üzerinden yapılacaktır.



Şekil 3.8 %4 CaO ilaveli duvar karosunun görünümü.

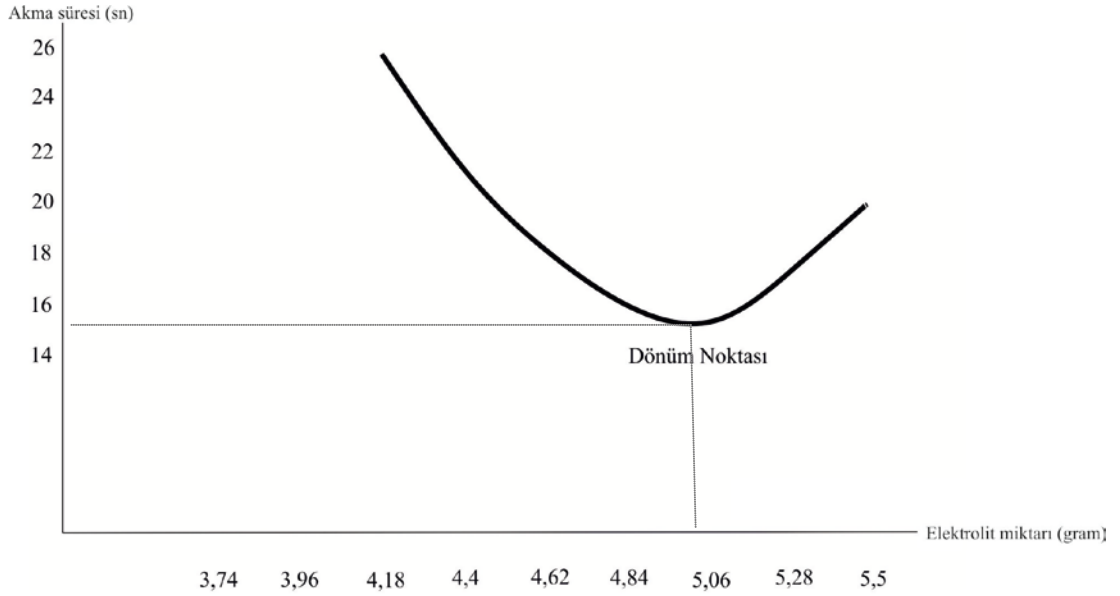
3.1.5 Akışkanlık ve Yoğunluk

Reçeteye üzerinden CaO ilavesi yapılırken; standart bünye için kullanılan su ve elektrolit miktarının ilave edilen CaO için yeterli olmadığı gözlemlenmiştir. Bunun için renk açısından en uygun olan %4 CaO ilaveli numunede akışkanlık ve yoğunluğu iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.

Seramik çamurlarında istenilen akışkanlığın fazla su katılmaksızın elde edilmesi gerekir. Su, kalıpları ıslatıp kalıptan çıkma süresini uzatacağı dolayısıyla üretim süresini uzatacağı için en fazla %40 oranına kadar karıştırılmalıdır. Su yerine taneciklerin hareketlenmesi elektrolitlerle sağlanır. Sodyum silikat, amonyak, sodyum hidroksit ve tanik asit gibi malzemeler elektrolit olarak adlandırılır.

Genelde çamurlar binde 3 – 7 arasında uygun elektrolit katkısı ile akıcı hale gelirler. Bu akıcılık, huni görevi gören bir aletten birim hacimdeki elektrolitli çamurun belirli bir çaptaki alt açıklıktan akma süresi ile belirlenir.

Genellikle belirli bir elektrolit katkısı ile başlayan akışkanlık, elektrolit miktarı ile artar. Fakat bu artış bir noktadan sonra tekrar azalmaya başlar ve elektrolit ilavesi ile hazırlanan çamur artık iyice koyulaşarak akmayacak hale gelir. Bu noktaya “dönüm noktası” denir ve elde edilen değerler ile bir grafik üzerinde “akma eğrisi” elde edilir. Bu eğri yardımı ile ideal elektrolit miktarı hesaplanır.



Şekil 3.9 Akma eğrisi.

Şekil 3.9’de %4 CaO ilaveli malzemenin akışkanlığı ve ideal elektrolit miktarı görülmektedir. Seramiksan laboratuvarlarında hazırlanan karışımda akışkanlık sağlanamamıştır. Aynı karışımın üzerine ek olarak 70 ml daha su eklenerek yani toplamda 104 gram numune için 220 ml su ve 5,06 gram sodyum silikat kullanılarak dönüm noktasına ulaşılmıştır. Ancak, Seramiksan laboratuvarında hazırlanan karışımın su ve elektrolit miktarı tekrar gözden geçirilmelidir. CaO ilaveli bir karışımda dönüm noktasına ulaşılarak karışımın akışkanlığı sağlanabilmektedir.

BÖLÜM DÖRT

KİMYASAL VE MİNERALOGİK İNCELEME

4.1 Kimyasal Analiz Sonuçları

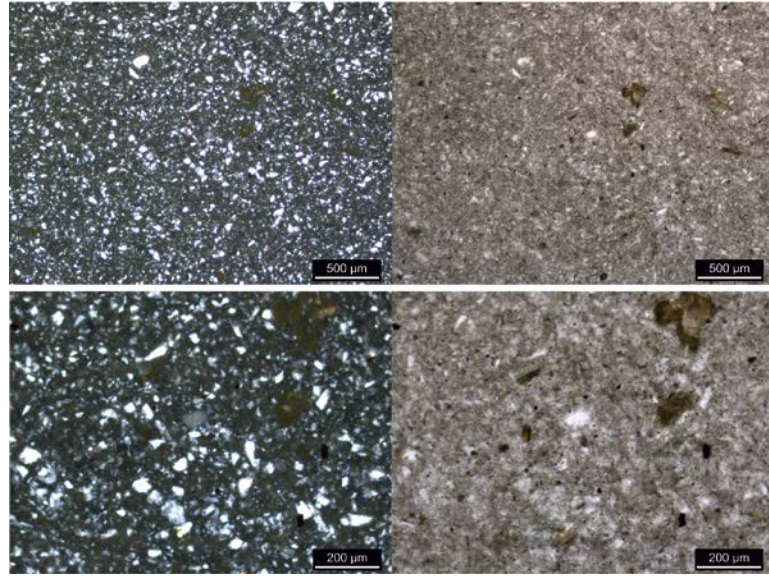
Karo üretiminde kullanılan karışımın (standart) ve %4 CaO ilaveli karışımın kimyasal analiz sonuçları Tablo 3’de verilmektedir. Kimyasal analiz sonuçlarında dikkat çekici farklılık Fe_2O_3 ve CaO değerleridir. %4 CaO ilaveli karışımda Fe_2O_3 değerinin azalması seramik ürünün kırmızı renginin açılmasına neden olmaktadır. Diğer farklılık %4 CaO içerikli karışımın SiO_2 değerinin de düşmesidir. Bu durum karışımda serbest silikanın azaldığını göstermektedir.

Tablo 4.1 %4 CaO içerikli (G1) numune ve standart (G2) numunenin majör oksit ve iz element kimyasal analiz sonuçları.

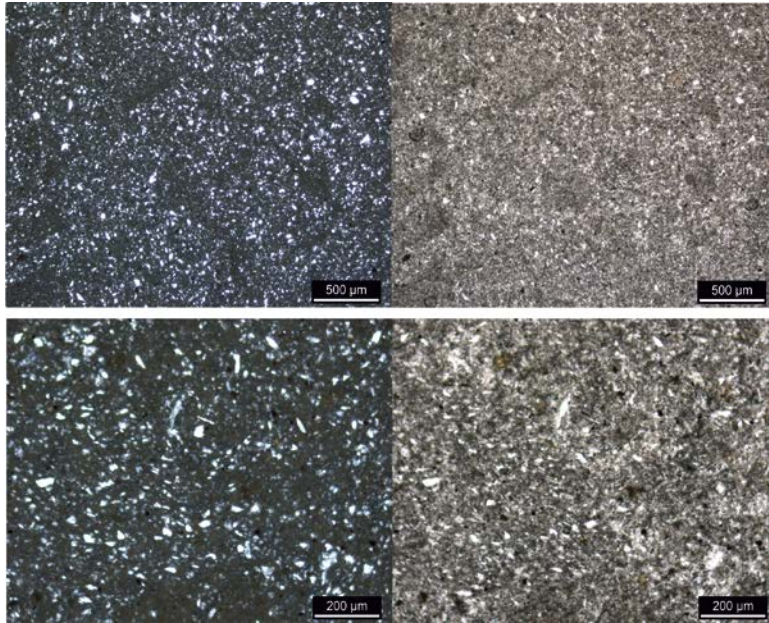
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
%4CaO’li karışım	64,84	21,55	1,54	0,45	3,43	5,07	1,28	0,71	0,13
Std (Standart)	68,19	21,52	1,8	0,44	0,38	5,14	1,28	0,72	0,14
MnO	Cr₂O₃	Ni	Sc	K.K	Toplam	Ba	Be	Co	Cs
%	%	ppm	ppm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm
<0,01	0,007	23	11	0,8	99,84	306	3	6,3	4,9
0,01	0,008	28	11	0,2	99,83	301	2	7,7	4,3
Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
23,2	5,6	15,2	60,3	4	100,3	1,2	14,9	4,7	81
21,9	5,4	14,7	58	4	88,2	1,4	13,6	4,6	80
W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1,9	205	35,9	30,2	55,4	6,6	24,4	4,94	0,84	5,23
2,1	197,8	38,1	32,1	66,7	7,2	26	5,64	1,07	5,69
Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	TOT/C	TOT/S	
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	
0,93	5,81	1,3	3,93	0,59	3,89	0,59	0,03	<0,02	
1,02	6,28	1,36	4,31	0,61	4,07	0,61	<0,02	<0,02	

4.2 Petrografik İnceleme

Pişmiş standart ve %4 CaO ilaveli karışımlar petrografik olarak incelenmiştir. Mikroskop görüntüleri standart karışıma CaO ilavesinin mineralojik ve dokusal açıdan çok büyük bir farklılık yaratmadığını göstermektedir (şekil 4.1 ve 4.2).



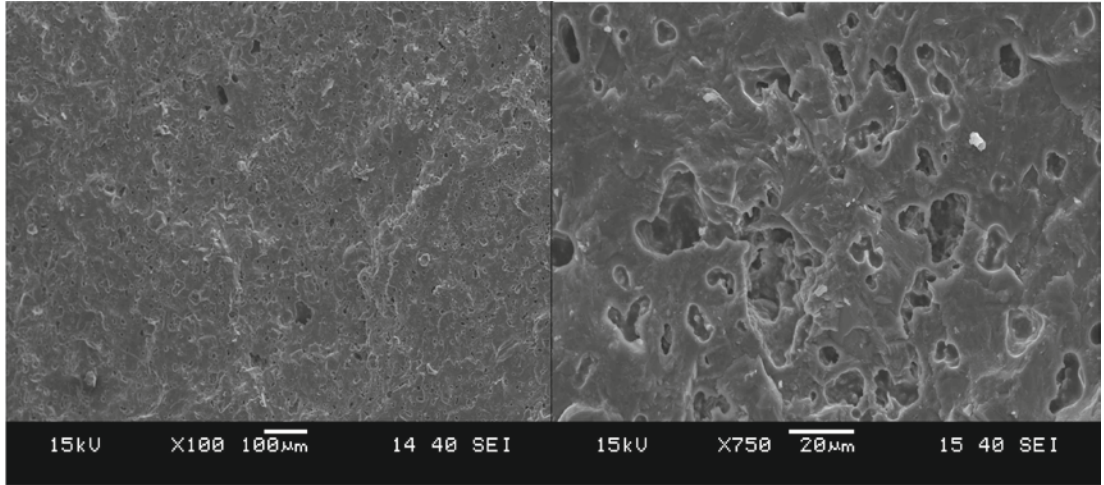
Şekil 4.1 %4 CaO içerikli numunenin polarizan mikroskop görüntüsü.



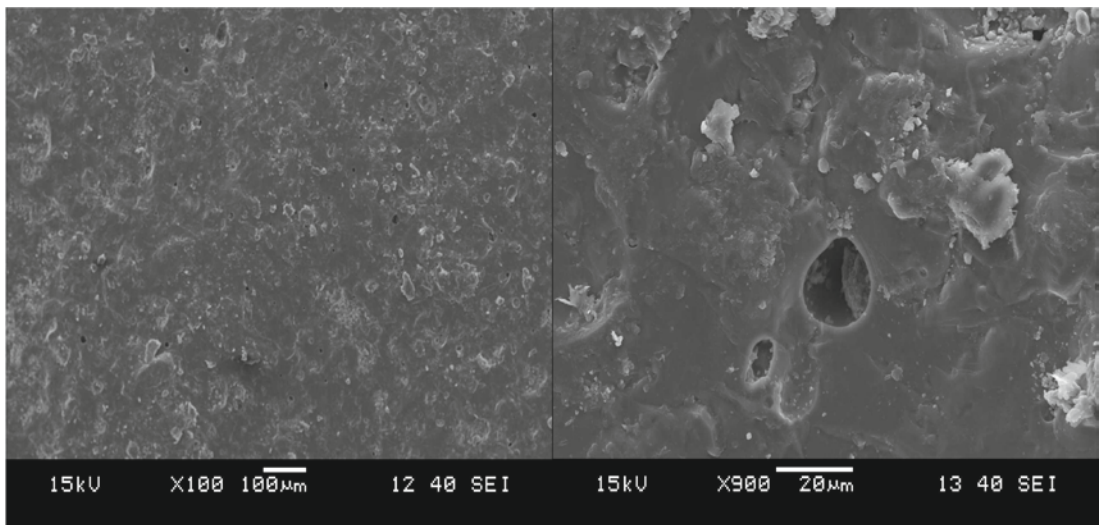
Şekil 4.2 Standart numunenin polarizan mikroskop görüntüsü.

4.2 SEM İnceleme

Petrografik incelemede %4 CaO ilave edilen karışımda CaO'in homojen olarak dağılmış olduğunu ancak camsı faz dışında değişim olmadığı gözlenmiştir. Elektron mikroskobu görüntüleri ise numunede yeni faz oluşumlarının gözlenemediği ancak numunenin daha gözenekli bir hale geldiğini göstermektedir (Şekil 4.3 ve 4.4). Gözeneklerin artması, su emme miktarının standart örnekle CaO ilaveli örnekler arasında önemli ölçüde farklılığın nedenidir. Ancak kuru mukavemet değerlerinde gözlemlenen iyileşme bu gözeneklerin birbiri ile bağlantılı olmadığını, buna bağlı olarak zayıf zonların oluşmadığını görülmektedir.



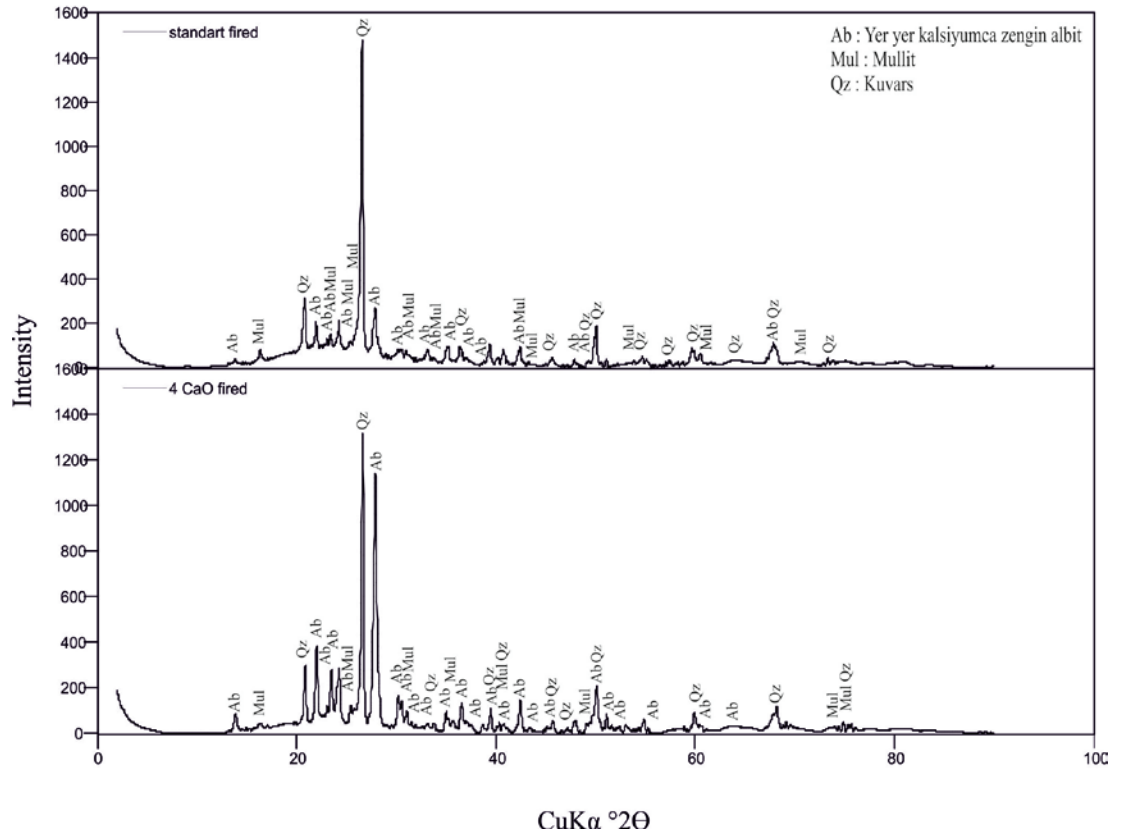
Şekil 4.3 %4 CaO içerikli numunenin elektron mikroskobu görüntüsü.



Şekil 4.4 Standart numunenin elektron mikroskobu görüntüsü

4.3 X-Işını Difraktometre Analizi

Standart ve %4 CaO ilaveli pişmiş örneklerin XRD çekimleri yapılmış ve yeni oluşan fazlar kontrol edilmiştir (Şekil 4.5). Standart numunede kuvars, albit ve mullit fazları gözlenmiştir. %4 CaO ilaveli numunede ise benzer fazlarla birlikte albit fazının göreceli olarak mullit fazından daha fazla gelişmiş olduğu gözlenmektedir. Albitin kalsiyumca zenginleşmiş olma olasılığı yüksektir. Anortit fazı gözlenememiştir.



Şekil 4.5 Standart ve %4 CaO ilaveli numunenin XRD analizi.

BÖLÜM BEŞ

SONUÇ

5.1 Sonuçlar ve Öneriler

Sektörel anlamda seramik bünye rengi estetik açıdan oldukça önemlidir. Bununla birlikte teknik açıdan da sırlama sırasında yüzeye istenilen renk ve desenin verilmesi için tabanın olabildiği kadar açık renkte olması istenir. Açık renk, boya ve sır bileşenleri için maliyeti düşürür ve ürünün daha hızlı bir şekilde ortaya çıkarılmasını sağlar.

CaO, içeriğindeki CO₂'nin ısıtılarak uzaklaştırıldığı CaCO₃yani kireçtaşından meydana gelir. Maliyet olarak sentetik boyalara göre oldukça ucuz ve bulunması kolay bir malzemedir. Tıbbi malzeme üretiminden inşaat sektörüne oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ayrıca boya malzemelerinde de temel içeriklerden biridir. Bu çalışma sırasında CaO kullanılmasının sebebi bu şekilde özetlenebilir.

Çalışmalar üretimi yapılan bir duvar karosu reçetesine ilave olarak değişik oranlarda CaO eklemesi ile yapılmıştır. İlk aşamada akışkanlık elde edilmesi mümkün olmamış fakat standart reçetede su ve elektrolit miktarları üzerinde çalışıldığında bu sorun giderilmiştir.

Pişme küçülmesinin olmaması ve su emme miktarının standartların çok üzerinde kalması nedeniyle CaO ilaveli karışımın duvar karosu üretiminde kullanılması uygun olabilir. Ancak akışkanlığı azaltması nedeniyle plastik özelliği fazla olan killer özellikle simektitce zengin killerin kullanılması durumunda olumlu sonuçlar verebilir.

Çalışmanın ana konusu olan rengin açılması ise istenilen ölçüde gerçekleşmiştir. Bu reçeteye göre optimum renk iyileşmesi %4 oranında CaO ilavesi ile sağlanmıştır. %4 üzeri ilavelerde ise renk kırmızımsı turuncuya doğru değişmektedir. Ayrıca CaO ilaveli karışımın kuru mukavemeti artmaktadır. Bunun nedeni CaO'un havadaki CO₂

olarak CaCO_3 oluşturmaya başlamasıdır. Bu durum karışımın mukavemetini artırmaktadır.

Yapılan çalışmanın bünenin kimyasal ve mineralojik yapısında büyük farklılıklara neden olmadığını göstermiştir.

Seramik sektöründe CaO kullanımı, farklı kil oranlarında reçeteler kullanılarak denendiği takdirde pişme küçülmesi ve su emme gibi değerlerin iyileştiği gözlemlenecektir. Bununla birlikte kullanılan elektrolit miktarının artması ile boya miktarının azalması kıyaslandığında daha ekonomik bir yöntem olduğu sonucuna varılabilir.

KAYNAKLAR

Akıncı, Ö. (1968).Seramik killeri jeolojisi. *MTA Dergi*, 71, 63-70.

Arcasoy, A.(1983). *Seramik teknolojisi*. Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Yayın No:2. İstanbul: Marmara Üniversitesi Yayınları.

Bayraktar, I., Ersayın, S., Gülsoy, Ö. Y., Ekmekçi, Z. ve Can, M. (1999). Temel Seramik ve Cam Hammaddelerimizdeki (Feldispat, Kuvars ve Kaolin) Kalite Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Ş. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 14-15.

Bender, W. ve Händle, F. (1982). *Brick and tile making procedures and operating practice in the heavy clay industries*. Bauverlag GMBH. Wiesbaden Berlin.

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı.(2013). *Türkiye Seramik Teknolojisi Strateji Belgesi ve Eylem Planı*. Ankara.

Brown, G. ve Brindley, G. W. (1980). *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification*. Mineralogical Society, London.

Carr, D. D. (Ed.). (1994). *Industrialmineralsandrocks*. Englewood CO: SocietyforMining, Metallurgy, and Exploration.

Deer, W. A.,Howie, R. A. ve Zussman, J. (1992). *An introduction to the rock-forming minerals*. London: Longman.

Mete, Z. ve Tanışan, H.H. (1988). *Seramik teknolojisi ve uygulamaları*. Söğüt: Söğüt Matbaası.

Sacmi. (2008). *Uygulamalı seramik teknolojisi* (Cilt 1). (R. E. Oyman ve İ. Özkan, Çev.). İstanbul: Sacmi. (Orijinal çalışma basım tarihi 2002).

Sesli, A. (2012). Seramik karo nedir? *TSE Standard Ekonomik ve Teknik Dergi*, 59817 Haziran 2014, <http://www.tse.org.tr/docs/standard-ve-teknik-dergi/mart-2012.Pdf?sfvrsn=6>.