

PORSELEN KARO BÜNYESİNDE AYDIN ÇİNE BÖLGESİ SODYUM FELDSPATININ
YERİNE ÇANKIRI KALFAT YÖRESİ FELDSPATLARININ KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI

Sezgin AKSAN



Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğince

Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Tasarlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. İskender IŞIK

Eylül - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Sezgin AKSAN'IN tarafından hazırlanan "PORSELEN KARO BÜNYESİNDE AYDIN ÇİNE BÖLGESİ SODYUM FELDSPATININ YERİNE ÇANKIRI KALFAT YÖRESİ FELDSPATLARININ KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI" adlı tez çalışması, aşağıda belirtilen jüri tarafından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek OY BİRLİĞİ ile Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

20/09/2019

Prof. Dr. Önder UYSAL
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. İskender IŞIK
Anabilim Dalı Başkanı, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. İskender IŞIK
Danışman, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

Sınav Komitesi Üyeleri

Prof. Dr. İskender IŞIK
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Prof. Dr. Taner Kavas
Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Afyon Kocatepe Üniversitesi

Doç. Dr. Rasim Ceylantekin
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Kütahya Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığımı ve benzerlik oranının %.24 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.



Prof. Dr. İskender IŞIK



Sezgin AKSAN

**PORSELEN KARO BÜNYESİNDE AYDIN ÇİNE BÖLGESİ SODYUM FELDSPATININ
YERİNE ÇANKIRI KALFAT YÖRESİ FELDSPATLARININ
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Sezgin AKSAN

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2019

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İskender IŞIK

ÖZET

Bu çalışmada porselen karo reçetelerinde kullanılan Aydın – Çine Bölgesi Sodyum Feldspatının yerine, sırası ile %5, %10,%15,%20 ve %25 oranlarında Çankırı – Kalfat Yöresi Feldspatı kullanılmıştır. Hazırlanan reçeteler öğütülmüş, çamur halinde yoğunluk ve elek bakiyeleri ölçülmüştür. Kurutulan çamurlar toz haline getirilip porselen karo üretiminde uygun olan %5,5 granül nem içeriğine getirilmiştir. Granüller laboratuvar presinde 460 kg/cm² spesifik basınç ile şekillendirilmiştir. Numunelerin porselen karo üretim şartlarında pişirimleri yapılmıştır.

Pişmiş numunelerin küçülme yüzdesi, eğilme dayanımı, su emme ve renk değerleri ölçülmüştür. Çalışmada Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının oranı arttıkça aynı öğütme sürelerinde çamur tane boyutunun arttığı, pişmiş numunelerin küçülme yüzdesinin arttığı, eğilme dayanımının düştüğü, su emme değerlerinin yükseldiği ve beyazlığının da azaldığı görülmüştür. Ölçülen değerlerin standart numuneye göre değişimine rağmen, tüm değerler TSE standartları içinde kalmaktadır ve Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı'nın kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatlarının Aydın-Çine Bölgesi Sodyum Feldspatının yerine ağırlıkça %25 oranında kullanımı porselen karo hammadde maliyetini %11,1 azaltıp, tahmini yıllık 25 milyon TL tasarruf sağlanmış olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Aydın-Çine, Çankırı-Kalfat, Feldspat, Porselen karo.

**INVESTIGATION OF USAGE OF ÇANKIRI KALFAT REGION FELDSPARS
INSTEAD OF AYDIN ÇİNE SODIUM FELDSPAR IN THE PORCELAIN TILE BODY**

Sezgin AKSAN

Materials Science and Engineering Department, M. Sc. Thesis, 2019

Thesis Supervisor: Prof.Dr. İskender IŞIK

SUMMARY

In this study, the Çankırı Kalfat Region Feldspar is used %5, %10, %15, %20 and %25 instead of Aydın Çine feldspars in porcelain tile body receipt. The sieve residue and density of the prepared slips were measured. After drying the slips, they were moistened to %5,5, that is suitable for porcelain tile production. Prepared granules were pressed in laboratory press with a specific pressure of 460 kg / cm². Pressed samples were fired in the porcelain tile production kiln.

Fired shrinkage, fired strength, water absorption and color changes were measured. Increase of the Kalfat Feldspars quantity was increased the sieve residue in the same milling time, increased the fired shrinkage, increased the water absorption and decreased the whiteness. Although all measured values are different from the standard sample, all values are within the TSE standards. And it is found that the Çankırı Kalfat Region Feldspars are usable.

It is concluded that, utilizing 25% Çankırı Kalfat Feldspar instead of Aydın Çine Feldspar decreases the raw material cost 11,1% for the porcelain tile body, saving 25 million TL per year for a company located nearby.

Keywords: Aydın-Çine, Çankırı-Kalfat, Feldspar, Porcelain Tile

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım esnasında verdiği destek için danışmanım Prof. Dr. İskender IŞIK'a, deneysel çalışmalarımı yaptığım Söğütsen Seramik Çankırı Kurşunlu Fabrikası çalışanlarına, bu süreçte büyük fedakarlık gösteren eşim Sinem AKSAN'a ve kızlarım Simge, Öykü ve Yaz'a teşekkür ederim.

Sezgin AKSAN



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Ürün Uygulamaları Esasına Göre Seramik Hammaddelerinin Seçimi	1
1.1.1. Sanayi ve yerleşim yeri yapı ürünleri.....	2
1.1.2. Vitrifiye (Whiteware).....	3
2. DÜNYA SERAMİK KAPLAMA MALZEMELERİ SEKTÖRÜ	9
3. FELDSPAT	14
3.1. Feldspat'ın Tanımı	14
3.1.1. Feldspatların fiziksel özellikleri.....	15
3.1.2. Feldspatların bulunuş şekilleri	15
3.2. Feldspat'ın Zenginleştirilmesi.....	16
3.3. Dünyada Durum	17
3.3.1. Rezervler	17
3.3.2. Üretim	18
3.3.3. Tüketim	18
3.4. Türkiye'de Durum.....	19
3.4.1. Rezervler	19
3.4.2. Üretim	19
3.4.3. Tüketim	20
3.4.4. İhracat - İthalat	20
4. PORSELEN KAROLAR	22
4.1. Porselen Karoların Teknik Özellikleri.....	23
4.2. Porselen Karo Çeşitleri ve Kullanım Alanları.....	24
4.2.1. Boyut.....	25
4.2.2. Kullanım alanları.....	25
4.2.3. Porselen karo çeşitleri	26

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.3. Porselen Karo Bünye Kompozisyonları.....	29
4.4. Porselen Karo Üretim Prosesi	33
4.4.1. Harmanlama	34
4.4.2. Öğütme.....	35
4.4.3. Gövde renklendirme.....	35
4.4.4. Püskürtmeli kurutma	36
4.4.5. Püskürtmeli kurutulmuş tozların regranülasyonu	36
4.4.6. Presleme	38
4.4.7. Kurutma	39
4.4.8. Dekorasyon	39
4.4.9. Fırınlama	40
4.4.10. Kalite ayırımı	42
4.4.11. Parlatma ve kareleme	43
4.5. Temel Teknolojik Parametreler	44
5. MATERYAL VE METOD	47
5.1. Reçete ve Kullanılan Hammaddeler.....	47
5.1.1. Kimyasal analiz.....	47
5.1.2. Mineralojik analiz	48
5.2. Çamur Hazırlama	48
5.2.1. Yoğunluk ölçümü	48
5.2.2. Elek bakiyesi ölçümü	49
5.3. Granül Hazırlama	49
5.4. Şekillendirme ve Kurutma	50
5.5. Pişirme	51
5.5.1. Pişme küçülmesi ölçümü	51
5.5.2. Pişmiş eğilme dayanımı ölçümü	51
5.5.3. Su emme değeri ölçümü.....	52
5.5.3. Renk değeri ölçümü	53
5.5.4. Mikroyapı analizi	53
6. BULGULAR.....	54
6.1. XRF Analizi Sonuçları	54
6.2. XRD Analizi Sonuçları	54
6.3. Yoğunluk ve Elek Bakiyesi Ölçümü Sonuçları	56
6.3. Pişme Küçülmesi Ölçümü Sonuçları	56
6.4. Pişmiş Eğilme Dayanımı Ölçümü Sonuçları.....	56
6.5. Su Emme Değeri Ölçümü Sonuçları	57

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
6.6. Renk Değeri Ölçümü Sonuçları	57
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	58
7.1. Genel Sonuçların Değerlendirilmesi	58
7.2. Öneriler	67
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	68
ÖZGEÇMİŞ	



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Aydın/Çine – Çankırı/Kurşunlu arası karayolu mesafesi Ölçek: 1/200 000.....	5
1.2. Çankırı/Kurşunlu İlçesi Kalfat feldspat ruhsat sahası yeri.....	6
1.3. Çankırı İli Orta İlçesi Kalfat feldspat ruhsat sahası uydu görüntüsü.	7
1.4. Çankırı/Kurşunlu – Kalfat karayolu mesafesi (Yaklaşık 35 km).	7
2.1. Seramik kaplama malzemeleri dünya üretimi.....	9
2.2. Dünya seramik kaplama malzemeleri tüketimi.....	11
2.3. 2011 Yılı dünya seramik kaplama malzemesi ihracatı ülke payları.....	11
2.4. Yıllara göre dünya seramik kaplama malzemesi ihracatı.....	12
2.5. 2011 Yılı dünya seramik kaplama malzemesi ithalatı (milyon m ²).....	13
3.1. Alkali feldspatlar ve plajiyoklaz feldspatların adlandırılması.....	15
3.2. Feldspat Flotasyonu akım şeması.....	17
4.1. Günümüzde üretilen büyük boyutlu seramikler ve standart küçük boyutlu seramiklerin ölçekli gösterimi.....	25
4.2. Uygulama alanlarına göre porselen karoların yüzey özellikleri.....	26
4.3. Mermer görünümlü 30cmx60 cm porselen karo örneği.....	27
4.4. Karo tiplerinden bazıları	28
4.5. Farklı tipte porselen karolar için beklenen gelişme trendleri.....	28
4.6. Porselen karo üretiminde kullanılan hammaddelerin fiziksel ve kimyasal karakteristikleri	31
4.7. Yukarıda tanımlanan hammaddeleri kullanarak muhtemel porselen karo bileşenleri.....	32
4.8. Aşağıdaki gövde kompozisyonlarını gösteren SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -(K ₂ O+Na ₂ O) üçlü diyagramı ...	33
4.9. Porselen karo farklı ürün tipleri için üretim akış şeması.....	33
4.10. Farklı porselen karo tiplerinin muhtemel üretim akışlarını gösteren blok diyagramı	34
4.11. Porselen granito, makro granito ve dekorlu karoların üretimi için fabrika çizimi	35
4.12. Granül depolama siloları	37
4.13. Hidrolik pres	38
4.14. Porselen karolar için fırınlama eğrisi	41
4.15. Tek katlı yüksek sıcaklık rulolu fırın.....	42
4.16. Kalite ayırım hattı	43
4.17. Öğütme, fırınlanmamış hacimsel yoğunluk ve fırınlamanın karo vitrifikasyonuna ne derece etkilediğini gösteren diyagram.....	45
4.18. Farklı pigmentler ve renklendirici oksitlerle renklendirilmiş gövdeler için vitrifikasyon eğrileri	46
4.19. Farklı fırınlama sıcaklıklarında eğme mukavemeti, küçülme ve su emme değişimleri	46

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Laboratuvar tipi jet değirmen.....	48
5.2. Piknometre kabı	49
5.3. Laboratuvar tipi pres	50
5.4. Şekillendirilmiş numunelerin fotoğrafları.....	50
5.5. Pişirilmiş numunelerin fotoğrafları	51
5.6. Eğilme dayanımı ölçüm cihazı.....	52
5.7. Su emme ölçüm cihazı.	53
6.1. Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı XRD analizi (A=Albit, K=Ortoklas, Q=Kuvars)	55
6.2. Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı XRD analizi (A=Albit, Q=Kuvars).....	55
7.1. Denemelerin katılan Kalfat Feldspatı oranlarına göre yoğunluk değişim grafiği	58
7.2. Denemelerin katılan Kalfat Feldspatı oranlarına göre aynı öğütme süresinde 63 mikron elek bakiyesi değişim grafiği	59
7.3. Denemelerin katılan Kalfat Feldspatı oranlarına göre % pişme küçülmesi değişim grafiği	60
7.4. Denemelerin katılan Kalfat Feldspatı oranlarına göre pişmiş eğilme dayanımı değişim grafiği.....	60
7.5. Numunelerin katılan Kalfat Feldspatı oranlarına göre % su emme değişim grafiği	61
7.6. Standart reçete SEM görüntüsü.....	62
7.7. Reçete 2 (%10 Kalfat Yöresi Feldspatı içeren) SEM görüntüsü.....	62
7.8. Reçete 3 (%15 Kalfat Yöresi Feldspatı içeren) SEM görüntüsü.....	63
7.9. Reçete 4 (%20 Kalfat Yöresi Feldspatı içeren) SEM görüntüsü.....	63
7.10. Reçete 5 (%25 Kalfat Yöresi Feldspatı içeren) SEM görüntüsü	64
7.11. Denemelerin L, a, b değişim değerleri grafiği.....	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Dünya seramik kaplama malzemeleri üretiminde ilk 10 ülke (Milyon m ²)	10
2.2. 2011 Yılı dünya seramik kaplama malzemesi ihracat değeri ve % payı	12
3.1. Dünya feldspat rezervleri	17
3.2. Dünya feldspat üretimi	18
3.3. Rezerv tespiti yapılmamış ancak bilinen oluşumlar	19
3.4. Türkiye'nin feldspat üretiminin yıllara göre dağılımı	20
3.5. Türkiye'nin feldspat ihracatının yıllara göre dağılımı	20
3.6. Türkiye'nin feldspat ihracaatının ülkelere göre dağılımı	21
3.7. Feldspat ithalatının yıllara göre dağılımı	21
4.1. ISO B1a standartlarına göre porselen karolar. Standartta istenilen değerler ve güncel üretim değerleri gösterilmektedir	24
5.1. Hazırlanan reçetelerin hammadde oranları	47
5.2. Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı ve Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının kimyasal analiz sonuçları	47
6.1. Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı ve Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının toplam ergitici oksit miktarı	54
6.2. Hazırlanan reçetelerin öğütme süresi, yoğunluk ve elek bakiye değerleri	56
6.3. Hazırlanan reçetelerin pişme küçülmesi değerleri	56
6.4. Reçetelerden hazırlanan karoların pişmiş eğilme dayanımı değerleri	57
6.5. Reçetelerden hazırlanan karo örneklerinin su emme değerleri	57
6.6. Reçetelerden hazırlanan karo örneklerinin L, a, b değerleri	57
7.1. Kullanılan hammaddelerin kuru birim fiyatları	65
7.2. Standart ve deneme reçetelerin maliyet analizi	66

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
An	Anortit
Na	Sodyum
K	Potasyum
Or	Ortoklaz
\$	Amerikan Doları

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
AB	Avrupa Birliği
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
SEM	Scanning Electron Microscope
USD	United States Dolar
XRF	X Ray Fluorescence
XRD	X Ray Diffraction

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı; Çankırı ili, Kurşunlu İlçesi'nde bulunan, üretim kapasitesi ve çalışan sayısı ile Türkiye'nin en büyük seramik kaplama fabrikalarından biri olarak planlanan, Söğütsen Seramik Çankırı Kurşunlu Fabrikası'nda, üretimde kullanılan Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatının yerine, fabrika yakınlarında bulunan Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatlarının kullanılabilirliğini araştırmaktır.

Bugüne kadar Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatları'nın karakterizasyonu, nitelik ve nicelikleri ile alakalı bir çalışma yapılmamıştır.

Seramik endüstrisinin hammadde tabanı geniş olup; mineral ürünleri ve cevherlerinden çok saf kimyasal maddelere göre sıralanırlar. Bu malzemelerin kullanımları; yapı malzemeleri, vitrifiye ve refrakterler gibi geleneksel endüstri ve elektronikler gibi daha yeni yüksek teknoloji endüstrisindeki uygulamaları kapsar. Kullanılan hammaddelerde, her ne kadar amaç kriteine uyumluluk aranır da, başlıca fiyat ve sağlanabilirlik, kullanım alanlarındaki seçimleinde esastır. Bu kriterler; minimum maliyetle yüksek randımanlı üretim metoduyla, son ürün özellikleri piyasaca kabul edilebilirliğini başarmakla bağlantılıdır. Seramik üreticileri için önemli hammaddelerin ulusal ve uluslararası ticaretinin açık bir modeli vardır. Fakat önemli miktarda yerli hammadde esas kaynaktır ve üreticiler tarafından proses için öncelikle düşünülen ilk hammaddedir. Bu durum yerli kaynak ve prosesin normlaştığı yapı ürünleri sektöründe ve kimyasal prekürsörden (precursors) itibaren seramik malzemeleri üretmeyi tercih eden bazı kullanıcıların ileri teknoloji uygulamalarında bizzat gerçekleşmektedir.

Bütün hallerde şirketler ürünlerini geliştirmek veya günümüze ilaveler yapmak ve böylece market ihtiyaçlarına cevap vermek için aktiftirler. İleri teknoloji uygulamalarında ise aktif ve yoğun akademik araştırmayla bu gerçekleştirilebilmektedir.

Bu bilgiler günümüzdeki kullanımlarıyla ekonomik olarak çok önemli olan hammaddelerin geniş bir görüntüsünü sunar. Aynı zamanda, muhtemelen ileride karşılaşılabilecek ekonomik olarak yaygınlaşacak hammadde teknolojilerine değinir.

1.1. Ürün Uygulamaları Esasına Göre Seramik Hammaddelerinin Seçimi

Seramiklerde kullanılan hammaddelerin hepsi doğada kendilerinin birincil kökenine sahiptirler. Bazı hammaddeler doğal haliyle seramik ürünlere katılırlar. Bazıları ise kullanılmadan önce istenilmeyen safsızlıkları uzaklaştırılıp zenginleştirilmek için işlemden geçirilmelidir. Genel olarak, tuğla, beton refrakterler vs. gibi büyük tonajlı ürünlerin hammaddeleri kullanılmadan önce

çok az veya hiç işlem gerektirmez. Fakat elektronik cihazlardaki seramikler, seramik kesiciler veya optik camlar gibi düşük tonajlı seramik ürünlerin hammaddeleri çok geniş zenginleştirme gerektirir. Bu, hem ekonomik düşünmenin ve hem de mamuldeki gerekli spesifikasyonların bir sonucudur. Günümüzdeki eğilim ise; büyük tonajlı uygulamalar da dahil olmak üzere bütün hammaddelerin zenginleştirilmek için ilave bir işlemden geçirilmesi dorultusundadır. Bunun iki nedeni var: Birincisi, seramik ürünlerin özelliklerine uygulanan daha fazla sınırlayıcı ve kısıtlayıcı spesifikasyonların gerekliliklerinden dolayıdır. İkincisi, en iyi doğal hammadde yataklarının azalmasından dolayıdır.

1.1.1. Sanayi ve yerleşim yeri yapı ürünleri

Dünyadaki çoğu ülkelerde, doğal olarak oluşmuş kil mineralleri hammaddelerinin plastikleştirilerek şekillenmesiyle oluşan yaş bünyesinin (greenware) tünel veya fasıllı fırınlarda 900 ile 1100°C de pişirilmesiyle tuğla, kiremit ve drenaj boruları yapılır. Bu ürünlerin taşınması gereken özellikler genellikle bölgesel yapı yönetmelikleri tarafından belirlenmektedir. Tuğla ve kiremitlerin yapı stillerindeki yönelmeleri yerine getirmek gibi bir zorunluluğu vardır. Bu bakımdan renk ve yüzey yapısının (dış yüzey) estetik görüntüsü geçerli ürünler imal etmek söz konusudur. Bu kil ürünleri için Avrupa'da çok büyük bir pazar vardır. Fakat, hemen hemen çoğu fabrikalar killeri kendi yakın yörelerinden veya ülkelerinden temin ettiklerinden, kullanılan hammadde ile ilgili bir parasal değer vermek zordur.

Hiçbir kil yatağı diğerine benzemez. Başka bir deyişle; bir kil yatağının fiziksel ve kimyasal özellikleri kendine has özellikler taşır ve bir diğer yatakla farklılıklar gösterir. Tipik bir kil yatağı ana kısım olarak saf olmayan kaolinit ve birlikte değişebilir oranlarda diğer mineralleri (silis, mika/illit, feldspat, dolomit, kalsiyum sülfat ve kalsiyum karbonat) içerir. Ayrıca, çoğu yapı killeri, geçiş elementleri (demir, pirit ve hematit gibi), önemli miktarda karbon ve jeolojik oluşumları esnasında sedimentler killerde tutulmuş bitkilerin kısmi bozulmasından oluşan diğer organik maddeleri içerir. Bu kompleks mineral topluluğu, bugünkü modern, yüksek randımanlı ve otomatikleşmiş tuğla-kiremit (boru dahil) fabrikalarında verim, ürün özellikleri ve toplam üretim maliyetleri bakımından hedefleri yakalayabilmesi için proses edilmelidir. Bir kil feedstock'unun uyumluluğu, sondaj programıyla önceden kimyasal, mineralojik ve fiziksel karakterizasyonu saptanan bir ocaktan gelen kilin, kontrollü madenciliği ile belirlenir. Çıkarılan kil, her fabrikaya gerekli 6 ile 12 aylık miktarlar halinde stoklanır.

Tarihsel olarak, her ne kadar kil yatakları bazı safsızlıklarca sebep olunan pişme rengi ve görüntü esasına göre çoğunlukla seçildiyse de, çoğu fabrikalar çok az proses katkı malzemeleri ile (additive) çalışmıştır. En önemli katkı maddeleri ya topaklaştırıcı (floculants) veya

deflocculants ve ıslaklaştırıcı madde olarak işlenebilirliği (workability) ve yaş mukavemeti (green strength) iyileştiren lignosülfonatlar gibi proses yardımcılardır. Ayrıca boyalar, köpük oluşmasını önleyiciler ve ürün görüntüsünü iyileştiren bileşikler gibi katkı maddeleri de bu kapsamda sayılabilirler. Bu pazarda önemli sayıda tescilli sistemler de vardı. Bunlar:

Bünye boyaları ve beyazlatıcılar: Öğütülmüş piroluzit (mangan oksit), hematit, kromit (demir kromit), kalsiyum karbonat, çinko oksit ve titan.

Yüzey boyaları: Doğal ve sentetik demir oksit ve çinko oksit pigmentleri.

Köpük oluşmasını önleyici bileşikler: Yaş tuğladaki serbest sülfatı dengeler ve kuruma esnasında tuğla yüzeyine kalsiyum sülfatın hareketini minimize eden baryum karbonat

Yapı ürünleri katkı maddeleri pazarı, maliyet, ürün dizaynı ve çevre baskılarına maruz kalırken büyümeye devam edeceği sanılmaktadır. Üretimi arttıran, ürünü iyileştiren, fabrika bakımını azaltan, müşteriye istenen stillere yönelmeyi sağlayan ve sülfür dioksit yayılmasını azaltan veya kontrol eden katkıları, uluslararası ölçekte yararlıdır.

1.1.2. Vitrifiye (Whiteware)

Vitrifiye sektörü saniteri (sanitaryware), duvar ve yer karoları ve sofraya gereçlerinden (tableware) oluşur. Her ne kadar yüksek kaliteli sofraya gereçleri ve duvar karoları uluslararası pazarda sahipse de; başlıca üretim ülkelerin (veya bölgelerin) sağlanabilir hammaddelerini kullanarak bölgesel ihtiyaçları karşılamaktan oluşur. Bu endüstri için hammaddeler üç ayrı kategoride ele alınır.

Bisküvi ve masse malzemeleri (body materials)

Sır malzemeleri (glaze materials)

Dekorasyon ve renk sistemleri.

Bisküvi (veya masse) malzemeleri; başlıca beyaz pişen kaolinitik killerle birlikte 900 ile 1300°C de bisküviyi vitrifiye hale getiren uygun fluxlara dayanır. Bütün malzemeler ulusal ve uluslararası müşterilere pazarlanır. Her nihai ürün, özel bir kullanım için uygunluğunu garantileyen belirli spesifikasyonlara göre piyasaya sunulur.

Sır sistemleri; cam oluşturan sistemlere, opaklaştırıcılara ve sır renklerine dayanır. Sır sistemleri aşağıda bazıları belirtilen müşteri isteklerini yerine getirmeyi amaçlar.

Uygulama metodları.

Bisküvi sistemine fiziksel ve kimyasal uygunluk.

Kullanımda ve temizleme/yıkama esnasında iyi dayanıklılık.

Sofra eşyalarındaki yiyeceklere zehirli elementleri düşük miktarda bulaştırması.

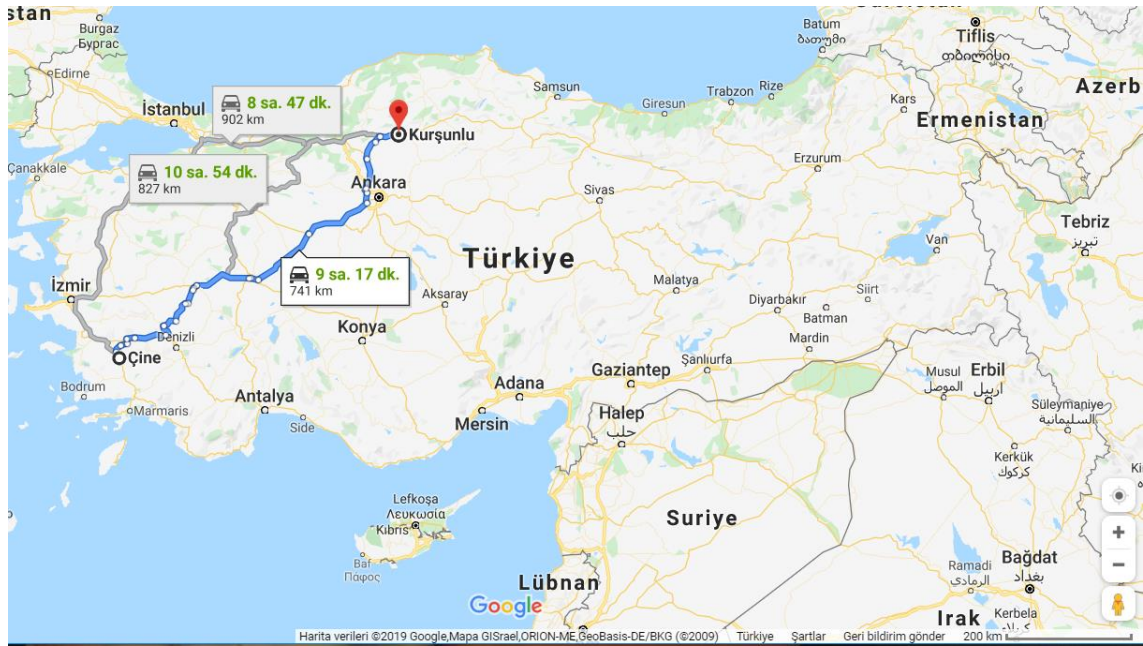
Parlaklık, düzlük ve hatasız estetik görüntüye sahip olması.

Dekorasyon ve renk sistemleri; sıraltı, sır içi veya sır üstü uygulanabilir. Bunlar, alt tabaka ve sır ile yüksek sıcaklıkta pişirmede fiziksel ve kimyasal olarak uyumlu olmalıdır. Aynı zamanda tüketicilerin normal kullanım işlevlerine dayanıklı olmalıdır.

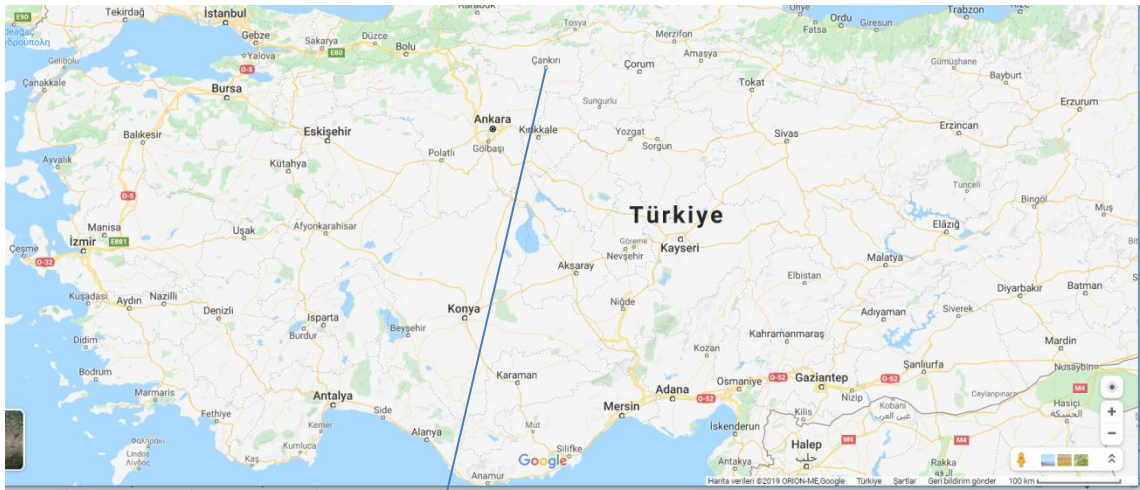
Bu sektöre hammadde sağlanması milyonlarca dolarlık bir işdir. Bünye sistemleri için ana hammaddeler Çin kili, ball clay, kuvars, nefelin siyenit, feldspatlar, kemik külü ve sentetik fluxlardır. Diğer taraftan cam fritler (kurşun, bor ve silisten hazırlanmıştır) ve millenmiş zirkon başlıca opaklaştırıcı sır hammaddeleridir. Zirkon tozu (zirconia) renk dağılımı sağlayan sentetik spineller ve sfenlerle (sphene- CaTiSiO_5) beraber zirkon renkler için esastır.

Hammaddeler için pazar batıda yavaş artmaktadır, fakat 3. Dünya ülkeleri yaşam standartlarını arttırdığından dolayı potansiyel olarak karlı pazarlar sunarlar. Hammadde üreticilerini etkileyecek önemli faktörler; endüstri içerisinde meydana gelecek teknolojiksel değişimlerdir. Bu değişiklikler, maliyet, kalite ve çevresel baskılarla ilgilidir. Endüstri hızlı ve daha otomatik fabrikasyon tekniklerini (örneğin mutfak gereçleri için spreyle kurutulmuş bünye formülasyonunun izopreslenmesi ve sıhhi tesisat için basınçlı slip casting) adapte ederek ve hızlı pişirme teknolojilerini geliştirerek (ve araştırarak) maliyet ve kalite parametrelerine hitap eder. Bu arada kurşun ve kadmiyum gibi zehirli elementleri kontrol etme teşebbüsleri artarak önem kazanmaktadır (Işık, 2004: 54-58).

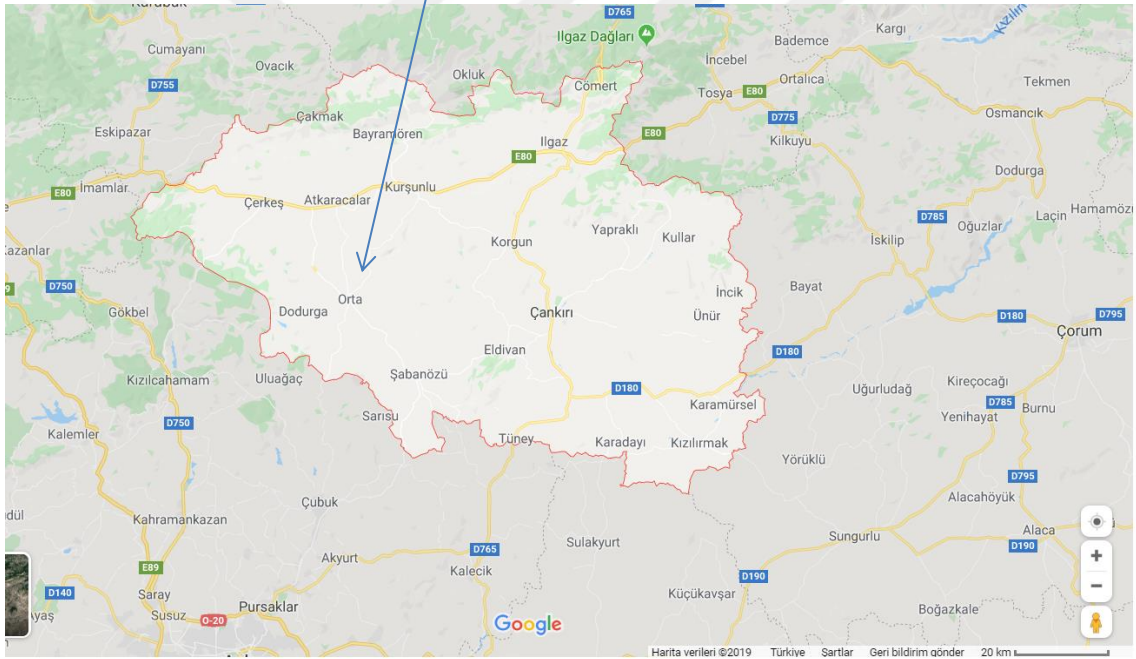
Porselen karo üretiminde kullanılan hammaddelerin hammadde bedellerinin yanısıra, nakliye bedelleri de büyük önem taşımaktadır. Porselen karo üretimi için kurulan fabrikalar genel itibari ile hammadde yakınlığı üretim maliyetleri için önemlidir. Çankırı Kurşunlu ilçesinde faaliyetini yürütmekte olan Söğütsen Seramik Çankırı Kurşunlu Fabrikası'nda %48 oranında kullanılmakta olan Aydın-Çine Bölgesi sodyum feldspatları yaklaşık 750 km (Şekil 1.1) mesafeden karayolu ile taşınmaktadır. Porselen karo üretimindeki hammadde maliyetini düşürmek adına, şirketin kendi ruhsatlı sahasında bulunan (Şekil 1.2 ve Şekil 1.3) ve fabrikaya yaklaşık 35 km (Şekil 1.4) mesafede bulunan Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı reçete içerisinde farklı oranlarda denenmiştir. Kalfat ve Çine Bölgeleri'nin fabrikaya olan mesafesine bakıldığında nakliyede tahmini %95 tasarruf söz konusu olacaktır.



Şekil 1.1. Aydın/Çine – Çankırı/Kurşunlu arası karayolu mesafesi. Ölçek: 1/200 000 (yaklaşık 750 km'dir) (<http://www.maps.google.com>).

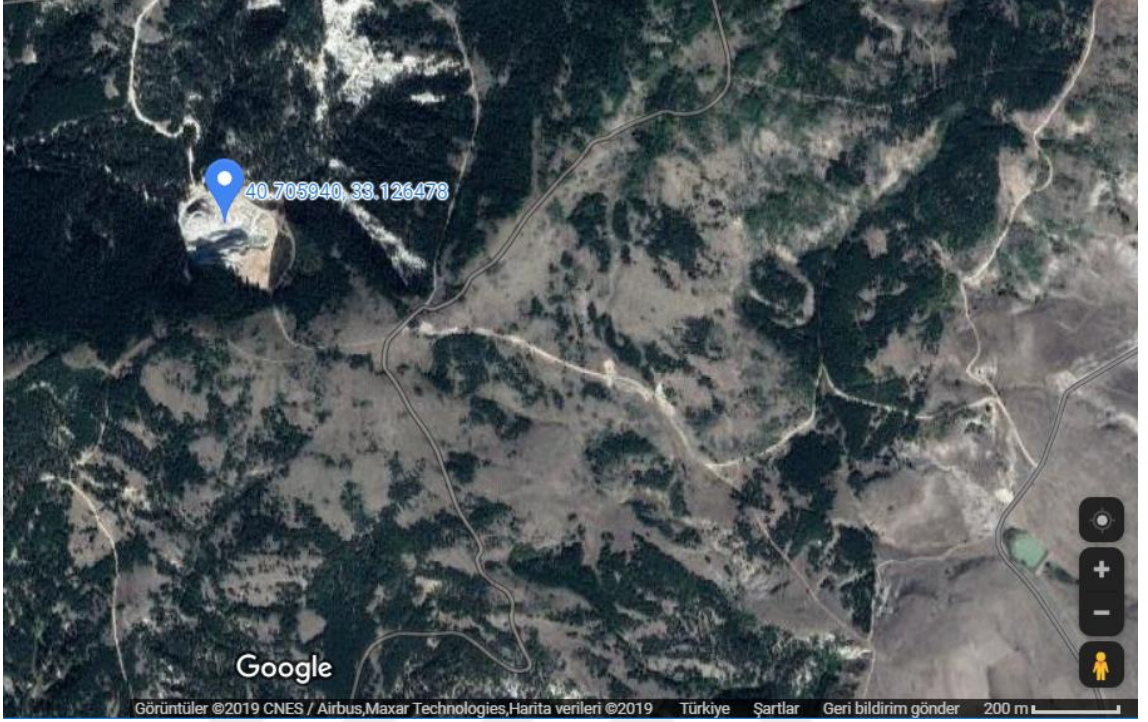


a

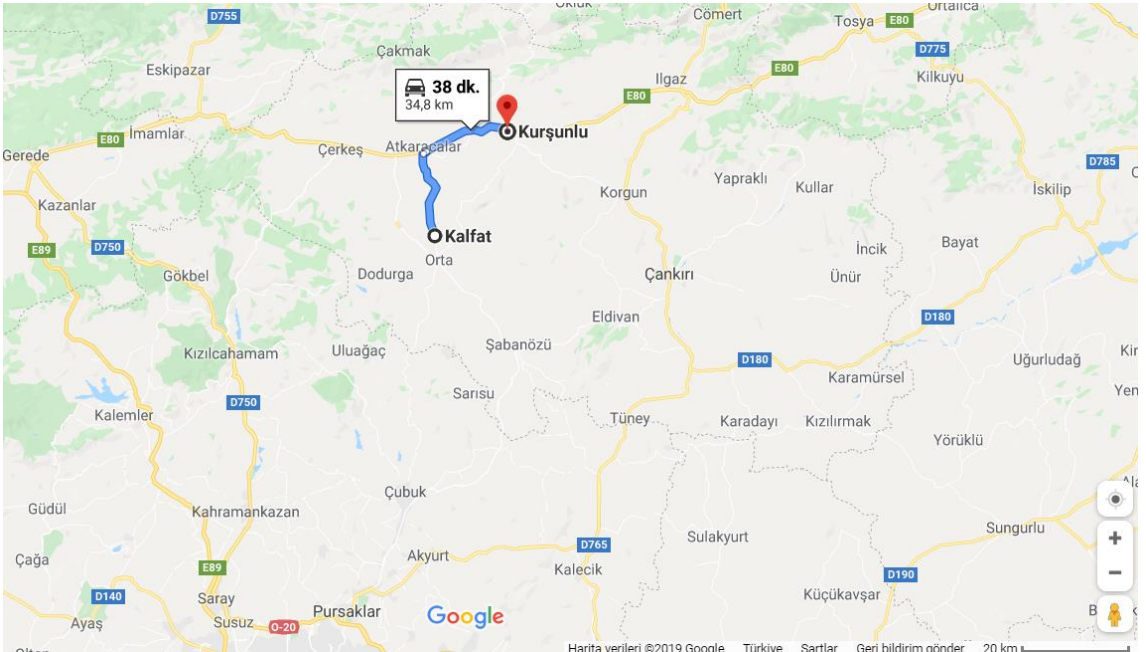


b

Şekil 1.2. Çankırı/Kurşunlu İlçesi Kalfat feldspat ruhsat sahası yeri (<http://www.maps.google.com>). Ölçek a : 1/100 000, Ölçek b: 1/20 000.



Şekil 1.3. Çankırı İli Orta İlçesi Kalfat feldspat ruhsat sahası uydu görüntüsü. Ölçek 1/200 (http://www.maps.google.com).



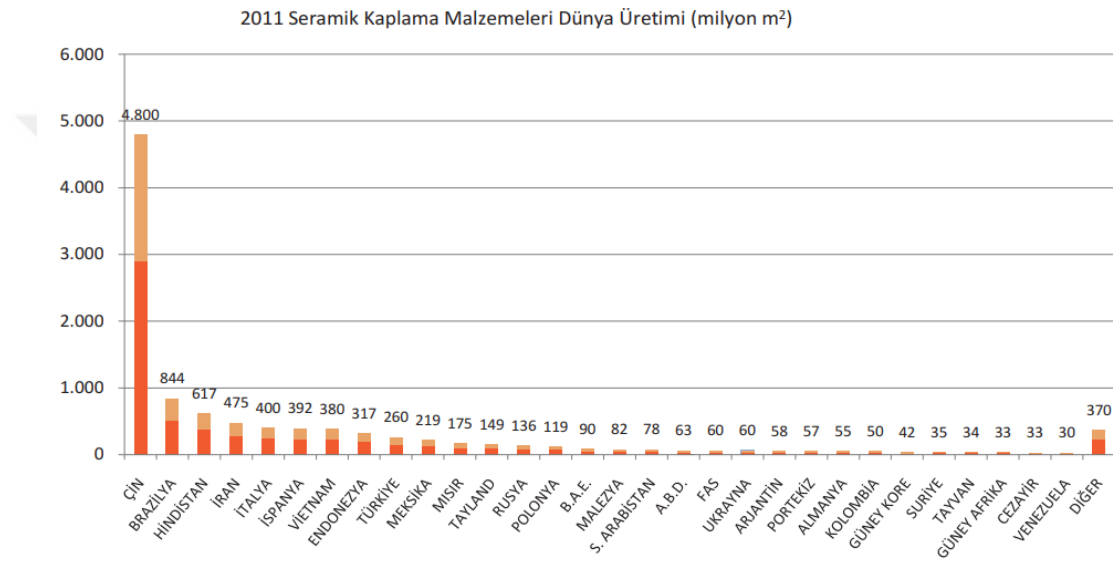
Şekil 1.4. Çankırı/Kurşunlu – Kalfat karayolu mesafesi (Yaklaşık 35 km). Ölçek: 1/20 000 (http://www.maps.google.com).

Bu çalışmanın başlangıcında, iki farklı hammaddenin kimyasal analiz değerleri XRF cihazı ile ölçülmüş, XRD cihazı ile mineralojik analizleri yapılmış, 5 farklı oranda işletme reçetesinde kullanılmış; yoğunluk, 63 mikron elek bakiyesi, pişme küçülmesi, pişmiş eğilme dayanımı, su emme ve renk değerlerine bakılmış ve işletmenin kullandığı reçetedeki sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Aynı zamanda, hem işletme standart reçetesinin hem de tüm deneme reçetelerin SEM görüntüleri çekilmiştir.

Bu çalışmanın sonucunda, 750 km yerine 35 km yakındaki bir hammaddenin, işletmenin ve rakip firmaların kalite kriterlerinin altına düşmeden maksimum oranda kullanılabilirliği, bunun sonucunda hammadde maliyetlerindeki düşüş tespit edilmiştir. Mevcut şartlarda maksimum kullanım belirlenmesine rağmen, önerilen bazı şartlardaki değişimler ile kullanım miktarının da artabileceği konusu da değerlendirilmiştir.

2. DÜNYA SERAMİK KAPLAMA MALZEMELERİ SEKTÖRÜ

2010 yılında 9,546 milyar m² olan dünya seramik kaplama malzemeleri üretimi, hemen hemen tüm kıtalardaki üretim artışı ile 2011 yılında 10,512 milyar m²'ye çıkmıştır. Bu üretimin % 68,3'ü Asya kıtasında, % 16'sı Avrupa kıtasında, % 12,7'si Amerika kıtasında gerçekleşmiştir. Üretimde tek düşüş yaşanan kıta ise Afrika kıtasıdır. 2011 yılı seramik kaplama malzemelerinin ülkeler bazında üretim miktarları Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Seramik kaplama malzemeleri dünya üretimi (T.C. Kalkınma Bakanlığı Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) Seramik Çalışma Grubu Raporu, 2015).

Çin 4 800 milyon m² üretim ile dünya üretiminin %45,7'sini gerçekleştirerek dünya seramik kaplama malzemeleri üretiminin birinci sırasında yer almaktadır. Çin'i sırasıyla Brezilya, Hindistan ve İran takip etmektedir. Türkiye ise 260 milyon m² üretimi ile 9. sırada yer almıştır. Türkiye'nin dünya üretiminde payı %2,5'dir. Dünya seramik kaplama malzemeleri üretiminde ilk 10 ülke ve üretimdeki payları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Dünya seramik kaplama malzemeleri üretiminde ilk 10 ülke (Milyon m²). (T.C. Kalkınma Bakanlığı Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) Seramik Çalışma Grubu Raporu, 2015).

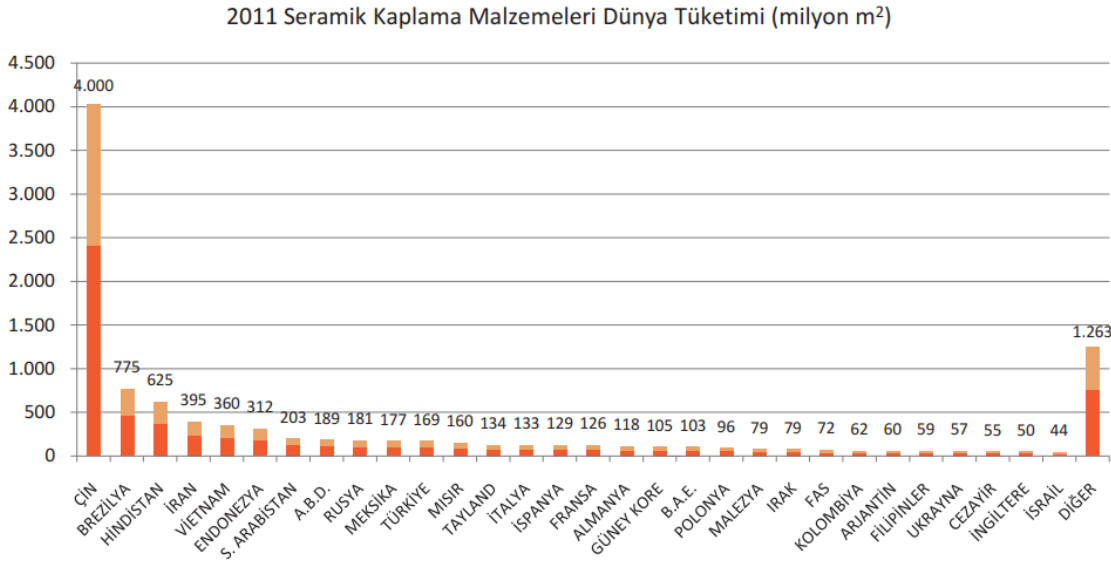
ÜLKE	2007	2008	2009	2010	2011	2011 Dünya Üretiminden Aldığı Pay(%)	2011/2010 Değişim Oranı (%)
ÇİN	3.200	3.400	3.600	4.200	4.800	45,7	14,3
BREZİLYA	637	713	715	753	844	8,0	12,1
HİNDİSTAN	385	390	490	550	617	5,9	12,2
İRAN	250	320	350	400	475	4,5	18,8
İTALYA	559	513	368	387	400	3,8	3,2
İSPANYA	585	495	324	366	392	3,7	7,1
VİETNAM	254	270	295	375	380	3,6	1,3
ENDONEZYA	235	275	278	387	317	3,0	10,6
TÜRKİYE	260	225	205	245	260	2,5	6,1
MEKSİKA	215	223	204	210	219	2,1	4,3

Dünya seramik kaplama malzemeleri tüketimi 2011 yılında % 10,2 artış göstererek 10 370 milyon m² olarak gerçekleşmiştir. Tüketimde tek düşüş % 2,1 ile AB'de görülmüştür. 2011 yılı dünya seramik kaplama malzemeleri tüketimi Şekil 2.2'de verilmiştir.

Dünya tüketiminin % 66'sı 6 844 milyon m² ile Asya kıtasında gerçekleşmiştir. Asya kıtasında dünya üretiminin % 68'i gerçekleşmektedir. Avrupa ise dünya üretiminin % 16'sını karşılarken, dünya tüketiminin % 14'ü Avrupa'da gerçekleşmiştir.

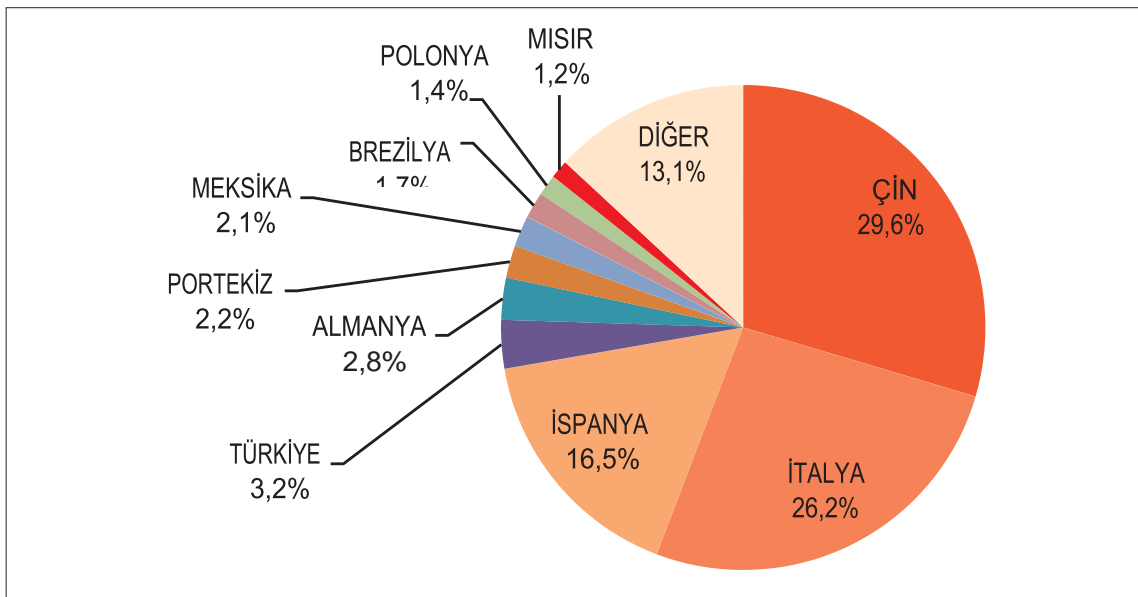
Çin 4 000 milyon m² ile dünya seramik kaplama malzemeleri tüketiminde ilk sırada yer almaktadır. Çin'i üretimde olduğu gibi yine sırasıyla Brezilya, Hindistan ve İran takip etmektedir. Türkiye ise 169 milyon m² tüketim ile 11. sırada yer almaktadır.

Asya dünya üretiminin %68'ini, dünya tüketiminin ise %66'sını karşılarken; Avrupa dünya üretiminin %16'sını, dünya tüketiminin %14'ünü; Amerika üretimin %13'ünü, tüketimin %14,6'sını; Afrika ise üretimin %3'ünü, tüketimin %5,5'ini karşılamaktadır. Türkiye'de ise dünya üretimin % 2,5'i , tüketimin ise % 1,6'sı gerçekleşmektedir.



Şekil 2.2. Dünya seramik kaplama malzemeleri tüketimi (T.C. Kalkınma Bakanlığı Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) Seramik Çalışma Grubu Raporu, 2015).

Dünya seramik kaplama malzemesi ihracatı 2011 yılında 2 130 milyon m² ve 16 milyar ABD Doları olarak gerçekleşmiştir. Tüm kıtalarda ihracat artışı gerçekleşirken, Afrika kıtasında ihracat %40 azalmıştır. Dünya seramik kaplama malzemesi ihracat miktarına göre ülke payları Şekil 2.3’de, ihracat Çizelge 2.2’de verilmiştir.

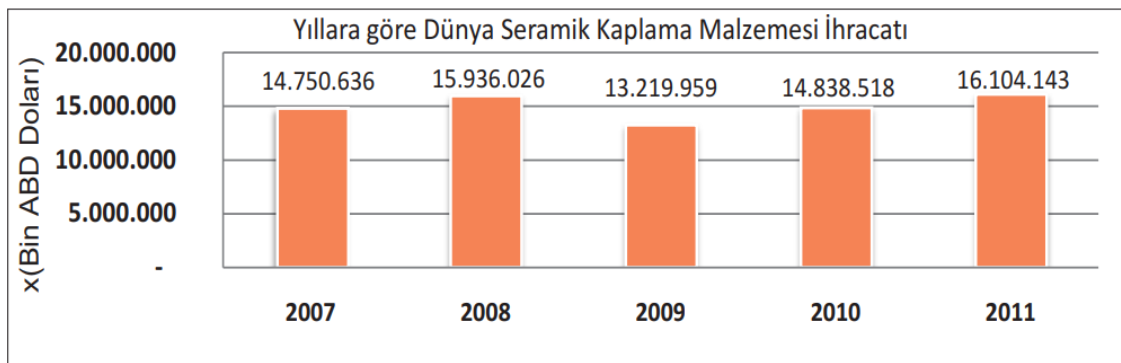


Şekil 2.3. 2011 Yılı dünya seramik kaplama malzemesi ihracatı ülke payları (T.C. Kalkınma Bakanlığı Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) Seramik Çalışma Grubu Raporu, 2015).

Çizelge 2.2. 2011 Yılı dünya seramik kaplama malzemesi ihracat değeri ve % payı (T.C. Kalkınma Bakanlığı Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) Seramik Çalışma Grubu Raporu, 2015).

ÜLKE	Değer (\$ Bin)	Dünya İhracatında % Payı
ÇİN	4.764.427	29,59
İTALYA	4.224.364	26,23
İSPANYA	2.649.944	16,46
TÜRKİYE	521.109	3,24
ALMANYA	449.758	2,79
PORTEKİZ	349.470	2,17
MEKSİKA	331779	2,06
BREZİLYA	280181	1,74
POLONYA	227.285	1,41
MISIR	197.907	1,23
BAE	153749	0,95
ÇEK CUMHURİYETİ	140.572	0,87
UKRAYNA	136.720	0,85
MALEZYA	136.434	0,85
TOPLAM	16.104.143	100

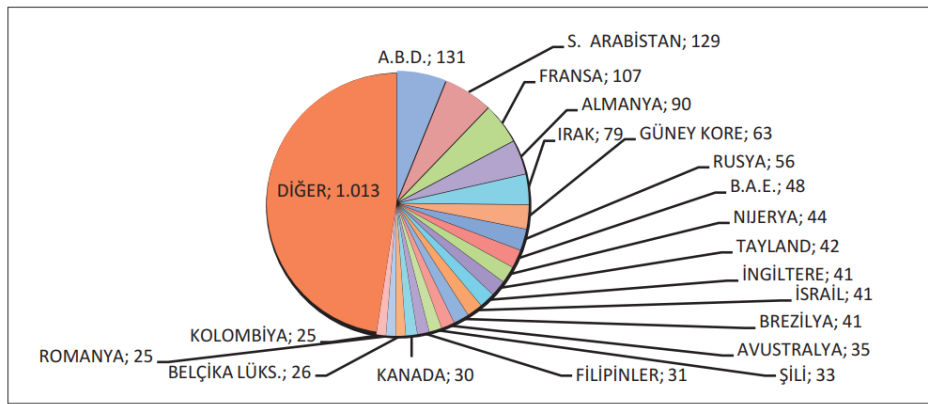
2011 yılı dünya seramik kaplama malzemeleri ihracatında Çin 4 764 milyon USD ve %29,6'lık pay ile birinci sırada yer almaktadır. Çin'i sırası ile İtalya, İspanya ve 521 milyon USD ve %3,24'lük pay ile Türkiye takip etmektedir. Yıllara göre dünya seramik kaplama malzemesi ihracatı tutarı Şekil 2.4'de verilmiştir.



Şekil 2.4. Yıllara göre dünya seramik kaplama malzemesi ihracatı (T.C. Kalkınma Bakanlığı Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) Seramik Çalışma Grubu Raporu, 2015).

2011 yılı dünya seramik kaplama malzemeleri ihracatına miktarsal olarak bakıldığında ise; 830 milyon m² ile Çin birinci, sırası ile 298 milyon m² ile İtalya ikinci, İspanya 263 milyon m² ile üçüncü, Türkiye ise 87 milyon m² ile dördüncü sıradadır.

2011 yılında dünya seramik kaplama malzemeleri ithalatı 2 130 milyon m² olarak gerçekleşmiştir. Toplam ithalatın 131 milyon m² ve % 6,2'si ile ABD birinci sırada yer almaktadır. ABD'yi sırası ile Suudi Arabistan, Fransa, Almanya ve Irak takip etmektedir. 2011 yılı dünya seramik kaplama malzemesi ülkelere göre ithalat miktarları Şekil 2.5'de verilmiştir.



Şekil 2.5. 2011 Yılı dünya seramik kaplama malzemesi ithalatı (milyon m²) (T.C. Kalkınma Bakanlığı Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) Seramik Çalışma Grubu Raporu, 2015).

Ekonomileri güçlü olan ülkelerde yüksek olan işgücü maliyetleri yüksek otomasyon yatırımları ile çözülmeye çalışılmaktadır. Bu otomasyon yatırımları da amortisman maliyetlerini arttırmaktadır. Hammadde, işgücü ve enerji maliyetlerindeki avantaj sebebi ile Mısır maliyet açısından diğer ülkelere göre daha avantajlıdır.

İklim özellikleri, bölgenin ekonomik kapasitesi, gelenekleri ve coğrafi konum kişi başına düşen kaplama malzemesi tüketimlerini değiştirmektedir. Sıcak iklimli ve nem oranının yüksek olduğu bölgelerde tüketim yüksektir. Ekonomik büyüme oranları ile tüketim miktarı artışı doğru orantılıdır. Bu duruma örnek ülkeler, Rusya, Çin ve Hindistan'dır.

Gelişmekte olan ülkelerin fiyat tabanlı rekabeti, seramik kaplama malzemesi üretiminde öne çıkan ülkeleri yeni ürün geliştirerek ve tasarım odaklı üretim ile ortalama satış fiyatını arttırmak sureti ile ihracat hacmini artırma yoluna gitmiştir. Bu şekildeki üretim ve ihracat İtalya'yı en üst seviyeye taşımıştır. (T.C. Kalkınma Bakanlığı Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) Seramik Çalışma Grubu Raporu, 2015: 6-14).

3. FELDSPAT

3.1. Feldspat'ın Tanımı

Feldspatlar, sodyum, potasyum, kalsiyum, lityum ve bazen de baryum ve sezyum ve bu elementin izomorf bileşimi ile oluşmuş, yerkabuğunun % 60-65'ini oluşturan susuz alümina silikatlardır. Magma kütlelerinde değişik şekillerde bulunan bu minerallerin soğuyup kristalleşmesi ile feldspat zonları ve yatakları oluşmaktadır. Seramik ve cam üretiminin temel hammaddesi olan feldspatlar ülkemizde yaygın olarak bulunmakta, içerdikleri demir ve titan gibi safsızlıklardan dolayı zenginleştirme işlemi gerektirmektedir.

Feldspatlar kimyasal bileşim ve yapıları açısından iki ana gruba ayrılmaktadırlar;

1. Plajiyoklaz feldspatlar

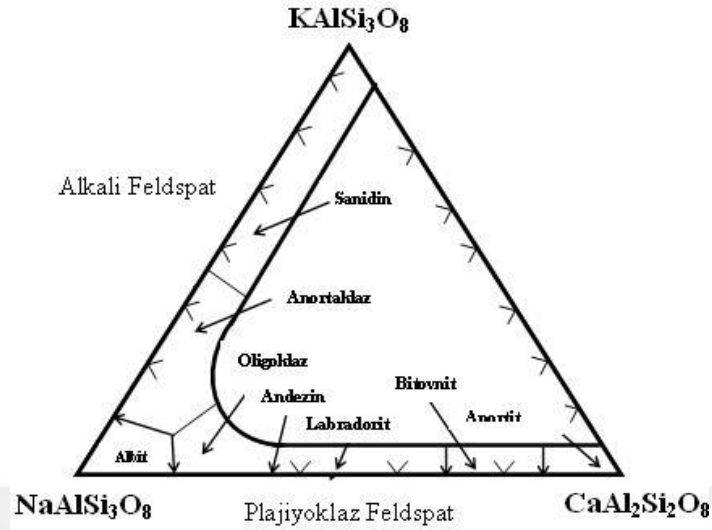
- | | |
|--------------|--|
| a. Albit | $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ |
| b. Oligoklaz | $(\text{Na, Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$ |
| c. Andezin | $(\text{Na, Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$ |
| d. Labrador | $(\text{Na, Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$ |
| e. Bitovnit | $(\text{Na, Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$ |
| f. Anortit | $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ |

2. K-Feldspatlar veya Alkali Feldspatlar

- | | |
|--------------|----------------------------|
| a. Mikroklin | KAlSi_3O_8 |
| b. Sanidin | KAlSi_3O_8 |
| c. Ortoklaz | KAlSi_3O_8 |

Bu minerallerin birbirleriyle olan ilişkileri Şekil 3.1'de görülmektedir. Bunlar arasında ticari öneme sahip feldspat mineralleri şunlardır;

1. Ortoklaz (Or); potasyum alüminyum silikat, KAlSi_3O_8
2. Albit (Al); sodyum alüminyum silikat, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
3. Anortit (An); kalsiyum alüminyum silikat, $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$



Şekil 3.1. Alkali feldspatlar ve plajiyoklaz feldspatların adlandırılması (TMMOB Maden Mühendisleri Odası Feldspat Raporu, 2014).

3.1.1. Feldspatların fiziksel özellikleri

Feldspatların yoğunluğu $2,5 - 2,76 \text{ g/cm}^3$ arasında, sertlikleri ise Mohs sertlik skalasına göre $6,0 - 6,5$ arasındadır. Beyaz, krem, kahverengi, pembe, kırmızı, yeşil ve mavimsi renklerde olmakla birlikte renksiz veya sütümsü de olabilmektedirler. Cam ve seramik üretiminde kullanılan feldspatların erime sıcaklıkları çok önemlidir. Feldspat minerallerinin erime sıcaklıkları:

1. Potasyum feldspat: $1200-1250^\circ\text{C}$
2. Sodyum feldpat: $1150-1225^\circ\text{C}$
3. Kalsiyum feldspat: $1500-1550^\circ\text{C}$ aralıklarındadır.

3.1.2. Feldspatların bulunuş şekilleri

Yer kabuğundaki birçok magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaç bileşiminde bulunan feldspatın oranı yeterli olduğu sürece bu kayaçlardan direk olarak sanayide kullanımı mümkündür. Ticari feldspat kaynağı olarak bulunan kayaç türleri:

Pegmatitler: Feldspat, kuvars, Li mineralleri, mika ve berilyum kaynağı olan pegmatitler doğada en yaygın olarak granit bileşimli bulunmaktadır. Zenginleştirilerek veya direk olarak kullanılırlar.

Aplitler: Çok yüksek miktarda Na veya K feldspat içerirler. Daha düşük safsızlık oranına sahiptirler.

Nefelinli Siyenit: Ortoklaz, albit, pertit ve mikroklin içerirler. Aynı zamanda kuvars, apatit, titan ve zirkon gibi ek mineraller de içerebilmektedirler. Serbest silis içeriği düşük, ergitici gücü yüksek ve dar erime intervaline sahiptir.

Alaskit: Mineralojik olarak %45 plajiklaz, %25 kuvars, %20 mikroklin ve %10 muskovit içeren, granit-pegmatit arasında kimyasal bileşime sahip bir mineraldir.

Pertit: Albitin ortoklazın içerisinde çeşitli şekillerde yer aldığı, albit ve ortoklazın iç içe kristallendiği mineraldir.

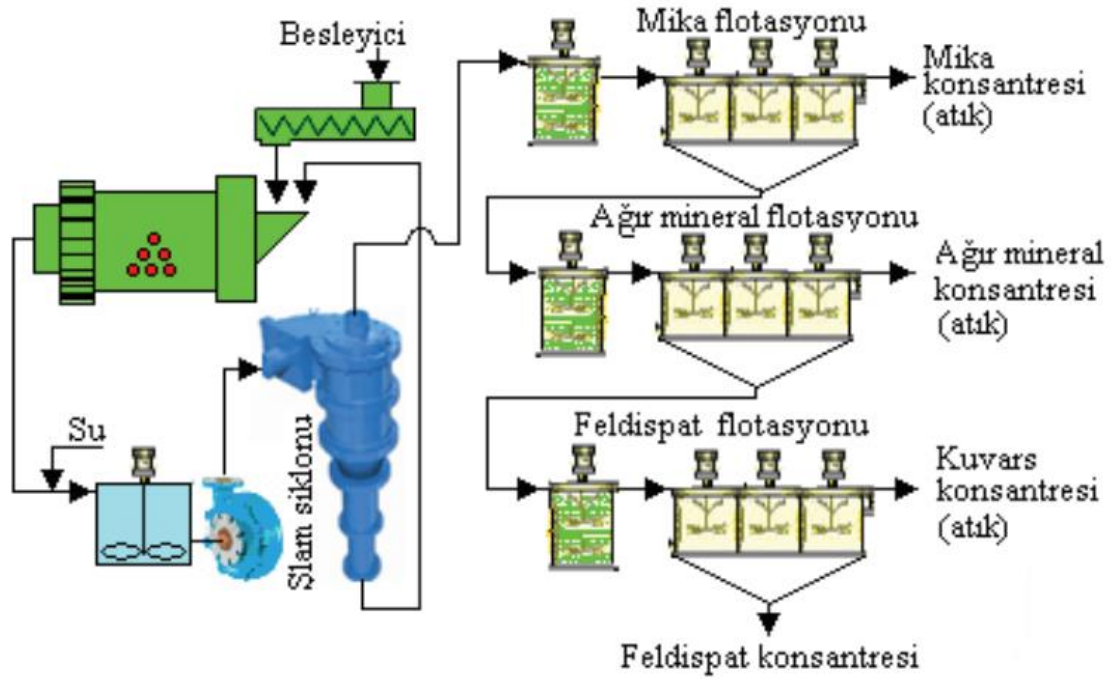
Feldspatik Kumlar: İşlenmiş veya doğal halde feldspat ve kuvars karışımından oluşmuş kumlardır. Bulunduğu gibi kullanılabilir veya özel üretim yöntemleri ile feldspatları ayrılabilir.

Altere Granitler: Demir oksit oranı düşük, granitik kayaların alterasyonu sonucu oluşan kayalardır. Seramik sanayisinde kullanılması ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır.

3.2. Feldspat'ın Zenginleştirilmesi

Aydın-Çine ve Muğla-Milas albitleri kırma ve eleme işlemleri ile doğrudan kullanılabilmesine rağmen, rezervlerin hızla tüketilmesi ve sanayinin daha yüksek kaliteli hammadde ihtiyacı belli zenginleştirme yöntemleri ile (flotasyon, manyetik sperasyon) safsızlıkların uzaklaştırılmasını gerekli hale getirmiştir. Feldspatların zenginleştirilmesinde kullanılan en yaygın uygulama flotasyondur.

Feldspat flatsyonu 3 kademedен oluşmakla beraber (Şekil 3.2) bunlar; mika flatsyonu, titanyum ve demir oksitlerin uzaklaştırıldığı ağır metal flatsyonu ve feldspat-kuvars ayırımıdır. Feldspat ve kuvarsın ayırımında feldspat mineralleri florür ile canlandırılır ve hidroflorik asit ilavesi ile feldspat mineralleri yüzdürülerek ayrılır.



Şekil 3.2. Feldspat Flotasyonu akım şeması (TMMOB Maden Mühendisleri Odası Feldspat Raporu, 2014).

3.3. Dünyada Durum

Feldspat, seramik, porselen ve cam endüstrisinde kullanılan önemli bir endüstriyel hammaddedir. Dünya feldspat üretiminin %60'ı seramik, %35'i cam sanayiinde, %5'i kaynak elektrotu, kauçuk, plastik ve boya sanayilerinde dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır.

3.3.1. Rezervler

Büyük bir kısmı Asya kıtasında yer alan dünya feldspat rezervi 1 740 milyon ton (Çizelge 3.1) olup, ülke bazında en büyük sodyum feldspat rezervine sahip Türkiye ise 240 milyon ton rezerv ile toplam dünya rezervinin %14'üne sahiptir.

Çizelge 3.1. Dünya feldspat rezervleri (TMMOB Maden Mühendisleri Odası Feldspat Raporu, 2014).

Kıta adı	Rezerv (Milyon Ton)
Kuzey Amerika (Kuzey Carolina)	350 (200)
Güney Amerika	200
Avrupa	250
Afrika	200
Türkiye	240
Asya	500
TOPLAM	1.740

3.3.2. Üretim

Feldspat üretimi yapan 50'den fazla ülke içerisinde (Çizelge 3.2) Türkiye 4 milyon ton ihracat miktarı ve 5,5 milyon ton üretim miktarı ile dünyada birinci sırada yer almaktadır. İtalya ise Türkiye'den sonra ikinci sırada yer almaktadır.

Çizelge 3.2. Dünya feldspat üretimi (TMMOB Maden Mühendisleri Odası Feldspat Raporu, 2014).

Ülke Adı	Üretim Miktarı (1000 Ton)					
	1980	1985	1990	1995	2000	2003
A.B.D.	644	635	630	880	790	800
Almanya	381	322	418	330	450	450
Brezilya	123	110	105	199	118	75
Fransa	210	172	420	632	642	650
Hindistan	59	46	54	100	110	150
İspanya	103	136	214	379	460	450
İtalya	345	1.116	1.610	2.199	2.500	2.500
Mısır	4	19	10	75	330	350
Tayland	24	104	311	670	626	780
Türkiye	73	20	182	760	1.148	1.800
Diger	1.334	1.420	2.046	1.676	1.989	2.445
Toplam	3.200	4.100	6.000	7.900	9.500	10.800

3.3.3. Tüketim

Seramik sanayii

Seramik sanayii feldspat mineralleri için en önemli tüketim alanlarından bir tanesidir.

Seramik reçetesinde kullanılan ergiticiler pişme sırasında sıvı oluşumunu sağlamak ve sıcaklığı düşürmek için kullanılır. Kil, kuvars ve feldspattan oluşan seramik reçetesinde feldspat yumuşayarak camsı veya sıvı hale geçerken, buna karşılık kil ve kuvars katı halde kalır. Farklı seramik ürünlerin farklı mukavemet ve yoğunluk ihtiyacından dolayı pişirim sıcaklıkları 1 100-1 400⁰C arasında değişmektedir. Yumuşak porselenlerde feldspat reçete oranı %25-40, sofr eşyası reçetesinde %18-30, fayans ve sıhhi tesisat ürünlerinde %15-35 porselen karo'da %50-55 arasında kullanılmaktadır.

Sofra eşyası üretiminde daha yüksek sıcaklıklar kullanıldığından dolayı, eriyik vizkozitesi yüksek olan ve bu sayede ürünün şekil bozukluklarına karşı mukavemet sağlayan potasyum feldspat kullanılmaktadır.

Cam sektörü

Seramik sanayinden sonra en fazla feldspat tüketimi cam sanayindedir. Feldspatlar alümina kaynağı olarak kullanılmakla beraber eritici özelliklerinden de faydalanılır. Feldspatlar erime sıcaklığını düşürmek ve içerisinde bulunan alümina ile çarpma, bükülme ve termal şoklara dayanım sağlar.

Seramik ve cam üretimi dışında feldspatlar, kaynak elektrotu, boya ve plastik üretiminde de kullanılmaktadır.

3.4. Türkiye’de Durum

3.4.1. Rezervler

Türkiye, dünya kara yüzölçümünün %0,5’ine, nüfusun %1’ine sahip olmasına rağmen dünya kaliteli feldspat rezervinin %14’üne sahip olmasından dolayı feldspat açısından çok zengin kategorisinde yer almaktadır.

Türkiye’nin en kaliteli sodyum feldspat yatakları Çine-Milas-Yatağan-Bozdoğan yöresinde bulunan yataklardır. Rezerv çalışmaları yapılmamış bilinen diğer oluşumlar Çizelge 3.3’de verilmiştir.

MTA’nın yapmış olduğu çalışmalar güncel durumu yansıtmamakla beraber, diğer bilinen rezervler ise; Uşak, Manisa Gördes, Bilecik Söğüt ve Kırşehir’de feldspat rezervleri bulunmaktadır.

Çizelge 3.3. Rezerv tespiti yapılmamış ancak bilinen oluşumlar (TMMOB Maden Mühendisleri Odası Feldspat Raporu, 2014).

Yer	Oluşum
Istranca Masifi	Pegmatit
Kırşehir Masifi	Pegmatit, Altere granitler (Monzonitler), Siyenit-nefelinli siyenitler
Artvin Yöresi	Granit ve Pegmatit
Bitlis Yöresi	Albit gnayslar ve albit
Kayseri-Yalıkavak	Feldspatik kumlar

3.4.2. Üretim

Türkiye feldspat üretimi, seramik ve cam sektörü açısından yeterli düzeydedir. Türkiye seramik ve cam sanayininin tüm feldspat ihtiyacını karşılamakta ve ihracat yapmaktadır. Seramik

sektörü istenilen kaliteyi yakalamış, feldspat üretimi kalite bakımından Avrupa standartlarına ulaşmıştır. Albit üretimi 2006 yılında yaklaşık 6.000.000 tona ulaşmıştır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Türkiye'nin feldspat üretiminin yıllara göre dağılımı (TMMOB Maden Mühendisleri Odası Feldspat Raporu, 2014).

Ülke Adı	Üretim Miktarı (1000 Ton) / Yıl						
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Türkiye	1.257	1.887	3.110	3.599	3.396	5.500	6.000

3.4.3. Tüketim

Türkiye'de tüketimin büyük bir kısmı seramik ve cam sanayinde olmakla beraber resmi verilere göre tüketim 1,5 milyon tonun üzerindedir.

3.4.4. İhracat - İthalat

İhracat

Türkiye başta İtalya ve İspanya olmak üzere Mısır, Suriye, Lübnan, Almanya, Cezayir, Romanya ve Uzakdoğu ülkelerine feldspat ihracatı yapmaktadır (Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6). İhraç edilen albit tüvenan, öğülmüş veya flote olmasına bağlı olarak fiyatlandırılmaktadır.

Çizelge 3.5. Türkiye'nin feldspat ihracatının yıllara göre dağılımı (TMMOB Maden Mühendisleri Odası Feldspat Raporu, 2014).

Ülke Adı	İhracat Miktarı (1000 Ton) / Yıl						
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Türkiye	1.799,9	2.114,4	1.356,6	2.350,7	3.027,7	4.028,6	3.670,8

Çizelge 3.6. Türkiye'nin feldspat ihracaatının ülkelere göre dağılımı (TMMOB Maden Mühendisleri Odası Feldspat Raporu, 2014).

Ülke	2002		2003	
	Miktar (Ton)	Tutar (Bin \$)	Miktar (Ton)	Tutar (Bin \$)
İtalya	> 2.000.000	27.767	>3.000.000	36.632
İspanya	417.076	7.767	553.120	9.937
Endonezya	21.252	1.372	28.285	1.583
Tunus	22.957	749	30.461	955
Romanya	35.673	774	36.897	826
İsrail	28.016	744	31.425	773
Mısır	23.622	760	21.900	651
Polonya	9.000	158	32.938	559
Lübnan	22.670	459	24.170	476
Suriye	18.305	321	27.598	427
Diğer	79.888	2.597	93.297	2.675
TOPLAM	>2.700.00	43.467	4.000.000	55.492

İthalat

Seramik ve cam sektörünün kullandığı kalitedeki albit yurt içinden karşılandığı için ithalatı yoktur. Fakat özellikle sofraya eşyası üretiminde kullanılan kalitede potasyum feldspat Hindistan ve Mısır'dan ithal edilmektedir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Feldspat ithalatının yıllara göre dağılımı (TMMOB Maden Mühendisleri Odası Feldspat Raporu, 2014).

Feldspat Türü	Miktar, Ton		
	2000	2001	2002
Potasyum (K) Feldspat	38.335	36.154	19.655

Kırşehir Bölgesi'ndeki zengin potasyum feldspat rezervlerinin faaliyete geçirilmesi ile ithalatımızın büyük oranda düşmesi söz konusudur (TMMOB Maden Mühendisleri Odası Feldspat Raporu, 2014: 1-8).

4. PORSELEN KAROLAR

Porselen karolar, kil, kuvars ve feldspat karışımlarının hızlı pişirme işlemi ile üretilen malzemelerdir. Genellikle yer, duvar kaplama ve dış cephelerde kullanılan bu yapı malzemesi, düşük termal iletkenlik, yüksek mekanik mukavemet ve mükemmel kimyasal ve aşınma direnci gibi özelliklere sahiptir. Bu özellikleriyle, seramik döşemeler alanında diğer tüm yapı malzemeleri üzerinde üretim ve satışlarda en fazla yer alan malzeme anlamına gelir. Porselen karo endüstrisi, teknolojik yenilikleri ve pazar eğilimleri, ürün ve süreçlerin karmaşık bir resmini çeken dinamik bir sektördür. Bu sektörde kullanılan hammaddeler de bu dinamizmden derinden etkilenmiştir. Mevcut imalat döngülerinin esnekliği kimyasal ve mineralojik kompozisyonu, partikül boyutu dağılımı ve seramik özellikleri yeniden değerlendirilen çok geniş bir kil çeşitinin kullanımını mümkün kılar. Seramik ve cam endüstrileri için hammadde olarak feldspat talebi sürekli artmaktadır. Feldspatik malzemeler, üreticilerin yüksek oranda vitrifikasyon elde etmeyi düşündükleri her yerde yaygın olarak kullanılır. Örneğin, porselen, porselen karo ve düşük poroziteli ürünlerde % 25 ila 55 arasında kullanılır. Sıhhi tesisat ve porselenlerde feldspatik malzemeler sırasıyla % 20 ila % 30 ve % 17 ila % 37 arasında değişen miktarlarda kullanılmaktadır. Üreticiler, nihai ürünün istenen spesifikasyonlarına göre potasyum veya sodyum feldspat seçerler (Ahmed, 2017).

Porselen karolar (aynı zamanda ince porselen karolar, tam vitrifiye stoneware veya İtalyanlar tarafından söylendiği gibi *gres porcellanato* olarak da adlandırılır) mükemmel teknik karakteristiğe, iyi eğilme mukavemetine ve %0,1'den daha düşük su emme değerlerine sahiptir.

Son yıllarda porselen karoların pazar payı artma eğilimi göstermektedir.

Geçmişte bu ürün teknik karakteristiklerindeki üstünlüklerine rağmen günümüzde görsel üstünlükleri ile daha çok tercih edilir hale gelmiştir.

Porselen karolar yeni bir üretim teknolojisi değildir. Seramik karolar ile aynı üretim teknolojisi ile üretilen yüksek mukavemet, yüksek sertlik ve düşük su emme özelliklerine sahip ürünlerdir.

Bu bölümde porselen karo pazarına genel bir bakış, teknolojik yönleri, üretim döngüsünün farklı aşamaları anlatılmıştır.

4.1. Porselen Karoların Teknik Özellikleri

Porselen ince, prestijli seramik eşyaları tanımlamada kullanılır. Bu çalışmada, camsız matriks içindeki çok kompakt kütleli kristal fazlara sahip yüksek spesifikasyonlu karoları vurgulamak için kullanılmaktadır.

Porselen karolar TS EN ISO 14411 standardında değerlendirilmektedir. Bu standartlar porselen karoları, %0,5'den düşük su emme değerlerine sahip vitrifiye ürünlerin dahil olduğu, Grup BIa sınıfına sokmaktadır.

Endüstriyel olarak üretilen porselen karolar bu standartın çok daha altında, genellikle %0,1'den küçük su emme değerlerine sahiptir.

Porselen karolar, sertliklerinden dolayı aşınmaya dirençli oldukları için taban kaplamaları, ayrıca düşük su emme değerlerinden dolayı dış mekanlar için idealdir.

Ayrıca dona dayanım, kimyasal direnci yüksek ve lekelenmeye karşı dirençlidirler. Basma ve eğilme mukavemetleri yüksektir.

Antistatik ve hijyenik olmasından dolayı porselen karolar hastane, okul gibi mekanlarda kullanımı uygundur.

Çizelge 4.1'de TS EN ISO 14411'e göre porselen karoların istenen teknik özellikleri ve firmaların üretimde uyguladığı değerler verilmiştir.

Çizelge 4.1. ISO BIa standartlarına göre porselen karolar. Standartta istenilen değerler ve güncel üretim değerleri gösterilmektedir (Özkan, 2002/2008).

ÖZELLİKLER	STANDART	STANDARTTA BELİRTİLEN DEĞER	ÜRÜNÜN GÜNCEL DEĞERİ
SU EMME	ISO 10545.3	≤ 0,5 %	< 0,1 %
KIRILMA MODÜLÜ (MOR)*	ISO 10545.4	> 35 N/mm ² (min 32)	> 50 N/mm ²
KIRILMA MUKAVEMETİ*	ISO 10545.4	min 1300 - min 700 N	min 1500 - min 2000 N
A)DERİN AŞINMA DİRENCİ ***	ISO 10545.6	< 175 mm ²	< 150 mm ²
B)YÜZEY AŞINMA DİRENCİ **	ISO 10545.7	ÜRETİCİ TARAFINDAN BELİRLENİR	ÜRETİCİ TARAFINDAN BELİRLENİR
GENLEŞME KATSAYISI	ISO 10545.8	TEST YAPILABİLİR	~ 7 x 10 ⁻⁶
TERMAL ŞOK DİRENCİ	ISO 10545.9	TEST YAPILABİLİR	DEĞİŞME YOK
NEM GENLEŞMESİ	ISO 10545.10	TEST YAPILABİLİR	TEST YAPILABİLİR
ÇATLAMAYA KARŞI DİRENÇ	ISO 10545.11	GEREKLİ	GEREKLİ
DONA DAYANIKLILIK	ISO 10545.12	GEREKLİ	GÖRÜNÜR ETKİ YOK
EV KİMYASALLARINA DİRENÇ	ISO 10545.13	min GB SINIFI	min GB SINIFI
ASİT VE ALKALİLERE DİRENÇ	ISO 10545.13	TEST YAPILABİLİR	BELİRLENEN DEĞER
LEKELENME DİRENCİ	ISO 10545.14	min SINIF 3	min SINIF 3
Pb VE Cd ÇÖZÜNMESİ	ISO 10545.15	TEST YAPILABİLİR	ÜRETİCİ TARAFINDAN BELİRLENİR
RENK FARKLILIĞI	ISO 10545.16	TEST YAPILABİLİR	ÜRETİCİ TARAFINDAN BELİRLENİR
SÜRTÜNME KATSAYISI	ISO 10545.17	TEST YAPILABİLİR	ÜRETİCİ TARAFINDAN BELİRLENİR

* Kalınlığa bağlıdır.

** Döşeme malzemesi olarak kullanılacak yerlerde etkilenecektir.

*** Sırsız ürünler.

4.2. Porselen Karo Çeşitleri ve Kullanım Alanları

Porselen karolar önceleri endüstriyel amaçlar için düşünülmezken, şu anda ağır ticari alanlarda kullanılmaktadır ve geliştirilmiş estetik özelliklerinden dolayı orta dercede ticari alanlarda da kullanım alanları bulmuştur.

Araştırmalar sonucu Çizelge 4.1'de gösterilen teknik karakteristikleri sağlayan yeni karo tipleri oluşturulmuştur. Bunun sonucunda ürünün pazarı farklılaşmış ve geleneksel olarak yüksek estetik değerli alanlarda kullanımını artmıştır.

4.2.1. Boyut

Son on yıl içerisinde üretimin %60'ı orta boy karolardan oluşmaktadır.

Daha spesifik olarak, üretimin %60'ı 40x40cm ortalama boyutunda iken 60x60 ve üzeri ebatlarda karolar toplam üretimin yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır. Şekil 4.1'de üretilen büyük boyutlu ve küçük boyutlu seramiklerin ölçekli gösterimi verilmiştir.



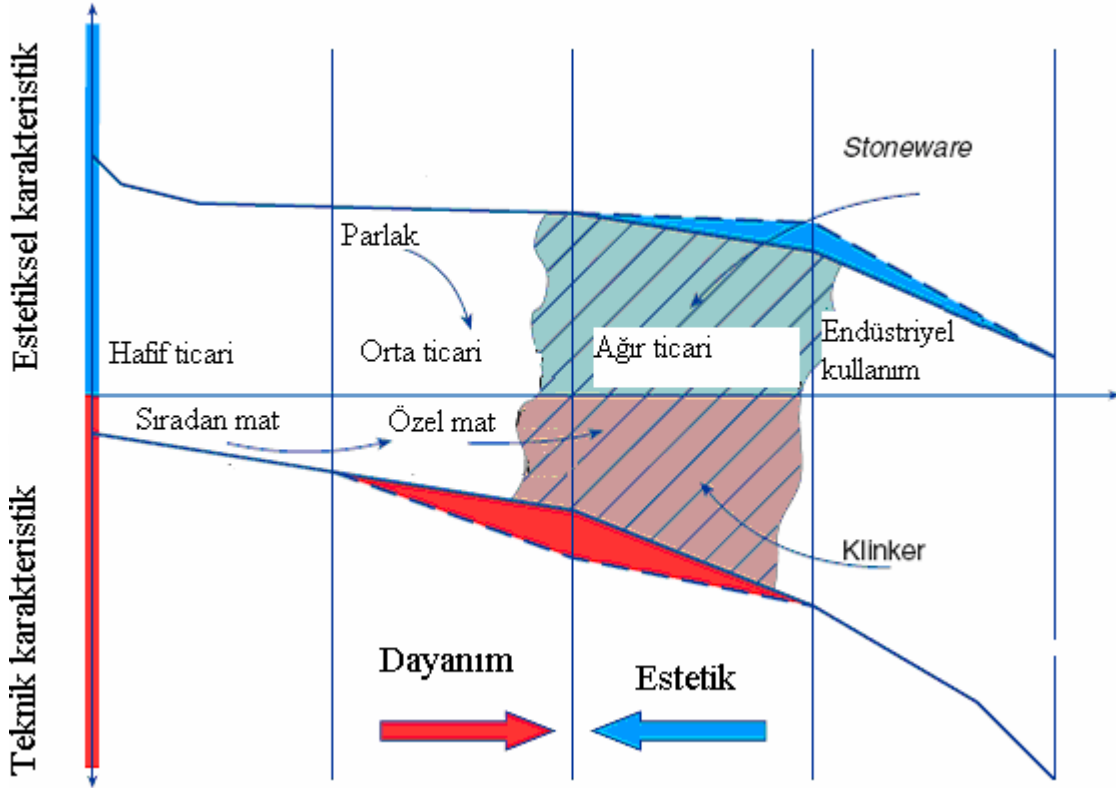
Şekil 4.1. Günümüzde üretilen büyük boyutlu seramikler ve standart küçük boyutlu seramiklerin ölçekli gösterimi (Özkan, 2002/2008).

4.2.2. Kullanım alanları

Teknik ve estetik olarak güçlü yönleri porselen karoların spesifik kullanıma uygunluğunu sağlamaktadır.

Şekil 4.2 farklı tipteki sırlı ve sırsız porselen karoların çeşitli kullanım alanlarını göstermektedir: az ticari, orta derecede ticari, yüksek ticari ve endüstriyel olarak sınıflandırılmıştır.

Porselen karolar daha önceki yıllarda endüstriyel alanlarda kullanılmıyordu. Günümüzde endüstriyel alanlarda kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 4.2. Uygulama alanlarına göre porselen karoların yüzey özellikleri. Y eksenini porselen karoların teknik ve estetik değerlerini gösterirken, x eksenini azalan estetik değerlere karşılık artan dayanımı göstermektedir (Özkan, 2002/2008).

4.2.3. Porselen karo çeşitleri

Sade karolar

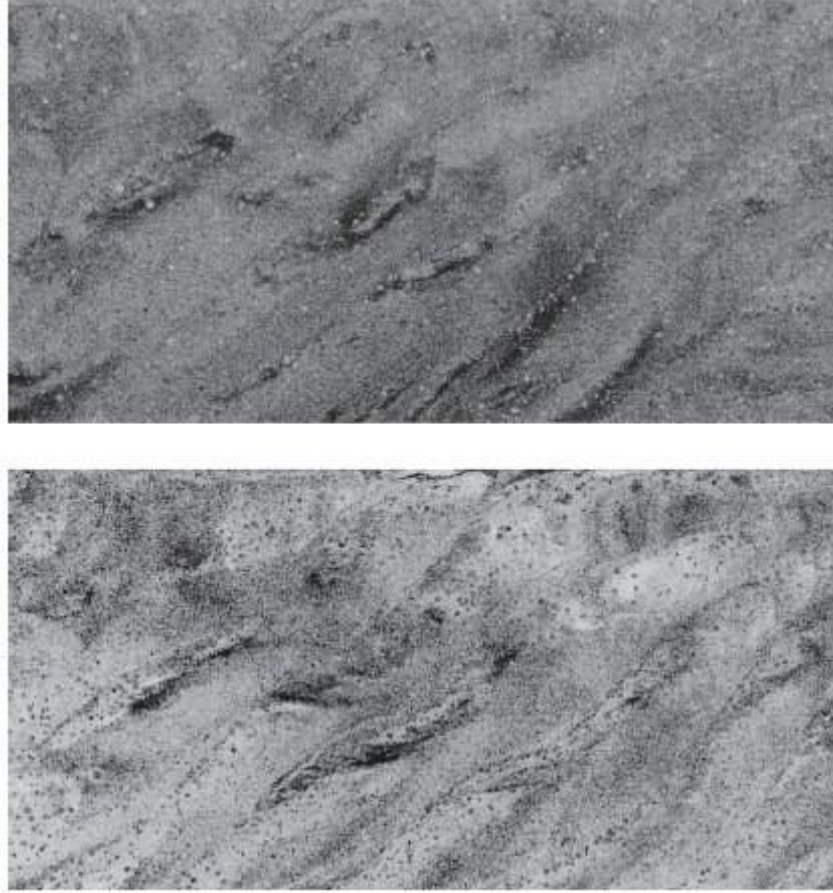
Estetik olarak en basit geneldenpastel tonlu ürünlerdir. Genelde parlatılmış olan sade karolar alışveriş merkezlerinde kullanılır. Tek renk püskürtmeli kurutulmuş tozlardan üretilir.

Granito (tuz biber)

Genelde püskürtmeli kurutulmuş iki veya daha fazla renkli tozların belirli oranlarda tartım sistemlerinde karıştırılması sonucu elde edilir, Ana gövde rengi beyaz veya açık bir renktir.

Mermer etkili (damarlı veya çizgili) karolar

Çamur halde iken renklendirilmiş püskürtmeli kurutulmuş farklı renkteki tozların karıştırılması ve özel besleme sistemleri ile preslenmiş ürünlerdir. Genelde parlatma işlemine tabi tutulurlar. Şekil 4.3’de mermer etkili porselen karo örneği verilmiştir.



Şekil 4.3. Mermer görünümlü 30cmx60cm porselen karo örneği (Özkan, 2002/2008).

Makro granito

İri taneli püskürtmeli kurutulmuş toz karışımlarından üretilirler. Tanecikler göze çarpar ve doğal taş görünümü verir ve parlatılırlar.

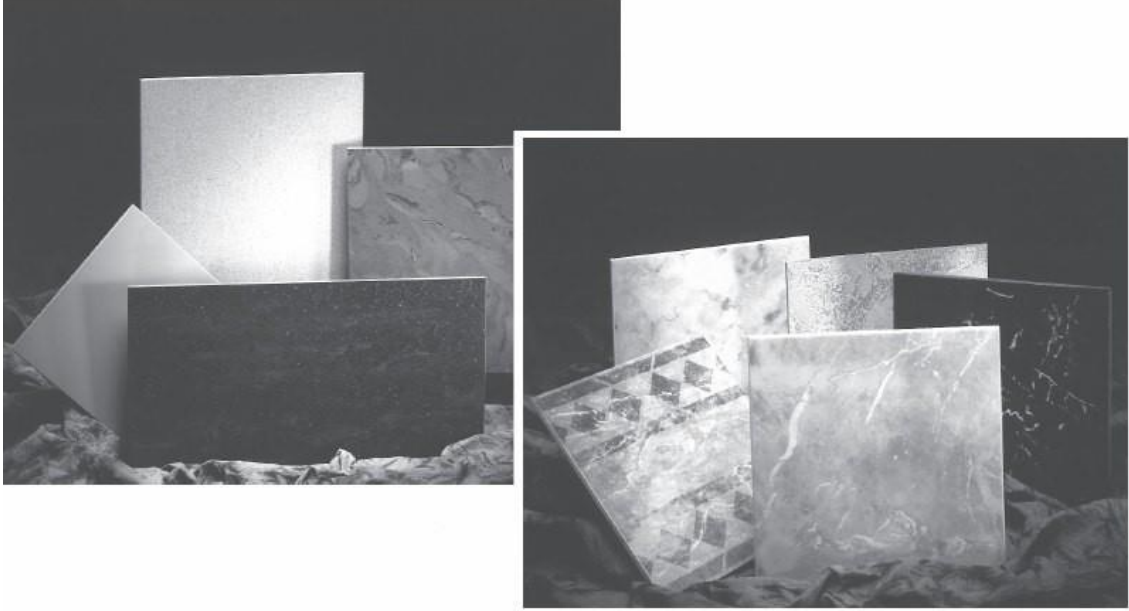
Çözünür tuzlarla ve sırlarla dekorlanmış karolar

Fırınlanmamış beyaz veya süper beyaz bünye üzerine çözünür tuzlar içeren solüsyonları veya sırları püskürterek veya elek baskı yaparak elde edilir. Çok iyi estetik sonuçlar elde etmek için parlatılır.

Sırlı rustik karolar

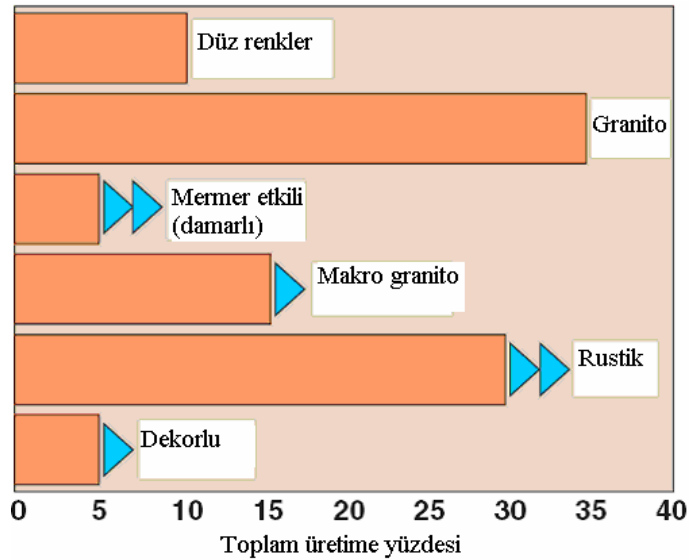
Baz bünyelerle üretilirler ve rölyefli kalıplarla preslenirler. Düşük miktarlar ile sırlanır ve farklı dekorlama teknikleri kullanılır. Yüzeyle lappato veya semi-lappato uygulanabilir. Aynı zamanda yüzeyde eskitme yapılarak yaşlanmış doğal ürünlere benzetilebilir.

Şekil 4.4 bu karo tiplerinden bazılarını göstermektedir. Estetik özellikleri, rustik hariç, toplam veya kısmi düzleştirme veya parlatma ile artırılır.



Şekil 4.4. Karo tiplerinden bazıları. Şeklin sol tarafında sızlı rustik karo örnekleri, sağ tarafında diğer porselen karo örnekleri gösterilmiştir (Özkan, 2002/2008).

Farklı ürünler porselen karoları doğal malzemelerin yerine kullanılabilir hale getirmiş, bu şekilde pazar payları artmıştır. Şekil 4.5 yukarıda bahsedilen karo tipleri için 1990'lı yılların sonundaki pazar paylarını ve orta vadede gelişimlerini göstermektedir.



Şekil 4.5. Farklı tipte porselen karolar için beklenen gelişme trendleri (Özkan, 2002/2008).

4.3. Porselen Karo Bünye Kompozisyonları

Porselen karo bünye kompozisyonları için kullanılan hammaddeler farklı mineral gruplarına ayrılabilirler, her birinin kendi spesifik fonksiyonu vardır: killi hammaddeler plastikliği sağlar, tamamlayıcı plastik olmayan hammaddeler ergitici mineralleri veya yapısal fonksiyonlu olanları içerir.

Killi hammaddeler illitik-kaolinitik veya montmorillonitik kökenli mineralleri içerir. Bunlar mineral yapısının ve tane boyut dağılımlarının fonksiyonu olarak değişen plastikliğe sahiptirler. Ergitici mineraller feldspatlar ve feldspatoidler, talk, pegmatitleri içerir. Kuvars ve kuvarsitler yapısal fonksiyona sahiptirler.

Doğal bünye renginin daha açık renk pişmesi için, bünye bileşenlerinin tamamında düşük Fe_2O_3 ve TiO_2 konsantrasyonu aranır.

Kantitatif gövde bileşen oranları killerin mineralojik yapısına ve tane boyut dağılımına ve son olarak da ergitici minerallerle reaktivitesine bağlıdır.

Feldspatlar bünyede ergitici olarak görev alır ve bünyenin camlaşma sıcaklığını düşürerek camsı faz oluşturur. Seramik endüstrisinin ana hammaddelerinden biridir (Çelik,2016). Feldspatlar doğada çok yaygın bulunmasına rağmen az sayıda oluşum cam ve seramik sanayine uygun özellik içermektedir (Tezcan, 2001). Feldspat, yer kabuğunun yaklaşık % 60'ını oluşturur ve endüstride başlıca cam, seramik, plastik, boya, dolgu ve kauçuk gibi uygulamalarda kullanılır. Vitrifikasyon derecesini kontrol eden potasyum feldspattan daha güçlü bir akıcılık özelliği sergilediğinden, sodyum feldspat birçok seramik ve sır üreticisi tarafından tercih edilir. Potasyum feldspat genellikle yüksek gerilim elektrikli porselen imalatında ve porselen ürünlerde kullanılır. Kimyasal olarak feldspat, potasyum, sodyum veya kalsiyum ile kombine edilmiş alüminosilikat mineral grubuna veya bu elementlerin bir karışımına uygulanan genel bir terimdir. Bunlar, potasyum feldspat (ortoklaz ve mikroklin, $KAlSi_3O_8$), sodyum feldspat (albit, $NaAlSi_3O_8$) ve kalsiyum feldspat (anortit, $CaAl_2Si_2O_8$) olarak tanımlanmaktadır. Boyat ve arkadaşları geniş feldspat rezervleri ile Türkiye'yi, üretim açısından dünya lideri olarak değerlendirmektedirler. Feldspat cevherlerinin büyük rezervleri Türkiye'nin Ege bölgesinde bulunmaktadır. Rezervlerin çoğu doğrudan ya da basit işlemden sonra satılabilir olmasına karşın, feldspatın kalitesinin klasik konsantrasyon teknikleri, yani yüzdürme ve manyetik ayırma uygulanarak artırılabilir olduğu görülmektedir (Bayata, 2006).

Kurcan (2006), Kalemaden San. ve Tic. A.Ş.'ye ait Çine yöresi feldspat (albit) cevherinin flotasyonu ve flotasyonla zenginleştirme veriminin artırılmasına yönelik deneysel araştırmalar

yapmıştır. Feldspat (albit) cevherinin fiziksel, kimyasal, mineralojik özellikleri ve serbestleşme tane boyutu belirlenmiştir. Albit mineralinin serbestleşme boyutunun 300 mikron'un altında olduğu bulunmuş ve kırma-öğütme testleri yapılarak feldspat cevheri flotasyon için hazırlanmıştır. Verim artışı dışında asit kullanımının kaldırılması, tek çeşit kimyasal kullanılması, işçiliğin azaltılması, kapasitenin artırılması, kontrolün kolaylaşması, maliyetin azalması gibi avantajlarının olduğu araştırmalar sonucu tespit edilmiştir.

Günçelik (2006), farklı sanayilerin ihtiyaçlarını karşılamak için doğada beraber bulunan ve yapısal benzerlikler gösteren feldspat ve kuvarsın birbirlerinden ayrılmasını amaçlayan bir çalışma yürütmüşlerdir. Burada amaç porselen ve seramik sektörü için kullanılabilir bir feldspat minerali eldesidir. Yapılan çalışmalarda Nevşehir-Gülşehir cevheri üzerinde tek ve çift değerlikli (NaCl, KCl, CaCl₂, BaCl₂) tuzların etkisi araştırılmıştır. Denver flotasyon deneyleri ile hem doğal hem de HF' li ortamda çalışma parametreleri belirlenmiştir. Çalışmalar sonucunda elde edilen ürünlerin seramik ve porselen sanayinde kullanılabileceği tespit edilmiştir.

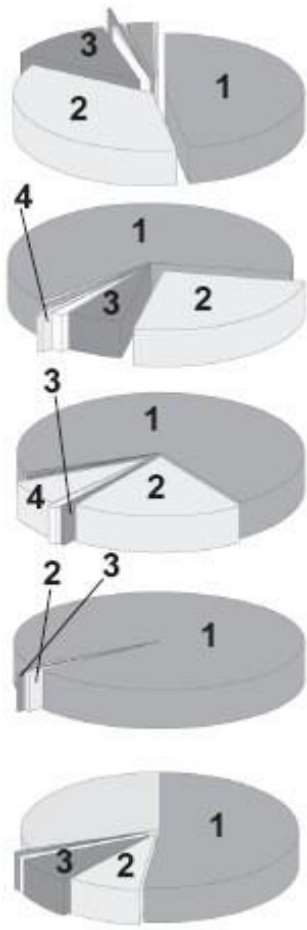
Son yıllarda pek çok araştırma seramik sektöründe kullanılmakta olan feldspat cevherlerinin zenginleştirme veriminin artırılmasına yönelik yapılmıştır. Bu çalışmada da porselen karo üretiminde maliyeti düşürmek için alternatif hammadde araştırmak hedeflenmiştir.

Şekil 4.6 porselen karo kompozisyonları/ürünlerinin kimyasal ve fiziksel karakteristikleri hakkında genel açıklamalar içermektedir.

Plastik Kil (B) presleme esnasında ihtiyaç duyulan yaş plastik özelliklerini sağlar ve kuruma sonrası eğilme dayanımı verir.

Kaolen (A) plastik kilin fırınlanmamış özelliklerini tamamlar, aynı zamanda gövdenin alümina içeriğini artırmak için de esastır. Feldspat standart fırınlama sıcaklıklarında (1200-1230°C) ergitici olarak davranır.

Kuvars, feldspatların ergimesine katıldığı yerlerde, viskozite ayarına ve camsı akışa yardımcı olur; feldspatların ergimesine katılmadığı yerlerde ürünün kristal fazının temel matriksini kaolenin dekompozisyonu ile oluşan az miktarda müllit ile beraber oluştururlar.



	1	2	3		4				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P.F.	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
A	48/50	35/38	12/13	0.3/0.7	0.3/0.6	0.1/0.3	0.2/0.4	0/0.4	0.2/0.3
B	62/66	23/27	6/7	1.3/1.6	0.5/0.8	0.2/0.5	0.3/0.5	0.5/0.8	0.3/0.6
C	69/71	18/20	0.5	1/1.5	6/7	0.2/0.4	0.2/0.4	0.1/0.3	0/0.5
D	97/98	0.5/1	0.2	-	0.1/0.3	-	0.2/0.4	0.1/0.2	0.1/0.2
E	51/52	8/9	7/8	0.1/0.3	-	0.2/0.4	0.5/0.7	0.2/0.4	29/31

A- Yarı plastik beyaz kil; B-Plastik beyaz kil; C-Sodyum feldspat; D-Kuvars; E-Talk

Fiziksel Özellikler	A	B
Kurutma Öncesi Kirilma Yüğü Kg/cm ²	4/6	8/10
Kurutma Sonrası Kuru Kirilma Yüğü Kg/cm ²	10/15	20/30
1100°C'DE Fırınlandıktan Sonra	A	B
Porozite %	10/12	3/6
Küçülme %	5/7	4/6
Fırınlama Sonrası Kirilma Yüğü Kg/cm ²	120/150	250/350

Şekil 4.6. Porselen karo üretiminde kullanılan hammaddelerin fiziksel ve kimyasal karakteristikleri. Tablo sodyum feldspatı belirtmektedir, fakat potasyum feldspat veya ikisinin karışımı da kullanılabilir. Tabloda gösterilen en düşük değerler (%0.5-1) Şekilde gösterilmemiştir (Özkan, 2002/2008).

Porselen karolar kimyasal stoneware olarak bilinen malzemeden geliştirilmiştir. Bunlar bugüne göre eski teknoloji kullanılarak küçük karoları (5x5 cm, 10x10 cm) üretilirlerdi.

Modern kompozisyonların, rulolu fırınların ve modern, yüksek güçlü hidrolik preslerin benimsenmesi, ürünün teknolojik karakteristiklerinde hızlı gelişmeyle sonuçlanmıştır ve hızlı fırınlama ile de güvenilirlik kazanmıştır.

Şekil 4.7 geleneksel kimyasal stoneware (1 numara: fırınlama sıcaklığı 1200-1220°C ve fırınlama döngüleri 30-50 saat) ve günümüz hızlı pişirim (2 numara: fırınlama sıcaklığı 1200-1230°C ve fırınlama döngüleri 50-70 dakika) kompozisyonunu karşılaştırmaktadır.

Fırınlanmış malzemelerin yapıları her ikisinde de benzerdir fakat yavaş fırınlamada yüksek müllit içeriği vardır ve mikroporiziteler (kapalı veya açık porlar) yoktur, bundandolayı

çok yüksek lekelenme direncine sahiptir.

Neredeyse sıfır porozite ve müllit kristallerinin oluşumu, sinterlemeye ve sertleşmeye yardım eden, uzun fırınlama zamanına bağlıdır.

Şekil 4.8’de gösterilen porselen karo kompozisyonu (2 nolu) tipik bir kompozisyonudur ve temel(baz) gövde olarak da adlandırılır.

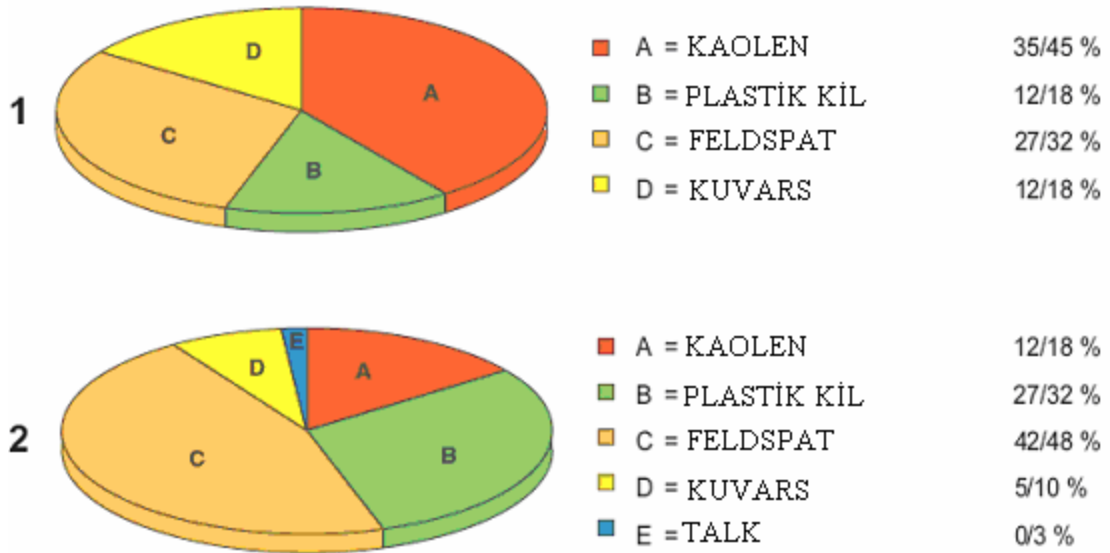
Çözünür tuzlarla dekorlanan karolar için çok beyaz (süperbeyaz) gövde, renklerin ayrıntılarını ve yoğunluğunu ortaya çıkardığı için tercih edilir.

Zirkonyum silikat, anhidrit alümina, vs. gibi diğer hammaddeler beyazlığı artırmak için kullanılır; bunlar refrakter hammaddelerdir ve kuvars ile kısmi olarak yer değiştirilerek kullanılır.

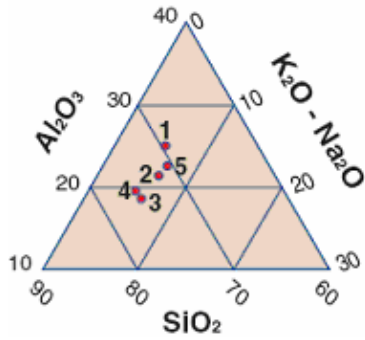
Yukarıdaki kavramları açıklamak için Şekil 4.8 seramik stoneware gibi tünel fırınlar ile kullanılan bazı temel(baz) ve süper beyaz gövdelerin kimyasal analizini vermektedir.

Bu kompozisyonlar için $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-(K}_2\text{O+Na}_2\text{O)}$ üçlü diyagramı da verilmiştir.

Düşünülen oksidin tipine bağlı olarak toleransı bulunduğundan bu değerler sadece kaba bir rehber olarak alınabilir.



Şekil 4.7. Yukarıda tanımlanan hammaddeleri kullanarak muhtemel porselen karo bileşenleri. 1) Geleneksel proses döngüleri için standart porselen karo kompozisyonu (1200- 1220°C sıcaklıkta ve 30-50 saat fırınlama döngüsünde). 2) Hızlı döngüler için kompozisyon (1200-1230°C sıcaklıkta ve 50-70 dakika fırınlama döngüsünde) (Özkan, 2002/2008).

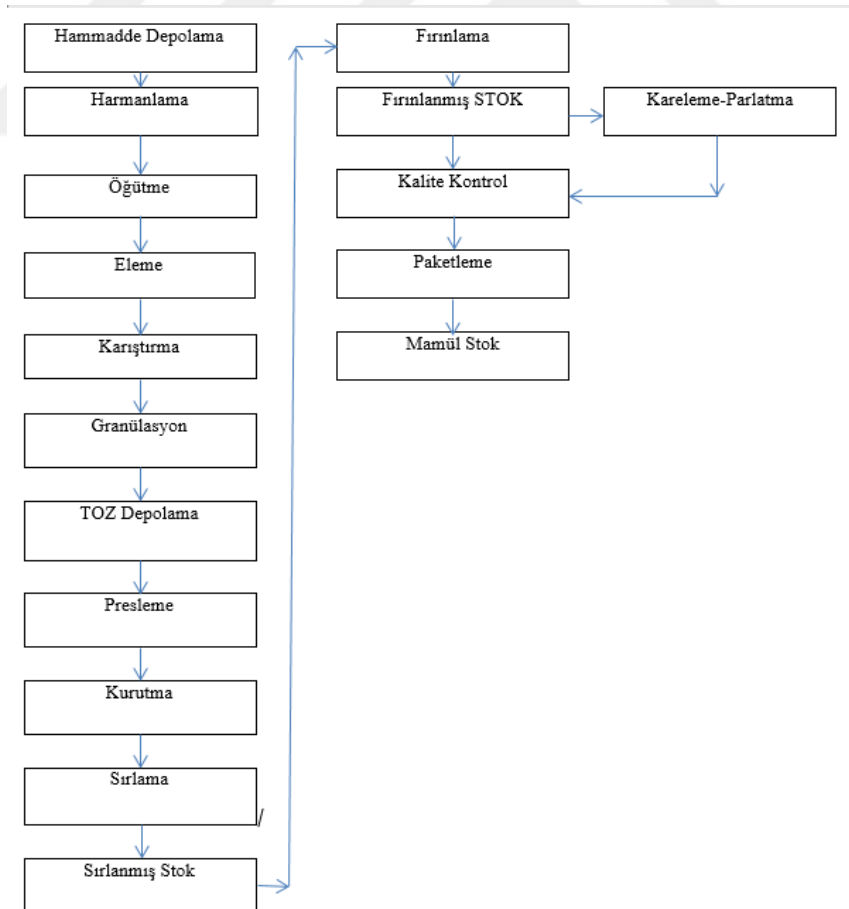


Gövde bileşenleri	1	2	3	4	5
SiO ₂	65	67	71	68	64
Al ₂ O ₃	24	21.0	18	18	21
K ₂ O	1.5	1.7	1.8	1.4	2.9
Na ₂ O	3.0	4.5	4.0	3.5	3.9
CaO + MgO	0.1	0.8	0.9	0.7	0.7
Fe ₂ O ₃ + TiO ₂	0.3	0.8	0.9	0.6	1.0
ZrO ₂	-	-	-	4.4	3.1
P.F.	6.1	4.2	3.4	3.4	3.4

Şekil 4.8. Aşağıdaki gövde kompozisyonlarını gösteren SiO₂-Al₂O₃-(K₂O+Na₂O) üçlü diyagramı: 1.Kimyasal stoneware (tünel fırında fırınlanan) 2-3. Porselen karo (baz gövdeler). 4-5. Porselen karo (süperbeyaz karolar) (Özkan, 2002/2008).

4.4. Porselen Karo Üretim Prosesi

Porselen karo üretim süreci akış şeması Şekil 4.9'da verildiği gibidir.



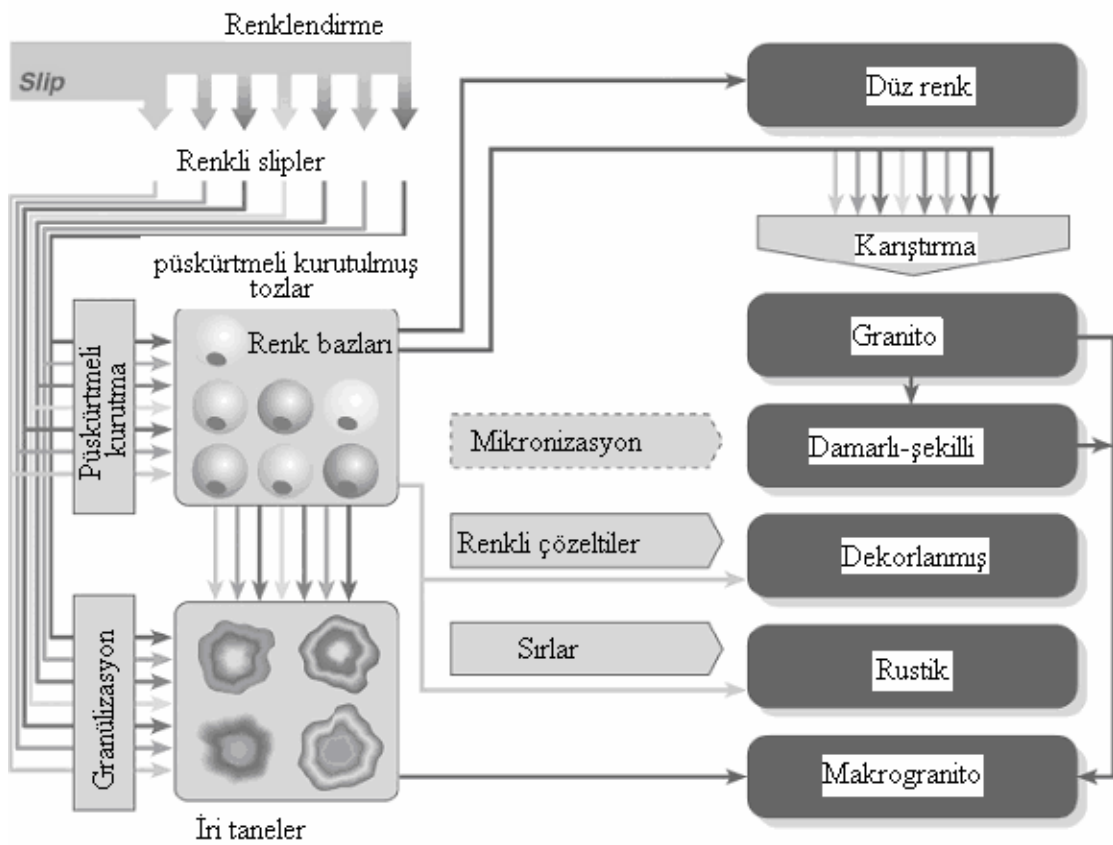
Şekil 4.9. Porselen karo farklı ürün tipleri için üretim akış şeması.

4.4.1. Harmanlama

Öğütme şekline bağlı olarak (continue veya discontinue) harmanlama sistemleri farklı ekipmanlar ve otomasyon gerektirmektedir.

Discontinue öğütme sistemlerinde hammaddelerin harmanlanması basit tartım sistemleri ile yapılmaktadır.

Continue öğütme sistemlerinde hammaddelerin harmanlanması için continue tartım yapan, aynı zamanda konveyör bant üzerinde harman hazırlayan daha komplike continue sistemler kullanılmaktadır. Hazırlanan harman değirmen besleme silosunda toplanır. Buradan continue olarak değirmene beslenirken aynı zamanda belirlenen miktarda su ve deflokulant da otomatik olarak değirmene continue beslenir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Farklı porselen karo tiplerinin muhtemel üretim akışlarını gösteren blok diyagramı (Özkan, 2002/2008).

Bazı sistemlerde killer ayrı bir yerde açılarak continue değirmene dozajlanır. Aynı zamanda sırlı ve sırsız ham atıklar da su ile açılarak değirmene dozajlanabilir. Fakat killer su ile

düşük yoğunlukta açılabilirdi için son zamanlarda çok tercih edilen bir yöntem değildir.

4.4.2. Öğütme

Porselen karo üretiminde daha ince öğütülmüş çamura ihtiyaç duyulduğundan dolayı enerji maliyeti daha düşük olan continue yaş öğütme sistemleri tercih edilmektedir. Genellikle continue sistemler ile baz çamur, discontinue sistemlerle renkli çamur üretilir. Otomatik karıştırma sistemleri ile baz ve renkli çamur karıştırılarak renlendirilmiş çamur elde edilir.

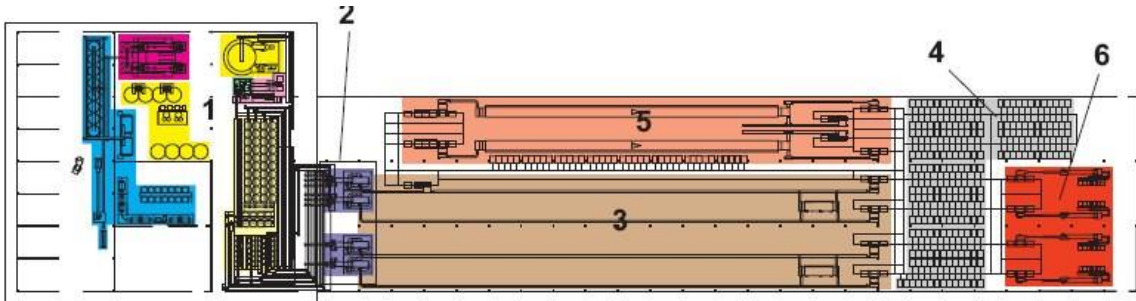
Continue değirmenin kapasitesine göre belirlenen sayıda çift katlı titreşimli elekler ile üretilen baz çamur, üst tane dağılımını belli bir noktada kesmek için elenir.

Elek üzerinde kalan bakiye, su ile birleşerek tekrar değirmene beslenir.

4.4.3. Gövde renklendirme

Baz çamur yüksek konsantrasyonlu pigmentler ile renklendirilebilir.

Baz ve renklendirilmiş çamurlar, ölçüm ve akış kontrol cihazları kullanılarak karıştırılırlar. Şekil 4.11’de porselen karo, makro granito ve dekorlu karoların üretimi için fabrika çizimi verilmiştir.



Şekil 4.11. Porselen granito, makro granito ve dekorlu karoların üretimi için fabrika çizimi. 1- Gövde hazırlama alanı; 2- Presleme ve kurutma bölümü; 3- Sırlama bölümü; 4- Fırınlanma/fırınlanmış karo depolama; 5- Fırınlama bölümü; 6- Kalite ayırım bölümü (Özkan, 2002/2008).

Hacimsel karışım sistemleri tanklardaki konsantrasyonlu renkli çamurları (her biri sadece tek renk içerir) harmanlar ve üreticiye istediği konsantrasyon derecesine göre dağıtım oranını ayarlamasını sağlar.

Kütlesel karışım sistemleri sıvı çamurları dozlamak için yoğunluk ölçümlerini kullanır. Elektronik karıştırma kontrol sistemleri, doğru ayarlama yapmayı ve karıştırma prosesinin takibini sağlar.

4.4.4. Püskürtmeli kurutma

Bir fabrikadaki püskürtmeli kurutma sayısı, fırın kapasitesine, kullanılan çamurun yoğunluğuna ve üretilecek renkli toz sayısına göre belirlenmektedir.

Püskürtmeli kurutma teorik olarak tüm seramik ürünler için aynı olsa da, toz karışımının karmaşıklığı (estetik ve ticari amaçlara bağlı) ihtiyaç duyulan tank, silo, püskürtmeli kurutucuların potansiyeli ve sayılarını belirler.

Bundan başka, regranülasyon işleminin ihtiyaç duyulduğu yerlerde ekstra tane depolama silolarına gerek duyulacaktır. Mikronize tozlar ve taneleri bir kenara bırakırsak (sırasıyla damarlı ve makro granito için kullanılan), baz gövdeler için optimum tane boyut dağılımı ve granitoları üretmek için kullanılan renkler diğer tip karoların üretimindekiler ile benzerdir.

4.4.5. Püskürtmeli kurutulmuş tozların regranülasyonu

Birçok durumda, topakları elde etmek için kullanılan yarı-bitmiş ürün püskürtmeli kurutulmuş tozlardır. Şekil 4.12'de kurutulmuş tozların depolama siloları gösterilmektedir. Granüllerin üretilmesindeki başlıca endüstriyel metodlar:

- *kuru regranülasyon*

Püskürtmeli kurutulmuş tozlar, öğütülebilen ve ihtiyaç duyulan tane boyut dağılımını karşılamak için elenebilen topakları üreten topaklaştırıcılarla kuru olarak sıkılaştırılır.



Şekil 4.12. Granül depolama siloları (Özkan, 2002/2008).

Renklendirme kuru pigmentin (farklı renklendirilmiş olabilir), dönen karıştırıcı içerisinde karıştırılan toz kütle üzerine püskürtülmesi ile elde edilir. Proses simültane olarak topaklaşma ve renklendirmeyi sağlar.

Makro granito üretimi için anahtar görüş tozların ve tanelerin harmanlanmasıdır; harmanlama depolama silolarının çıkışına yerleştirilmiş kayış besleyicilerle sağlanır.

Hammaddelerle birlikte, bu cihazlar konveyör hızını denetlemek için yük hücreleri ve kodlayıcılarla donatılmıştır.

Elektronik harmanlama kontrol sistemi formülleri saklar, dağıtım oran kurulumlarını ayarlar ve kontrol eder.

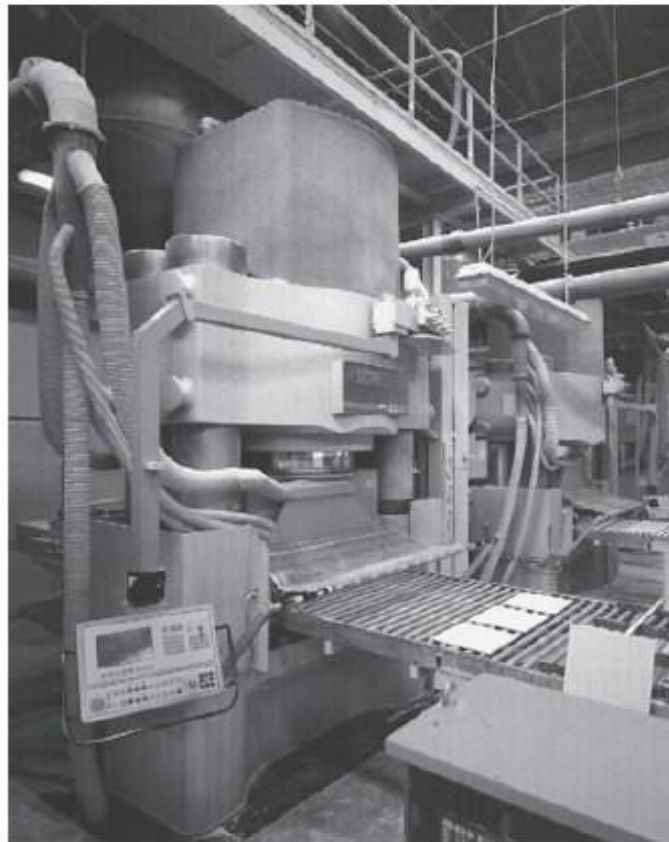
Harmanlanmış ve karıştırılmış tozlar daha sonra karıştırılmış ürün silosuna veya direkt olarak pres besleme ünitesine taşınır.

4.4.6. Presleme

Preste elde edilen sıkışma, fırınlanmış üründe küçülmeyi sınırlandıran, poroziteyi düşüren yüksek yoğunlukta karo elde etmemizi sağlar. Bununla birlikte belirlenen spesifik basınç (genellikle $350-450\text{kg/cm}^2$ civarında), organik maddelerin oksidasyonuna ve fırınlama esnasında gazların çıkışına engel olmayacak karo yoğunluğunu elde edecek şekilde olmalıdır.

Diğer bir faktör ise; pres kalıbına doldurulan tozların homojen olmasıdır. Bazı karışımların fiziksel özellikleri homojen doldurmaya engel olabilir. Bunun için tozların tane boyut dağılımları çok önemlidir.

Kalıplarda homojen dolumu sağlayabilmek için ızgaralı sürgü sistemleri kullanılmaktadır. Kullanılan ızgara tipi boyut dalgalanmalarını ve yüzeyde görülebilecek hataları sınırlandırmaya yardımcı olur. Şu anda kullanılmakta olan izostatik kalıplar da bu hatların sınırlandırılmasında önemli bir role sahiptir. Şekil 4.13'de kullanılan hidrolik pres resmi verilmiştir.



Şekil 4.13. Hidrolik pres (Özkan, 2002/2008).

4.4.7. Kurutma

Porselen karoların kurutması diğer seramik karolara göre biraz daha düşük granül rutbeti ile prelenmesinden dolayı daha kolaydır. Kurutma çalışma şartları, sıcaklığı ve süresi diğer karo tiplerinde kullanılan ile benzerdir.

Porselen karoların, kurutma sonrası uygulanacak sır ve dekorlama aplikasyonlarına dayanacak kuru eğilme dayanımına (25-30 kg/cm²) sahip olmaları gerekir.

Seramik malzemelerde kırılma olmaması için kurutmanın homojen olması gerekmektedir (Callister ve Rethwisch, 2013).

Kurutma sistemleri dikey ve yatay olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Her ikisinde de kurutma gerçekleşir. Karo boyutu ve kalınlığına göre tercih edilmektedir.

Sırlama hatlarında aplikasyonda yüzey problemleri yaşamamak için kurutulmuş karoların istenilen sabit sıcaklıklarda çıkması gerekmektedir. Eğer homojen sıcaklık dağılımı yakalanamaz ise; farklı renk tonlar (fırınlanmış üründe) ve yüzey hataları ile karşılaşılabilir.

4.4.8. Dekorasyon

Porselen karolarda ürün çeşitliliğinin artması ile beraber, çok donanımlı sırlama bantları kurulmaya başlanmıştır.

Bu sırlama hatları ürünlerde uygulanan aplikasyon sayısına, uygulanan sır gramajına bağlı olarak 100 metreye kadar çıkmaktadır.

Sırlamaya etki eden başlıca faktörler:

- *Kurutma çıkışı karo sıcaklığı:* karo üzerinde tuz solüsyonunun difüzyonunu etkiler.
- *Uygulama tipi ve metodu:* renklendirici tuzların veya sırların miktarı uygulama metoduna (disk, elek baskı makinesi, püskürtme tabancası) göre değişkenlik gösterir, her bir metod kendi spesifik karakteristiklerine ve özelliklerine sahiptir. Elek baskı pastası ile dekorlamada tuzların gövde içine nüfuz etmesi daha uzun sürer.
- *Uygulanan miktar:* renklendirici tuzun miktarı rengin şiddetini belirler, emilim deriliğini etkileyen solvent de rengin şiddetini belirlemektedir.

- *Kurutulmuş karoların stabilizasyonu: Sırlama hattı üzerine özel kurutma sistemleri ilave edilebilir.*

4.4.9. Fırınlama

Daha öncede belirtildiği gibi, fırınlama kütlenin vitrifikasyonunu (neredeyse sıfır su emme) ve boyutsal kararlılığı sağlamak için yapılır. En önemli faktörler:

- gövde bileşenlerinin reaktivitesi
- çamur tane boyutu
- presleme basıncı
- fırınlama sıcaklığı ve süresi.

Tamamen vitrikiye karolarda optimum sinterleme, kil bileşenlerinin reaktivitesine, feldspatlar tarafından geliştirilen vitrifikasyon hareketine ve giderek büyüyen camsı faza bağlıdır.

Kil kafesinin, camsı akış ile başlayan ve yoğun yapı oluşana kadar devam eden, karmaşık bozunma reaksiyonu fırınlama sırasında temin edilen ısı enerjisi ile kontrol edilir.

Çamurun öğütülmesi ve preslenmiş karo yoğunluğu gibi diğer faktörler reaksiyonun kinetiğini etkiler.

Bileşenler arası reaksiyonlar için gerekli ısı enerjisi fırınlama eğrisi (Şekil 4.14) ile tanımlanır; bu eğri karo geometrisini etkilemeden reaksiyonların gerçekleşeceği enerji miktarını sağlamak için dizayn edilmiştir.

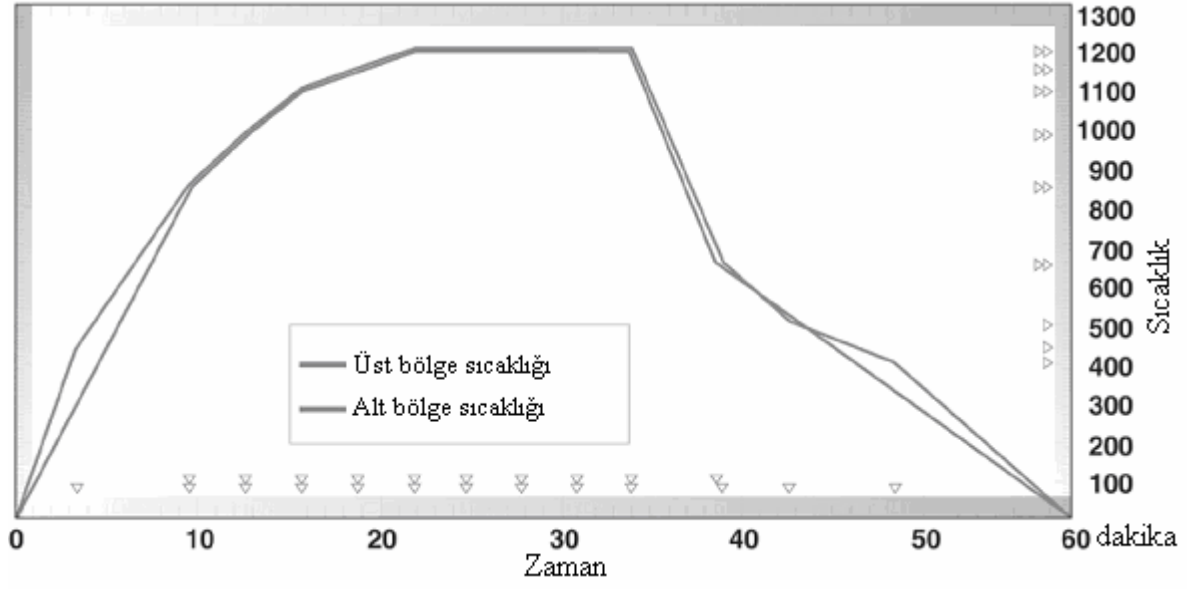
Porselen karo için kullanılan fırınlama döngüleri en küçük ve ince karolar (örneğin 20 x 20 cm, 7 mm kalınlığında) için 45 dakika ile en büyük ve kalın olanlar için (örneğin 60 x 60 cm, 12 mm kalınlığında) 90 dakika aralığındadır.

Fırınlama süresi 100 x 200 cm gibi ölçü dışı boyutdaki karolar için 120-160 dakikaya uzayabilir.

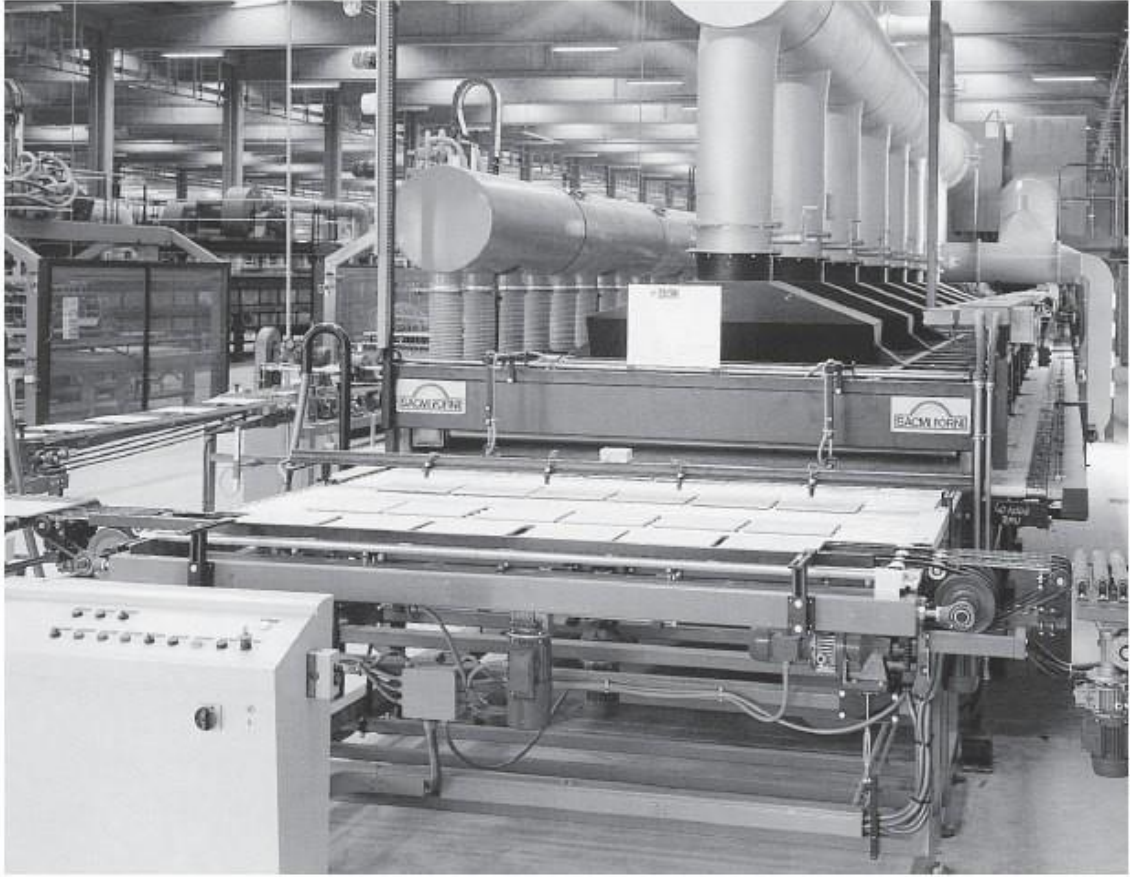
Maksimum fırınlama sıcaklığı 1180 ile 1240°C arasındadır. Kesin sıcaklık değeri bünye kompozisyonuna, çamur öğütme derecesine, ham karonun preslenmiş yoğunluğuna vb. bağlıdır.

Son teknoloji rulolu fırınlar (Şekil 4.15), otomatik kontrol sistemleri ile donatılmıştır ve farklı noktalarda homojen sıcaklık dağılımı elde etmek üzere dizayn edilmişlerdir.

Bu bilgisayarlı otomasyon sistemleri aynı zamanda, tüm üretim verileri ve çalışma şartlarının saklanması ve istenen periyotta raporlanmasını sağlar.



Şekil 4.14. Porselen karolar için fırınlama eğrisi (Özkan, 2002/2008).

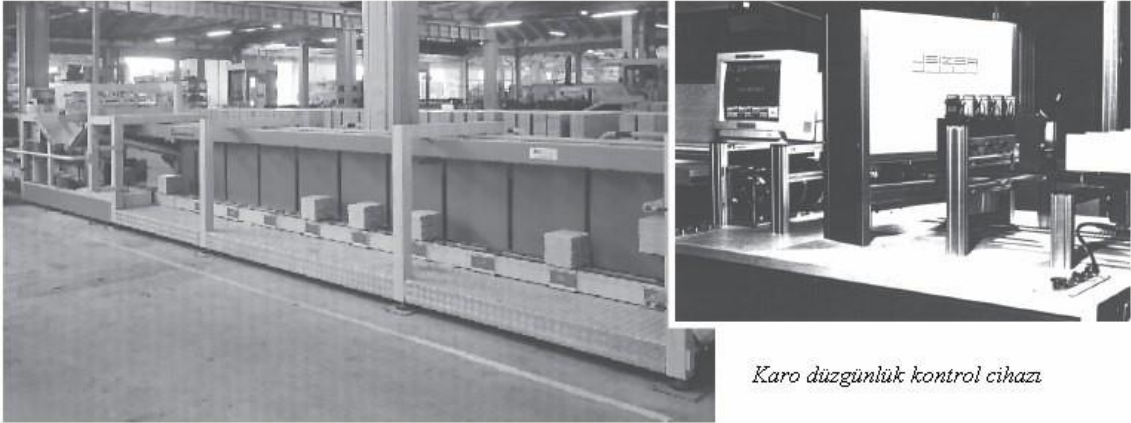


Şekil 4.15. Tek katlı yüksek sıcaklık rulolu fırın (Özkan, 2002/2008).

4.4.10. Kalite ayırım

Kalite ayırım, karoların pazarın kalite ihtiyaçların göre seçilmesi ve alt gruplara ayrılması, bitmiş ürünün karakteristiklerine etki etmese de, üretim prosesinde önemli bir rol oynar. Şekil 4.16’da kalite ayırım hattı görülmektedir.

Karonun kalite ayırımı şirket imajını belirlemede önemli bir araçtır: bu nedenle kalite ayırım kriterleri büyük dikkat içerisinde belirlenmelidir.



Şekil 4.16. Kalite ayırım hattı (Özkan, 2002/2008).

4.4.11. Parlatma ve kareleme

Porselen karolar yüzeylerinin parlatılması sonucunda yüksek kalitede, derinlik içeren yüzeyler elde edilir.

Parlatmanın aşamaları:

a) Parlatma

Kaliye ayırım aypılan ve yüzey- köşe düzgünlüğüne göre seçilen karolar genellikle ıslak parlatılır. Makine, aşındırıcı malzeme blokları içeren dönen kafalardan oluşan bir çok istasyonu içermektedir.

Parlatma aşamasının bölümleri:

- *yüzey düzleme*: Elmas tamburlar ile yüzey deformasyonu alınarak düz bir yüzey elde edilir.
- *yüzey aşındırma*: Silisyum karbür aşındırıcılar kullanılarak parlatmaya hazırlık yapılır.
- *parlatma*: İriden inceye aşındırıcılar ile tamamen pürüzsüz yüzey elde edilir.
- *tamamlama*: İnce ve çok ince aşındırıcılarla yüzeye son parlaklığı verilir.

Yukarıdaki proses tamamlandığında, kareleme ve pah verme işlemi yapılır.

b) Kareleme ve pah verme

Kareleme makinalarında elmas bıçaklar ile sulu olarak tüm kenarlar aynı ölçüye gelecek şekilde traşlanır. Hattın sonunda keskin olan üst ve alt kenara pah verilir.

Kenarları düzeltmek üreticilere aynı boyutta karo üretmesine izin vermektedir, aynı zamanda parlatılmayacak mat ürünlere de kareleme yapılmaktadır.

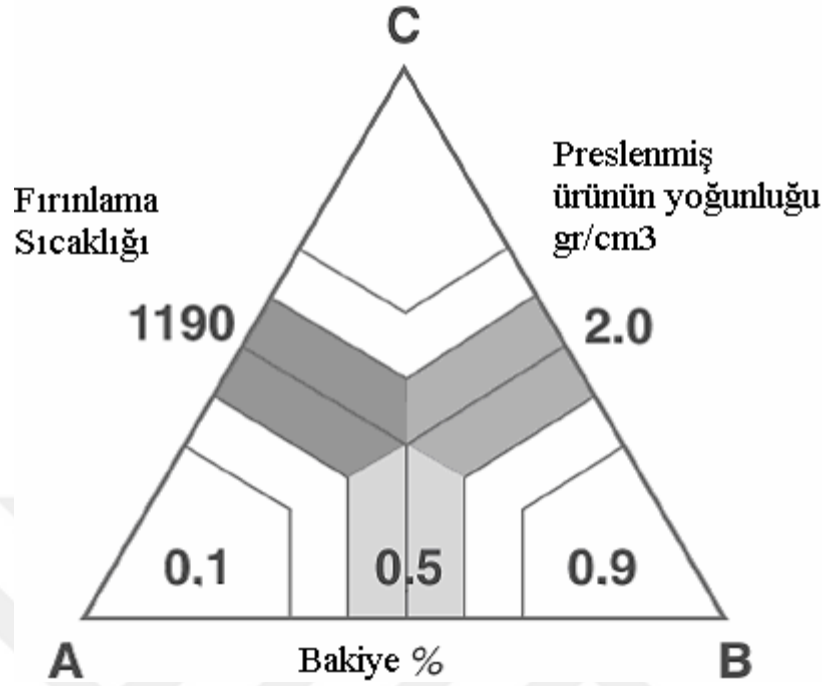
4.5. Temel Teknolojik Parametreler

Nihai ürünün özellikleri hammaddelerin kimyasal ve mineralojik özelliklerine bağlı olduğu kadar üretim süreci sırasında kullanılan teknolojik parametrelere de bağlıdır.

- a) *Öğütme:* Fırınlama esnasında ergimeye yardımcı olması için öğütülmüş çamurun elek üstü bakiyesi (230 mesh'lik elekte) %0.5-1 aralığında (ortalama tane çapları 15-20 mikron) olmalıdır. İnce öğütme özgül yüzey alanının artmasına ve dolayısıyla fırınlama reaktivitesinin artmasına yardımcı olur.
- b) *Ham bünye yoğunluğu:* Preslemenin amacı fırınlama esnasında black core oluşturmayacak, gaz çıkışına engel olmayan max. basınç ile en yüksek yaş eğilme dayanımı ve yüksek yoğunluk elde etmektir. Presleme basınçları 350-450 kg/cm², preslenmiş ham karo yoğunluğu 1.95-2.00 g/cm³ değerlerini arasındadır. Makro granitoda tanelerin kütsel yoğunluk değişimlerini telafi etmek için daha yüksek presleme basınçları (600 kg/cm²'ye kadar) gereklidir.
- c) *Fırınlama sıcaklığı ve süresi:* Bu son aşamada öğütme ve preslemenin sonuçları görülmektedir. Burada anahtar parametreler sıcaklık ve pişirim süresidir. Eğer çok düşük poroziteli vitrifiye malzeme elde edilmek isteniliyorsa dikkatlice hesaplanmaları gerekmektedir. Ortalama olarak, hızlı pişirim porselen karolar 50-70 dakika fırınlama süresi ve 1200-1230°C fırınlama sıcaklığı gerektirmektedir.

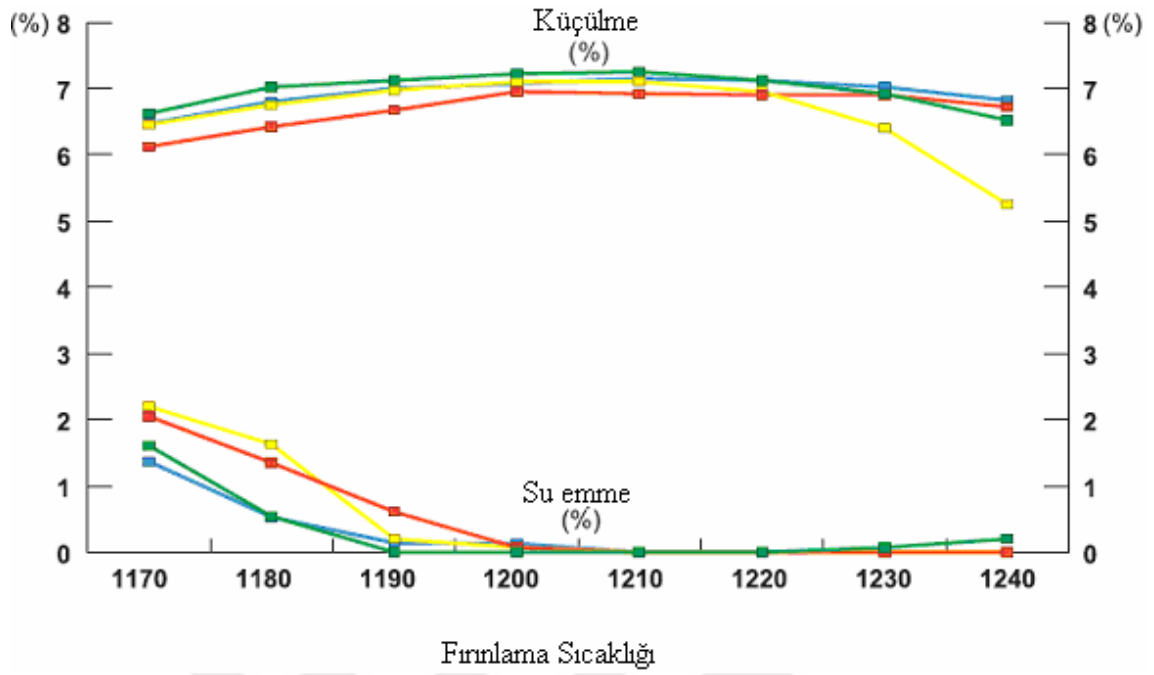
Bu parametrelerin tamamının birlikte değerlendirilmesi ve birbirleri ile etkileşimi değerlendirilmesi gereken en önemli konudur.

Bitmiş ürünün özellikleri (hemen hemen sıfır su emme, çok yüksek eğme mukavemeti, fevkalade derin aşınma dayanımı ve lekelenmeye karşı mükemmel direnç) hammaddelerin seçiminden ve harmanlama, öğütme, presleme, kurutma ve fırınlama aşamalarından etkilenmektedir (Şekil 4.17).

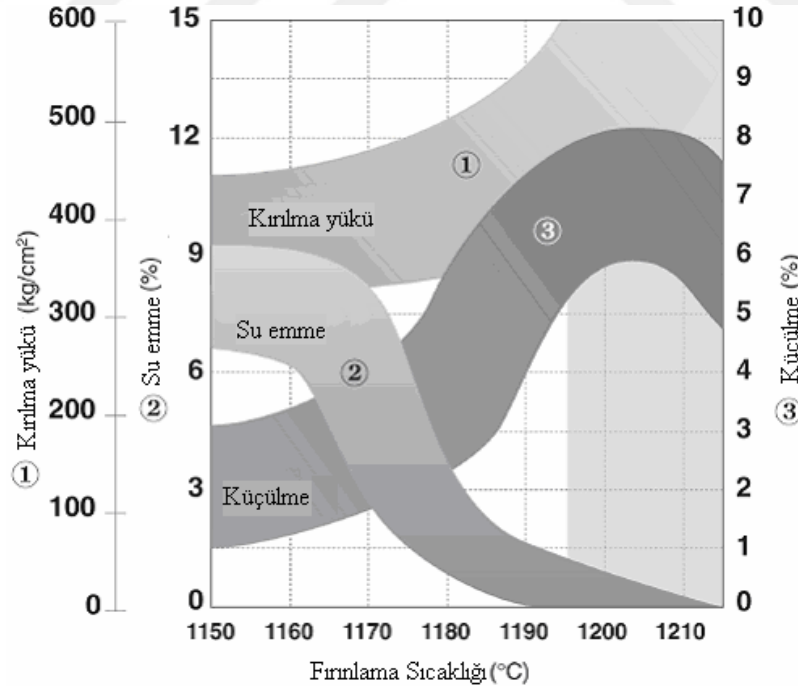


Şekil 4.17. Öğütme, fırınlanmamış hacimsel yoğunluk ve fırınlamanın karo vitrifikasyonuna ne derece etkilediğini gösteren diyagram (Özkan, 2002/2008).

Renkli gövdeler ile farklı kompozisyonlar karşısında iyi bir vitrifikasyon eğrisi dengesi yakalamak çok önemlidir; eklenen pigmentler gövdeyi vitrifiye olmasına eğilimini ve optimum fırınlama noktasını değiştirebilir (Şekil 4.18), bazen kompozisyonu değiştirmek gerekli hale gelebilir. Şekil 4.19 eğme mukavemeti, fırınlama küçülmesi ve su emme değerlerini fırınlama sıcaklığının bir fonksiyonu olarak göstermektedir.



Şekil 4.18. Farklı pigmentler ve renklendirici oksitlerle renklendirilmiş gövdeler için vitrifikasyon eğrileri. Bu örnekte farklı eğrilerin dengesi yeterli olduğu düşünülebilir (Özkan, 2002/2008).



Şekil 4.19. Farklı fırınlama sıcaklıklarında eğme mukavemeti, küçülme ve su emme değişimleri (Özkan, 2002/2008).

5. MATERYAL VE METOD

5.1. Reçete ve Kullanılan Hammaddeler

Çalışmada standart porselen karo reçetesinde kullanılan Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatının yerine, Çizelge 5.1’de gösterildiği gibi sırası ile %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı kullanılmıştır.

Çizelge 5.1. Hazırlanan reçetelerin hammadde oranları (ağırlıkça % olarak).

	Standart Reçete	Reçete 1	Reçete 2	Reçete 3	Reçete 4	Reçete 5
Kaolen A	10	10	10	10	10	10
Kaolen B	10	10	10	10	10	10
Kil A	20	20	20	20	20	20
Kil B	12	12	12	12	12	12
Aydın-Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı	48	43	38	33	28	23
Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı	0	5	10	15	20	25
Toplam	100	100	100	100	100	100

5.1.1. Kimyasal analiz

Kullanılan Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı ve Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı’nın kimyasal analizleri Bruker S8 Tiger marka XRF cihazı ile yapılmış ve Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı ve Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının kimyasal analiz sonuçları.

	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	KK (%)	Toplam (%)
Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı	67,60	19,90	0,28	0,08	0,83	0,12	0,10	10,90	0,22	100,00
Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı	68,12	15,07	1,00	2,83	0,97	1,18	3,21	4,18	3,45	100,00

5.1.2. Mineralojik analiz

Kullanılan Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı ve Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının mineralojik analizleri Rigaku Miniflex Marka ZD1313113 Serisi kullanılarak X-ışınları difraktometre cihazı ile yapılmıştır. Cu tüpüne 40 kV gerilim ve 30 m A akım uygulanarak elde edilen $CuK\alpha$ ışınımı ($\lambda=1,54046 \text{ \AA}$) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

5.2. Çamur Hazırlama

Kullanılacak hammaddeler etüvde kurutulmuş ve tartılarak toplam 6 adet reçete 500'er gram kuru ağırlıkta hazırlanmıştır. Hazırlanan reçeteler, Gabrielli marka laboratuvar tipi jet değirmende (Şekil 5.1) 500 gram kuru hammadde karışımı, 250 gram su ve % 0,8 sodyum silikat ilavesi ile 50 dakika öğütülmüştür. Hazırlanan çamurların yoğunluk ve 63 mikron elek bakiyesi değerleri ölçülmüştür.



Şekil 5.1. Laboratuvar tipi jet değirmen.

5.2.1. Yoğunluk ölçümü

Hazırlanan çamurlar, ağırlığı 200 gram, hacmi 100 cm^3 olan metal piknometre (Şekil 5.2) ile ölçülmüştür.



Şekil 5.2. Piknometre kabı.

Yıkamış ve kurutulmuş piknometrenin terazi üzerinde darası alınır. İçerisine çamur doldurulur ve delikli kapağından çamurun fazlası taşırılarak kapatılır. Temiz bir bezle dışı silindikten sonra, piknometrenin darasının alındığı terazide tartılır. Çıkan sonuç, g/l cinsinden ifade edebilmek için 10 ile çarpılır.

5.2.2. Elek bakiyesi ölçümü

100 gram çamur etüvde kurutulur ve kuru madde miktarı belirlenir. 100 gram çamur 63 mikronluk elekten yıkanarak elenir ve elek üzerinde kalan miktar alınır. Alınan bakiye etüvde kurutulur ve tartılır. Alınan değerler Eşitlik (5.1)'de yerlerine konularak % 63 mikron elek bakiyesi değeri hesaplanır.

% Elek Bakiyesi Hesaplaması.

$$\% \text{ Elek Bakiyesi} = (EB/KM) \times 100 \quad (5.1)$$

EB = 63 mikron üzerinde kalan miktar (gr)

KM = 100 gram çamur içerisindeki kuru malzeme miktarı (gr)

5.3. Granül Hazırlama

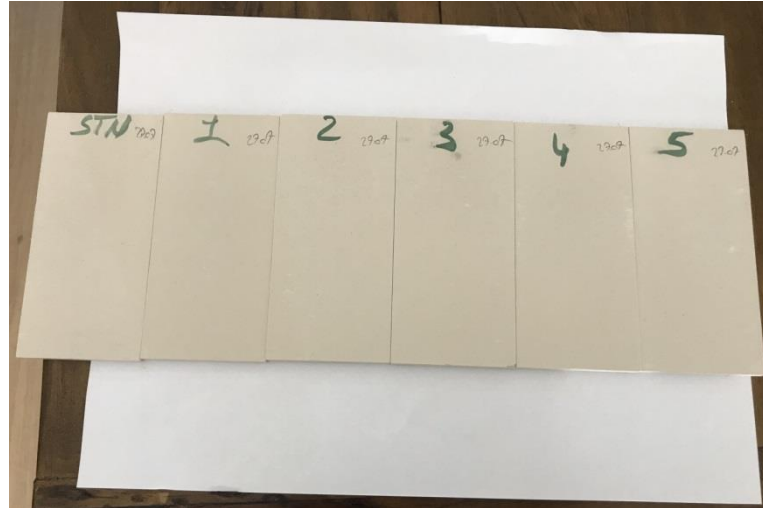
Hazırlanan çamurlar etüvde 110⁰C'de kurutulmuştur. Kurutulan çamurlar merdane ile ezilerek granül hale getirilmiş ve 1 mm'lik elekten elenmiştir. Elenen granüller spray ile su püskürtülerek ağırlıkça % 5,5 oranında nemlendirilmiştir. Nemlendirilen granüller, ağzı kapalı poşette 24 saat bekletilmiştir.

5.4. Şekillendirme ve Kurutma

Hazırlanan granüller Gabrielli marka laboratuvar tipi preste (Şekil 5.3) 460 kg/cm² spesifik basınç ile, 55x100x8 mm boyutlarında şekillendirilmiştir. Şekillendirilen numuneler (Şekil 5.4) etüvde 110⁰C’de kurutulmuştur.



Şekil 5.3. Laboratuvar tipi pres.



Şekil 5.4. Şekillendirilmiş numunelerin fotoğrafları.

5.5. Pişirme

Şekillendirilen ve kurutulan numuneler, Sacmi marka işletme roller fırınında 1210⁰C'de 62 dakikada pişirilmiştir. Pişirilmiş numunelere (Şekil 5.5) pişme küçülmesi, pişmiş eğilme dayanımı, su emme ve renk ölçümü testleri yapılmıştır.



Şekil 5.5. Pişirilmiş numunelerin fotoğrafları.

5.5.1. Pişme küçülmesi ölçümü

Pişirilmiş numunelerin pişme küçülmesi değerlerinin hesaplanabilmesi için, numunelerin pişme öncesi boyutları ve pişme sonrası boyutları kumpas ile ölçülmüştür. Ölçülen değerler aşağıdaki eşitlik (Eşitlik 5.2)'de yerine konularak % pişme küçülmesi değerleri hesaplanmıştır.

% Pişme Küçülmesi Değeri Hesaplaması.

$$\%Ç = ((İE-SE) / İE) \times 100 \quad (5.2)$$

Ç= % pişme küçülmesi.

İE = Pişme öncesi ebat.

SE = Pişme sonrası ebat.

5.5.2. Pişmiş eğilme dayanımı ölçümü

Pişirilmiş numunelerin eğilme dayanımı ölçümleri Gabrielli marka Flexi 1000 LX-650 model (Şekil 5.6) pişmiş eğilme dayanımı ölçüm cihazı ile yapılmıştır.



Şekil 5.6. Eğilme dayanımı ölçüm cihazı.

Numuneler cihazın alt mesneti üzerinde sağda ve solda eşit çıkacak şekilde konulur. Cihaz aşağıdaki eşitliğe göre (Eşitlik 5.3) eğilme dayanımı değerini kg/cm^2 cinsinden otomatik olarak hesaplar.

% Pişmiş eğilme dayanımı değeri hesaplaması.

$$D = 3PL/2bd^2 \quad (5.3)$$

D = Eğilme dayanımı (N/mm^2)

P = Eğme kuvveti (N)

L = Cihazın iki mesnet arası mesafesi (mm)

b = Numune uzunluğu (mm)

d = Numune kalınlığı (mm)

5.5.3. Su emme değeri ölçümü

Numunelerin eğilme dayanımı testinden sonra kırılmış parçaları numara yazılıp tartıldıktan sonra Gabrielli marka Isovaccum su emme ölçüm cihazı (Şekil 5.7)'na konulmuştur.



Şekil 5.7. Su emme ölçüm cihazı.

Cihazdan çıkan numuneler iyice kurulandıktan sonra tartılarak aşağıdaki eşitliğe (Eşitlik 5.4) göre % su emme değerleri hesaplanmıştır.

% Su emme değeri hesaplaması.

$$\% \text{ Su emme} = ((A_{\text{yaş}} - A_{\text{kuru}}) / A_{\text{kuru}}) \times 100 \quad (5.4)$$

A_{kuru} = Numunelerin kuru ağırlığı (gr)

$A_{\text{yaş}}$ = Numunelerin cihazdan çıkan ağırlığı (gr)

5.5.3. Renk değeri ölçümü

Piştirilmiş numunelerin renk ölçümleri Konica Minolta portable spektrofotometer ile ölçülmüştür. Elde edilen L, a, b değerlerinde; L beyazlık değerini, +a kırmızılık, -a yeşillik, +b sarılık, -b ise mavilik değerini vermektedir.

5.5.4. Mikroyapı analizi

Piştirilmiş numunelerin gözenek miktarını % su emme değerleri ile kıyaslamak için Fei Nova NaonoSem 650 marka SEM cihazında 5 000 kat büyütürük görüntüleri çekilmiştir.

6. BULGULAR

6.1. XRF Analizi Sonuçları

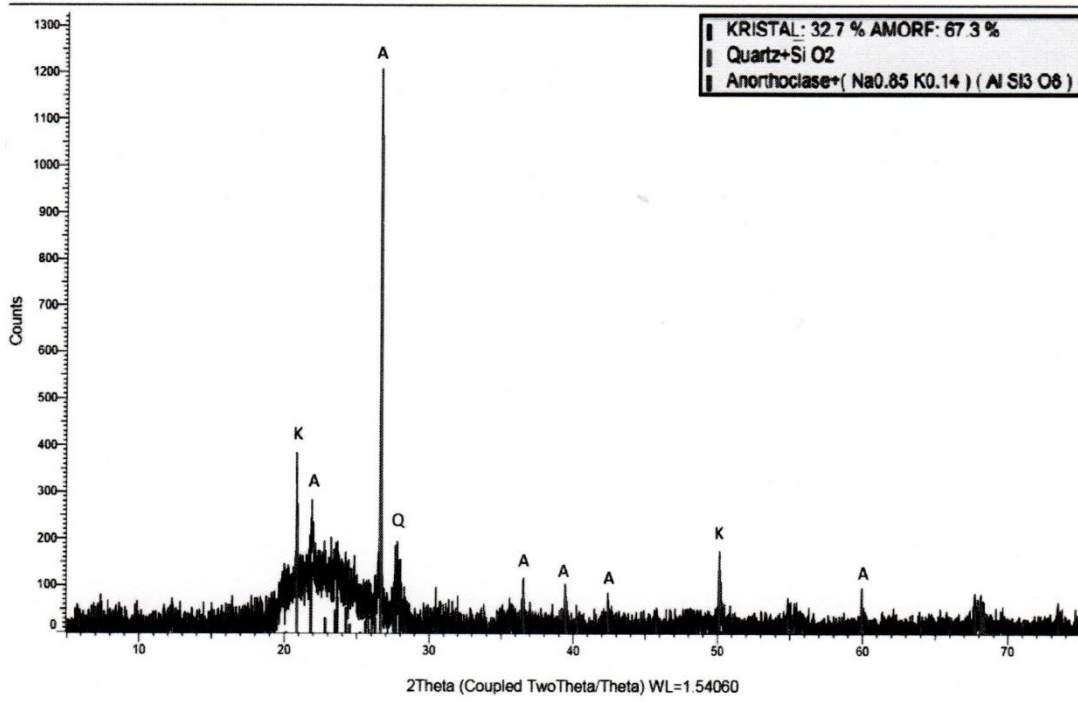
Aydın-Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı ve Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının kimyasal analiz sonuçlarında Aydın-Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı toplam ergitici oksit miktarının % 12,03 olduğu, Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı toplam ergitici oksit miktarının % 12,37 olduğu görülmüş ve toplam ergitici oksit miktarları Çizelge 6.1'de verilmiştir. Çizelge 6.1'de de görüldüğü gibi, porselen karo üretiminde ergime sıcaklığı K_2O 'dan daha düşük olduğu için tercih edilen Na_2O miktarı Aydın-Çine Bölgesi Sodyum Feldspatında %10,90 iken, Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatında % 4,18'dir. Fakat Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının toplam ergitici oksit miktarı, Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatından daha yüksektir.

Çizelge 6.1. Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı ve Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının toplam ergitici oksit miktarı.

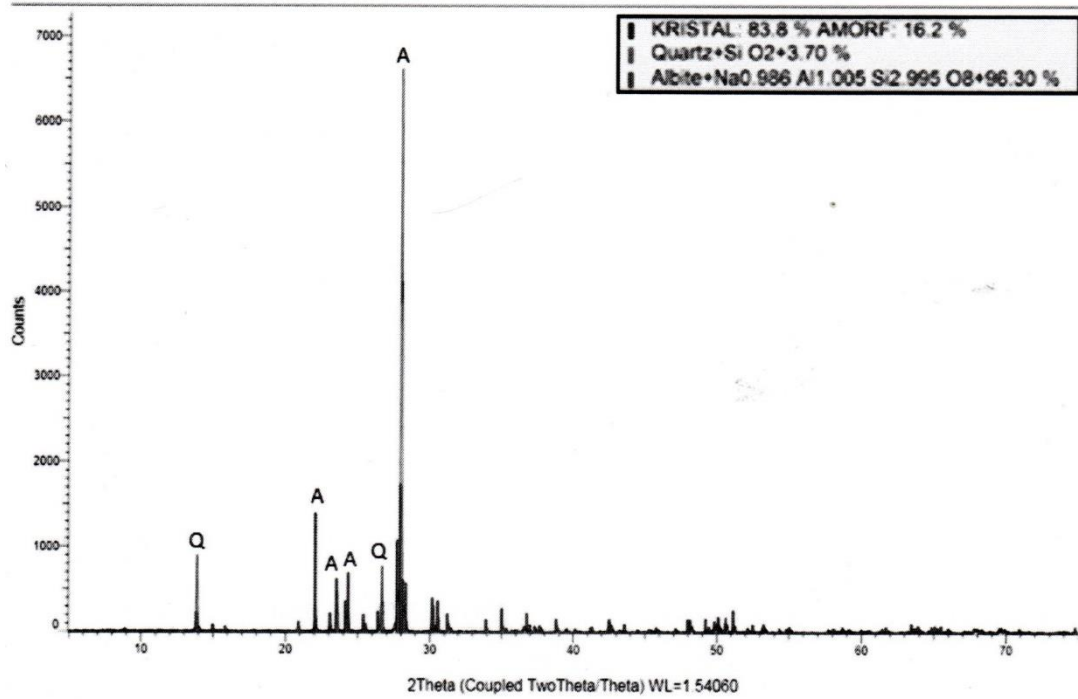
Numune	Fe_2O_3 (%)	CaO (%)	MgO (%)	K_2O (%)	Na_2O (%)	Toplam (%)
Aydın-Çine Feldspatı	0,08	0,83	0,12	0,10	10,90	12,03
Kalfat Bölgesi Feldspatı	2,83	0,97	1,18	3,21	4,18	12,37

6.2. XRD Analizi Sonuçları

Bu analiz Rigaku Miniflex Marka ZD1313113 Serisi kullanılarak X-ışınları difraktometre cihazı ile yapılmıştır. Cu tüpüne 40 kV gerilim ve 30 mA akım uygulanarak elde edilen $CuK\alpha$ ışınımı ($\lambda=1,54046 \text{ \AA}$) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.1'de Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı XRD analizi sonucu, Şekil 6.2'de ise Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatının XRD analizi sonucu görülmektedir.



Şekil 6.1. Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı XRD analizi (A=Albit, K=Ortoklas, Q=Kuvars).



Şekil 6.2. Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı XRD analizi (A=Albit, Q=Kuvars).

6.3. Yoğunluk ve Elek Bakiyesi Ölçümü Sonuçları

Aynı şartlarda ve aynı sürede öğütülmüş olan çamurların öğütme süresi, yoğunluk ve elek bakiye değerleri ölçülmüş ve Çizelge 6.2’de verilmiştir. Denemelerde Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı oranı arttıkça elek bakiyesi değerlerinin % 0,99’dan % 1,15’e kadar yükseldiği görülmüştür.

Çizelge 6.2. Hazırlanan reçetelerin öğütme süresi, yoğunluk ve elek bakiye değerleri.

	Standart Reçete	Reçete 1	Reçete 2	Reçete 3	Reçete 4	Reçete 5
Öğütme Süresi (dk)	50	50	50	50	50	50
Yoğunluk (gr/l)	1690	1687	1685	1688	1682	1691
% Elek Bakiye (63 mikron)	0,9	0,99	1,01	1,01	1,1	1,15

6.3. Pişme Küçülmesi Ölçümü Sonuçları

Pişirilen numunelerin % pişme küçülmesi değerleri ölçülmüş ve Çizelge 6.3’de verilmiştir. Denemelerde Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı oranı arttıkça % pişme küçülmesi değerinin % 7,09’dan % 7,49’a kadar arttığı görülmüştür.

Çizelge 6.3. Hazırlanan reçetelerin pişme küçülmesi değerleri.

	Standart Reçete	Reçete 1	Reçete 2	Reçete 3	Reçete 4	Reçete 5
Pişme Küçülmesi (%)	7,08	7,09	7,16	7,26	7,21	7,49

6.4. Pişmiş Eğilme Dayanımı Ölçümü Sonuçları

Pişirilen numunelerin eğilme dayanımı değerleri ölçülmüş ve Çizelge 6.4’de verilmiştir. Denemelerde Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı oranı arttıkça eğilme dayanımı değerinin 578,4 N/mm²’den 485,0 N/mm²’ye kadar düştüğü görülmüştür.

Çizelge 6.4. Reçetelerden hazırlanan karoların pişmiş eğilme dayanımı değerleri.

	Standart Reçete	Reçete 1	Reçete 2	Reçete 3	Reçete 4	Reçete 5
Pişmiş Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	585,70	578,40	533,00	512,0	498,0	485,0

6.5. Su Emme Değeri Ölçümü Sonuçları

Pişirilen numunelerin % su emme değerleri ölçülmüş ve Çizelge 6.5’de verilmiştir. Denemelerde Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı oranı arttıkça % su emme değerinin % 0,032’den % 0,058’e kadar arttığı görülmüştür.

Çizelge 6.5. Reçetelerden hazırlanan karo örneklerinin su emme değerleri.

	Standart Reçete	Reçete 1	Reçete 2	Reçete 3	Reçete 4	Reçete 5
Su Emme (%)	0,030	0,032	0,036	0,048	0,052	0,058

6.6. Renk Değeri Ölçümü Sonuçları

Pişirilen numunelerin Lab değerleri ölçülmüş ve Çizelge 6.6’da verilmiştir. Denemelerde Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı oranı arttıkça L (beyazlık) değerinin 77,66’dan 76,3’e düştüğü, b (sarılık) değerinin ise 10,01’den 10,55’e yükseldiği görülmüştür. Denemelerde a (kırmızılık) değerinin ise değişmediği görülmüştür.

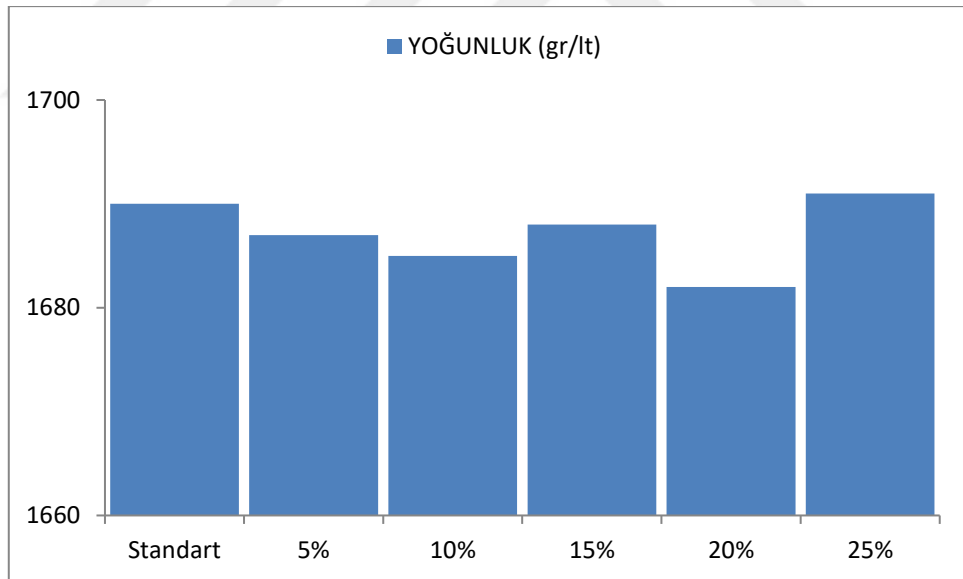
Çizelge 6.6. Reçetelerden hazırlanan karo örneklerinin L, a, b değerleri.

	Standart Reçete	Reçete 1	Reçete 2	Reçete 3	Reçete 4	Reçete 5
L	78,04	77,66	77,22	77,15	76,91	76,3
a	1,74	1,77	1,81	1,76	1,77	1,81
b	9,82	10,01	10,20	10,25	10,3	10,55

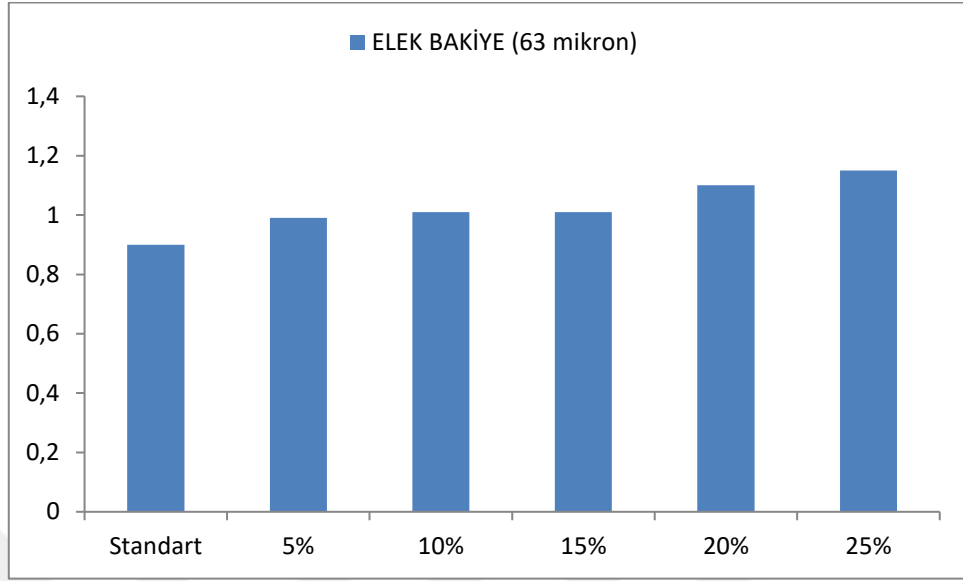
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Genel Sonuçların Değerlendirilmesi

Öğütme süreleri ve yoğunluklar (Şekil 7.1) sabit tutulmak kaydı ile Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı oranı arttıkça, çamurun 63 mikron elek bakiyesinin % 0,9'dan %1,15'e kadar arttığı (Şekil 7.2) görülmüştür. Bu da, Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatından daha sert olduğunu ve işletme şartlarında Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı ilavesi ile aynı elek bakiyesinde değirmen kapasitesinin düşeceğini göstermektedir. Çizelge 5.2'deki XRF analizinde Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatının Na_2O oranı % 10,9 , K_2O oranı % 0,10 iken Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının Na_2O oranı %4,18 , K_2O oranı % 3,21'dir. Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının daha sert olması K_2O oranının yüksek olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda yapılan XRD analizleri (Şekil 6.1 ve Şekil 6.2) sonucunda Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatından daha amorf bir yapıya sahip olduğu görülmektedir.

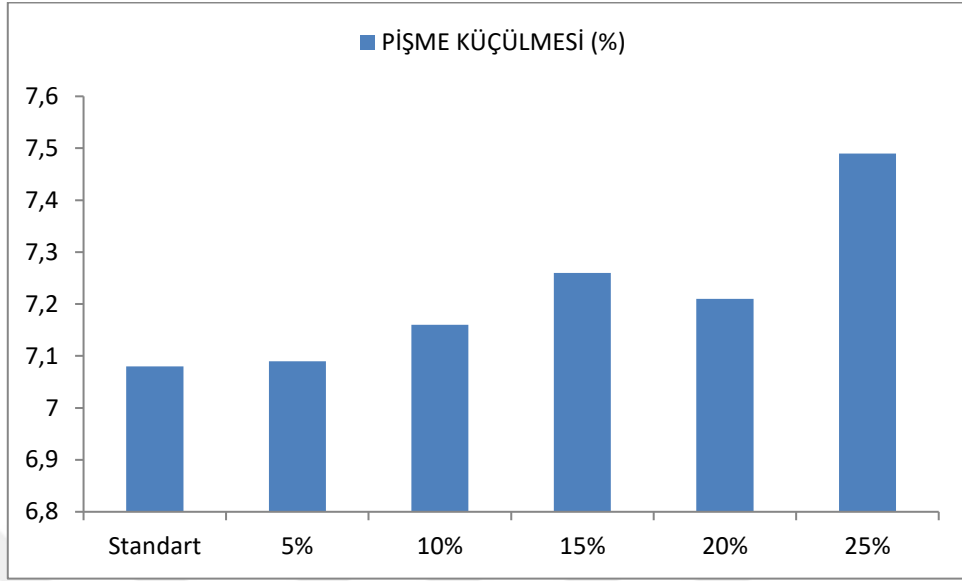


Şekil 7.1. Denemelerin katılan Kalfat Feldspatı oranlarına göre yoğunluk değişim grafiği.



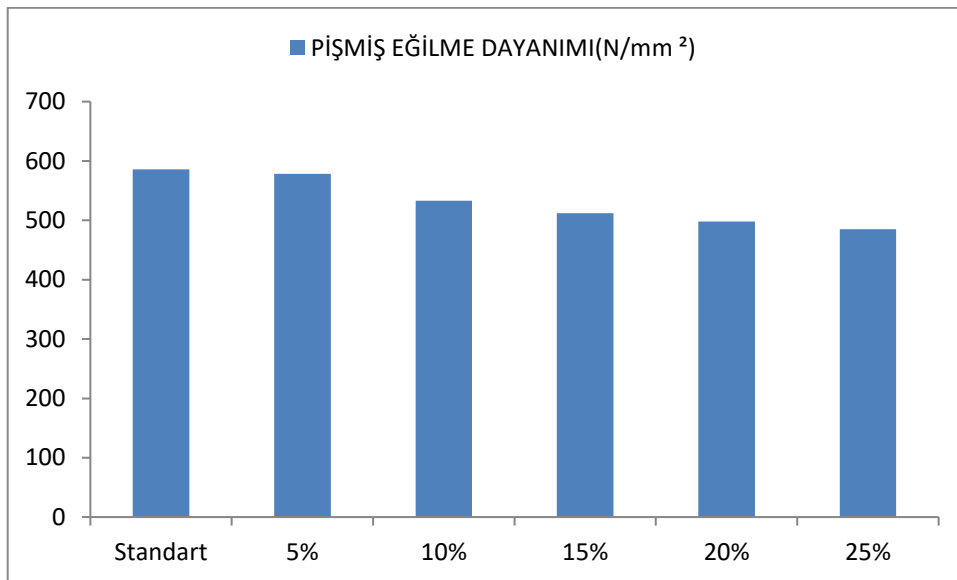
Şekil 7.2. Denemelerin katılan Kalfat Feldspatı oranlarına göre aynı öğütme süresinde 63 mikron elek bakiyesi değişim grafiği.

Pişmiş numunelerin % pişme küçülmesi değerleri ölçülmüş, Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı oranı arttıkça pişme küçülmesi değerinin % 7,08'den % 7,49'a yükseldiği (Şekil 7.3) görülmüştür. Çizelge 5.2'deki XRF analizlerinde KK (kızdırma kaybı) değerinin Kalfat Bölgesi Feldspatında % 3,45, Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatında ise % 0,22 olduğu görülmektedir. Aynı zamanda Çizelge 6.1'de verildiği gibi Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı ergitici oksit miktarı toplamı % 12,03 iken, Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının ergitici oksit miktarı toplamı % 12,37'dir. Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı oranı arttıkça pişme küçülmesinin artmasının sebepleri olarak bu değişimler düşünülmektedir. Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının kullanılabilirliği ortaya çıkar ise; kalıp ölçülerinin büyütülmesi gerektiği değerlendirilmektedir.



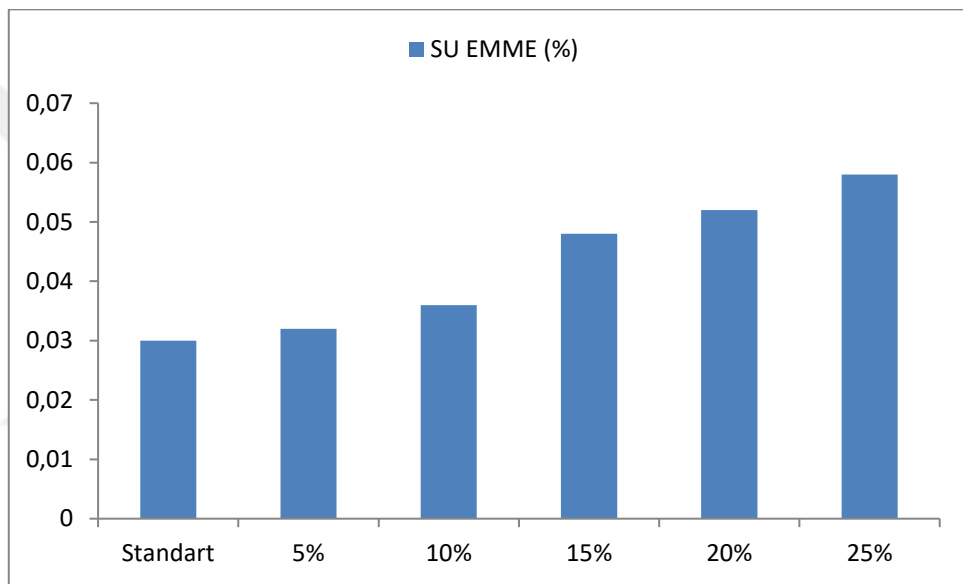
Şekil 7.3. Denemelerin katılan Kalfat Feldspatı oranlarına göre % pişme küçülmesi değişim grafiği.

Pişirilmiş numunelerinden eğilme dayanımı değerleri ölçülmüş, Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı oranı arttıkça $578,4 \text{ N/mm}^2$ 'den, 485 N/mm^2 'ye düştüğü (Şekil 7.4) görülmüştür. Pişmiş eğilme dayanımı değerleri düşmesine rağmen TS EN ISO 14411 standardının 10545-4 maddesine göre (Çizelge 4.1) standart içerisinde kaldığı görülmektedir.

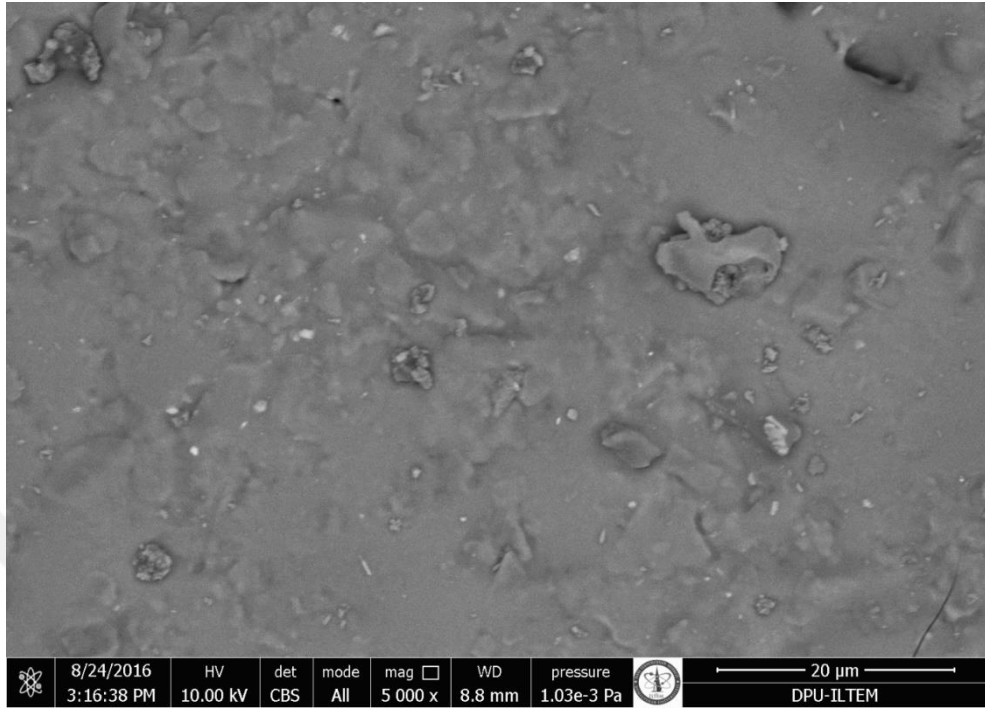


Şekil 7.4. Denemelerin katılan Kalfat Feldspatı oranlarına göre pişmiş eğilme dayanımı değişim grafiği.

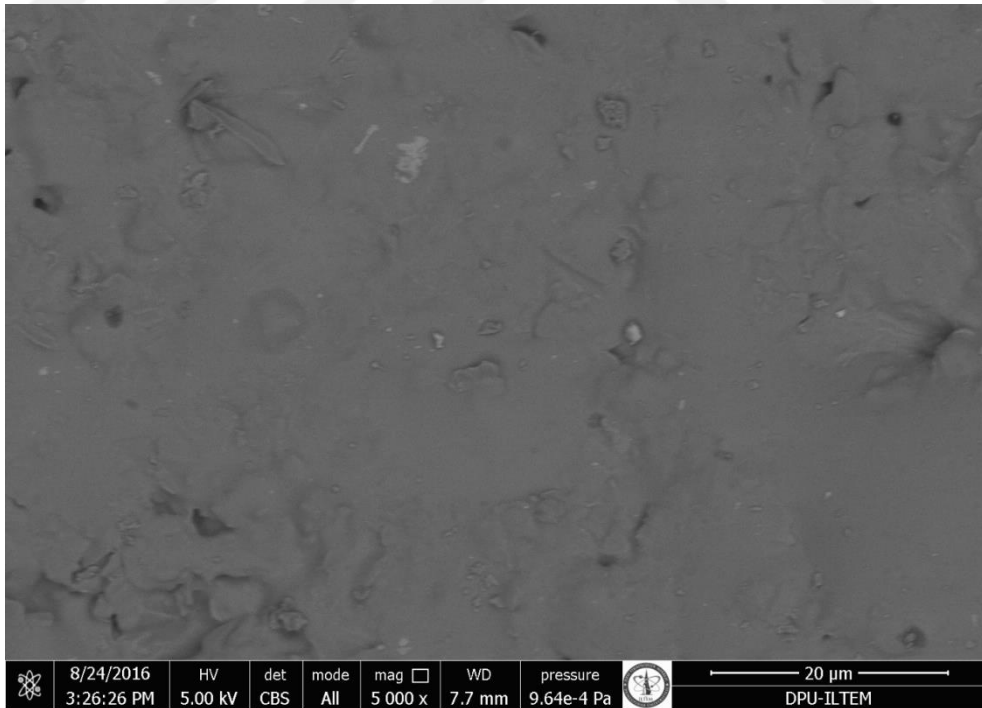
Denemlerin pişirilmiş numunelerinden su emme değerleri ölçülmüş, Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı oranı arttıkça % 0,032'den % 0,058'e yükseldiği (Şekil 7.5) görülmüştür. Su emme değerleri artmasına rağmen TS EN ISO 14411 standardının 10545-3 maddesine göre (Çizelge 4.1) standart içerisinde kaldığı görülmektedir. Aynı zamanda numunelerin pişmiş eğilme dayanımı değerlerindeki düşüş de su emme değerlerindeki artışı desteklemektedir. Aynı zamanda su emme değerlerindeki artışı desteklemek adına pişirilmiş numunelerin SEM görüntüleri alınmış (Şekil 7.6, Şekil 7.7, Şekil 7.8, Şekil 7.9, Şekil 7.10), Çankırı Kalfat Yöresi Feldspat oranı arttıkça gözenek miktarının arttığı görülmüştür.



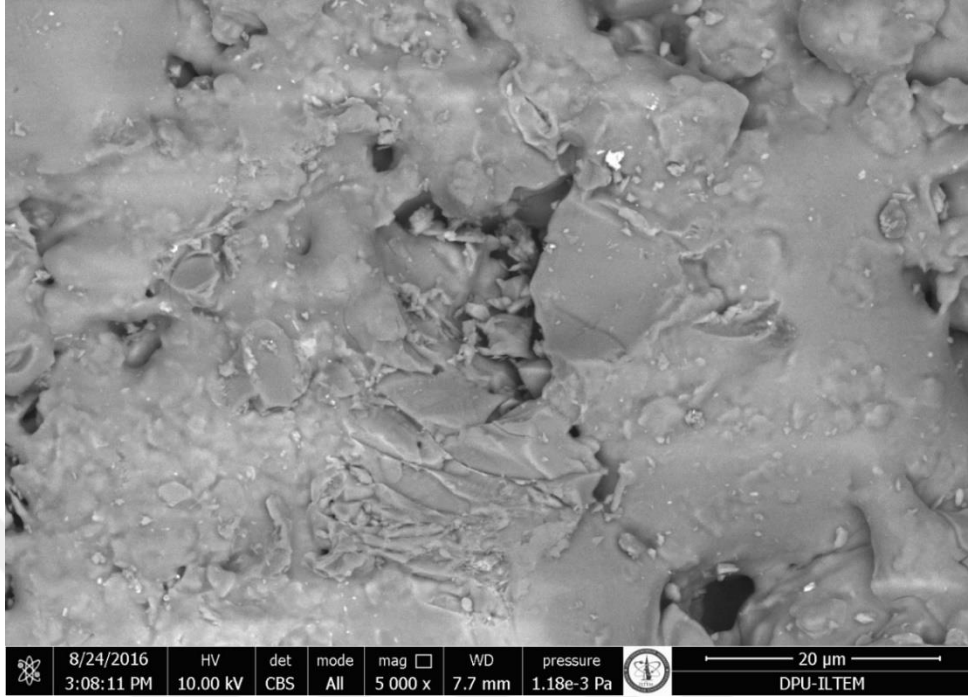
Şekil 7.5. Numunelerin katılan Kalfat Feldspatı oranlarına göre % su emme değişim grafiği.



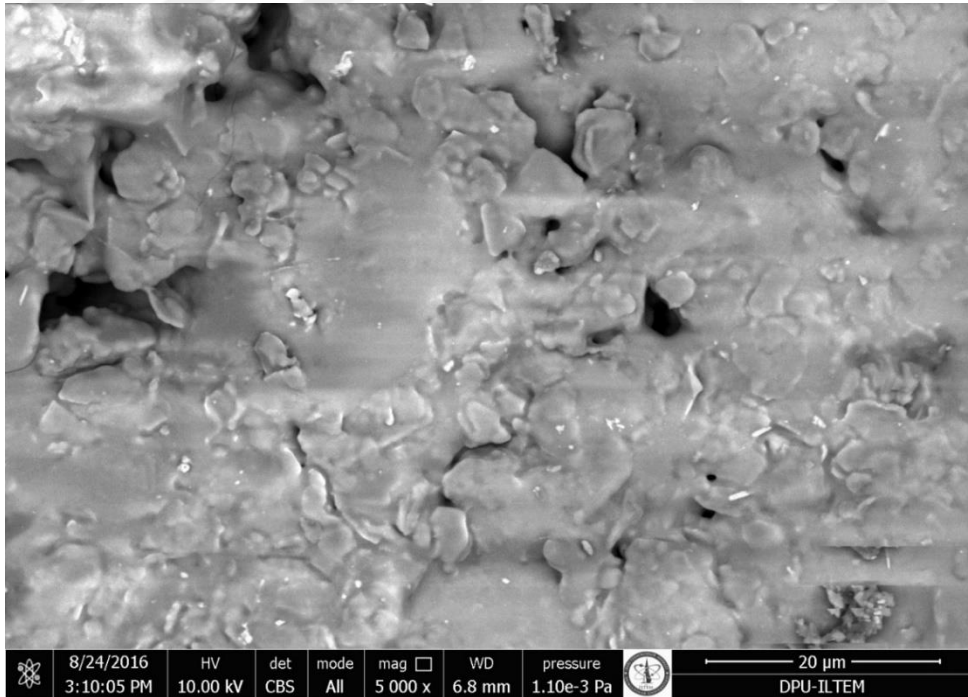
Şekil 7.6. Standart reçete SEM görüntüsü.



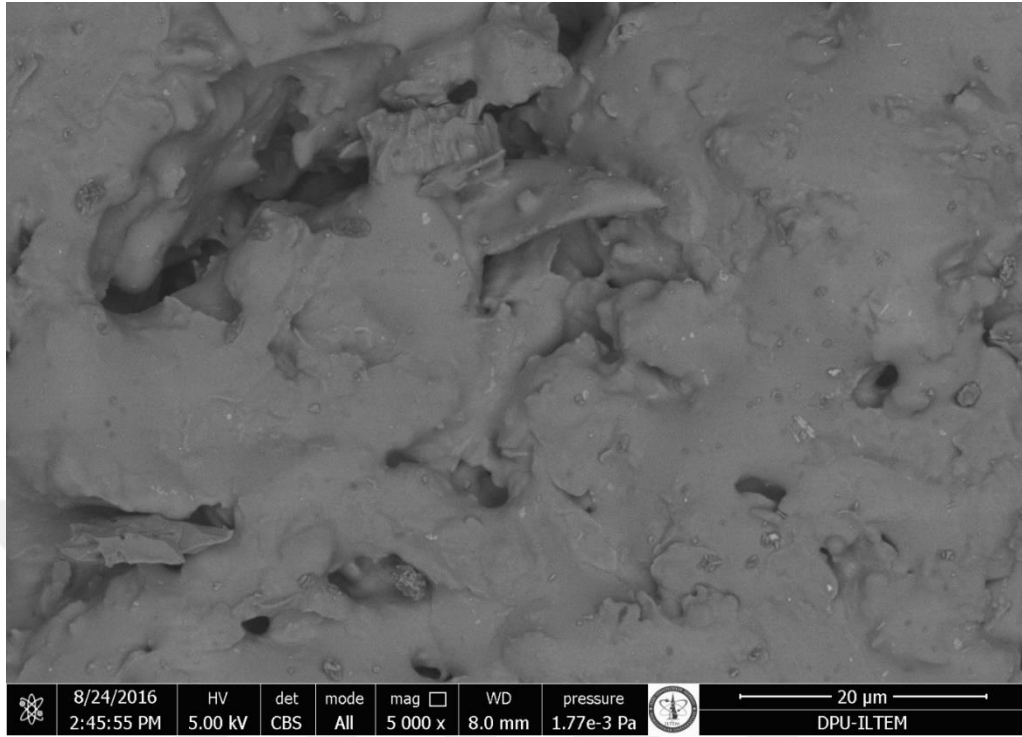
Şekil 7.7. Reçete 2 (%10 Kalfat Yöresi Feldspatı içeren) SEM görüntüsü. Gözenek miktarının standart reçeteye (Kalfat Yöresi Feldspatı içermeyen, Şekil 7.6) göre nispeten arttığı görülmektedir.



Şekil 7.8. Reçete 3 (%15 Kalfat Yöresi Feldspatı içeren) SEM görüntüsü. Gözenek miktarının Reçete 2 (%10 Kalfat Yöresi Feldspatı içeren)'e göre nispeten arttığı görülmektedir.

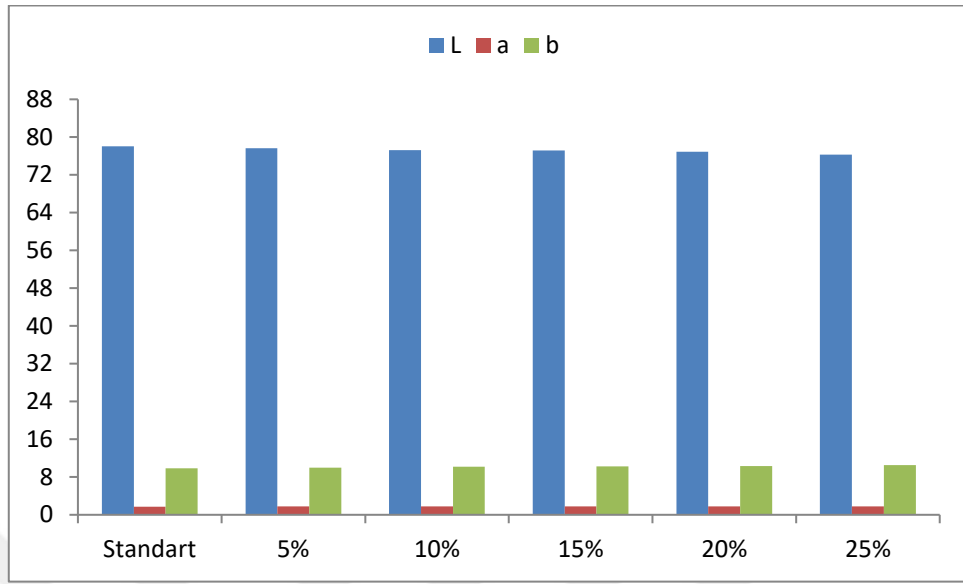


Şekil 7.9. Reçete 4 (%20 Kalfat Yöresi Feldspatı içeren) SEM görüntüsü. Gözenek miktarının Reçete 3 (%15 Kalfat Yöresi Feldspatı içeren)'e göre nispeten arttığı görülmektedir.



Şekil 7.10. Reçete 5 (%25 Kalfat Yöresi Feldspatı içeren) SEM görüntüsü. Gözenek miktarının Reçete 4 (%20 Kalfat Yöresi Feldspatı içeren)’e göre nispeten arttığı görülmektedir.

Piştirilmiş numunelerin Lab renk değerleri ölçülmüş, Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı oranı arttıkça L (beyazlık) değerinin 77,66’dan 76,3’e düştüğü, a (kırmızılık) değerinin yaklaşık aynı kaldığı, b (sarılık) değerinin de 10,01’den 10,55’e yükseldiği görülmüştür (Şekil 7.11). Porselen karo Lab değerleri ile ilgili herhangi bir standart bulunmamakla beraber, diğer rakip üreticilerin değerlerine ve müşteri beklentilerine göre üreticiler kendi standartlarını belirlemektedirler. Bütün bunlar göz önüne alınarak Lab değerlerinin kabul edilebilir değerler olduğu görülmüştür.



Şekil 7.11. Denemelerin L, a, b değışim değeri grafiği.

Yapılan denemelerde elek bakiyesi değeri yükseldiği, pişme küçülmesinin arttığı, pişmiş eğilme dayanımının düştüğü, su emme değeri yükseldiği, L (beyazlık) değeri düştüğü görüldü de, tüm değeri standartlar içerisinde olduğundan dolayı Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının, Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı yerine kullanılabileceği görülmüştür. Hammaddelerin kuru birim fiyatları hesaplanmış (Çizelge 7.1), farklı kullanım oranlarında reçete maliyetleri hesaplanmış, çalışmanın ekonomik analizi yapılmıştır (Çizelge 7.2).

Çizelge 7.1. Kullanılan hammaddelerin kuru birim fiyatları.

Hammadde Adı	Hammadde Bedeli* (TL/Ton)	Nakliye Bedeli** (TL/Ton)	Rutubet (%)	Nemli Birim Fiyat (TL/Ton)	Kuru Birim Fiyat (TL/Ton)
Kil 1	284,00	50	16	334,00	397,62
Kil 2	301,75	50	16	351,75	418,75
Kaolen 1	32,00	65	7	97,00	104,3
Kaolen 2	35,00	65	7	100,00	107,53
Aydın-Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı	32,00	75	2	107,00	109,18
Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı	11,50	7	2	18,50	18,88

* Hesaplamalarda kullanılan hammadde birim fiyatları yaklaşık piyasa satış fiyatlarıdır.

** Hesaplamalarda kullanılan nakliye birim fiyatları yaklaşık piyasa satış fiyatlarıdır.

Çizelge 7.2. Standart ve deneme reçetelerin maliyet analizi.

Hammadde Adı	Reçete Standart (%)	Maliyet (TL/Ton)	Reçete 1 (%)	Maliyet (TL/Ton)	Reçete 2 (%)	Maliyet (TL/Ton)	Reçete 3 (%)	Maliyet (TL/Ton)	Reçete 4 (%)	Maliyet (TL/Ton)	Reçete 5 (%)	Maliyet (TL/Ton)
Kil 1	20	79,52	20	79,52	20	79,52	20	79,52	20	79,52	20	79,52
Kil 2	12	50,25	12	50,25	12	50,25	12	50,25	12	50,25	12	50,25
Kaolen 1	10	10,43	10	10,43	10	10,43	10	10,43	10	10,43	10	10,43
Kaolen 2	10	10,75	10	10,75	10	10,75	10	10,75	10	10,75	10	10,75
Aydın Çine Bölgesi Sodyum Feldspatı	48	52,41	43	46,95	38	41,49	33	36,03	28	30,57	23	25,11
Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatı	0	0	5	0,94	10	1,89	15	2,83	20	3,78	25	4,72
TOPLAM	100	203,36	100	198,85	100	194,33	100	189,82	100	185,3	100	180,79
MALİYET DÜŞÜŞÜ (%)				2,22		4,44		6,66		8,88		11,1

Sonuç olarak, Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının oranı arttıkça ölçülen değerlerin değiştiği ancak standartlar içerisinde kaldığı, % 25 kullanımında hammadde maliyetinin % 11,1'e kadar azalacağı saptanmıştır. Böylece işletme, yıllık tahmini 25 milyon TL tasarruf sağlamış olacaktır. Ayrıca nakliye mesafesindeki yaklaşık %95'lik kısalma ile CO₂ emisyonunun düşmesi, karayolları yıpranmasının azalması ve yakıt tasarrufu da diğer kazanımlardır.

7.2. Öneriler

- 1- Su emme değerlerini % 0,05'in altına indirebilmek için çamur elek bakiyesini düşürerek denemeler yapılabilir. Aynı zamanda pres basıncını yükselterek yapılacak denemeler de su emme değerinin % 0,05'in altına düşürülmesine fayda sağlayacaktır.
- 2- Renk değerlerini standart reçete ile aynı tutmak için, pişme rengi daha beyaz, aynı fiziksel özellikleri karşılayan farklı hammaddeler ile denemeler yapılabilir.
- 3- Aynı zamanda renk değerlerini standart reçete ile aynı tutmak için, çamur elek bakiyesini düşürmek ve aynı zamanda pres basıncını arttırmak sureti ile pişirim sıcaklığı düşürülerek denemeler yapılabilir.
- 4- Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının yer ve duvar karosu bünyelerinde kullanım olanakları araştırılmalıdır.
- 5- Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının seramik sırlarında kullanım olanakları araştırılmalıdır.
- 6- Çankırı Kalfat Yöresi Feldspatının farklı sektörlerde kullanım olanakları araştırılmalıdır.
- 7- Küresel ısınmaya olumlu katkıda bulunacak CO₂ salınımındaki azalma miktarı da yaklaşık olarak hesap edilmelidir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Ahmed, M., Abdeslam El, B., Iz-Eddine, El Amrani, El H. (2017), Complete characterization of Berrechid clays (Morocco) and manufacturing of new ceramic using minimal amounts of feldspars: Economic implication, *Case Studies in Construction Materials*, C.7, s.144-153, December.

Bayata, O., Arslan,V., Cebeci, Y. (2006), Combined application of different collectors in the floatation concentration of Turkish feldspars, *Minerals Engineering*, C.19, S.1, s.98-101. January.

Callister, D., W., Rethwisch, G., D., (2013), *Materials Science and Engineering*, 521s.

Çelik, F. (2016). Atık Silisin Seramik Sektöründe Kullanım Alanlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya ,21s.

Günçelik, S. (2006), K- Feldspat ile Na- Feldspatın Flotasyonla Seçimli Ayırımında Çok Değerlikli İyonların Etki Mekanizmasının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Temmuz.

<http://www.maps.google.com>

Işık, İ. (2004), Mineraloji Ders Notları, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 86s.

Kurcan, İ. (2006), Feldspat Cevheri Zenginleştirme Veriminin Artırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama Ana Bilim Dalı, Eylül.

Özkan, İ. (2008), *Sacmi Uygulamalı Seramik Teknolojisi*, Cilt 1, (Çeviri) 441s.

T. C. Kalkınma Bakanlığı (2015), Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) Seramik Grubu Çalışma Raporu, s.6-14.

Tezcan, İ., Çiçek, S. ve Demirhan, H. (2001), Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayii Hammaddeleri, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 85-95, Ankara, 2001.

TMMOB Maden Mühendisleri Odası, (2010), Feldspat Raporu: s.1-8.

TS EN ISO 14411, (09.12.2016), Seramik karolar, tarifler, sınıflandırma, özellikler, uygunluk değerlendirmesi ve işaretleme, 86 s.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Sezgin Aksan
Doğum tarihi ve yeri : 1977-KÜTAHYA
e-mail : sezginaksan@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Dumlupınar Üniversitesi/Seramik Müh.	1999

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
Ekim 2016-Halen	Güral Seramik	Yatırım Danışmanı
Mart 2016- Ekim 2016	Tulu Porselen	Teknik Danışman
Ekim 2015- Mart 2016	Söğütsen Seramik	Fabrikalar Müdürü
Temmuz 2014- Ekim 2015	Uşak Seramik	Fabrikalar Müdürü
Ekim 2013- Temmuz 2014	Söğütsen Seramik	Fabrika Müdür Yardımcısı
Nisan 2012- Ekim 2013	Söğütsen Seramik	Üretim Müdürü
Temmuz 2011- Nisan 2012	Söğütsen Seramik	Hazırlamalar Müdürü
Haziran 2008-Temmuz 2011	Kütahya Porselen	Mikronize Ögt.Tesisli İşl.Müdürü
Kasım 1999-Haziran 2008	Kütahya Seramik	Cevher Hazırlama Takım Lideri