

1007

**SIYENİT HAMMADESİNİN
SERAMİK BÜNYELERE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

İRFAN TÖRE
Yüksek Lisans Tezi

Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı

1999

**SİYENİT HAMMADDESİNİN
SERAMİK BÜNYELERE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

İrfan TÖRE
Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Seramik Mühendisliği

Anabilim Dalı

Haziran - 1999

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

İRFAN TÖRE'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı
SİNENİT HAMMADDESİNİN SERAMİK BÜNYELERE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ başlıklı SERAMİK MÜH.
Anabilim dalındaki, Yüksek Lisans tezi 01.07.1999 tarihinde, aşağıdaki jüri
tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı - Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı) :	Doc. Dr. H. Gürkan YERSEL	
Üye :	Doc. Dr. Duran Ay	
Üye :	Doc. Dr. H. MANPAL	

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...21.07.1999
tarih ve ...17/4... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SİYENİT HAMMADESİNİN SERAMİK BÜNYELERE ETKİSİ

İRFAN TÖRE

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. H.Gürkan YERSEL

1999, 82 Sayfa

Siyenit hammaddesi seramik yer karosu reçetesinde feldispat hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Açık renkli, K-Feldispat içeren sill ve dayk tipinde oluşan bir damar kayacıdır. Oluşumu itibarıyla porfiriktir ve ortaklas mineralleri gözle görülebilecek iriliktir. Araştırma konusu siyenit Bursa - Orhaneli bölgesine aittir ve oldukça büyük bir rezerve sahiptir. Orhaneli siyenitlerinin mineralojik analizinde cevherde majör mineraller olarak ortaklas, albit, anortit, serbest kuvars, minör mineraller olarak da apatit, titanit, magnetit, zirkon ve feldispatoidler (başlıca nefelin) içerdiği laboratuvar çalışmalarında tespit edilmiştir.

Bu çalışmada siyenit farklı oranlarda karo bünyesine ilave edilerek albit içeren karo bünye ile karşılaştırılmak suretiyle sıcaklık derecelerine bağlı olarak mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Seramik yer karosu masse reçetesinde kullanılan siyenit, sinterleşme sıcaklığını düşürmektedir. Siyenitli reçetede sinterleşme esnasında cam fazın daha düşük sıcaklıkta ve pişirme süresinde olgunlaştığı saptanmıştır. Türkiye albitlerinin ergime sıcaklığı 1170 - 1200°C'dir. Oysa Orhaneli siyeniti 1140°C'de ergimeye başlayıp, 1170°C'de tümüyle cam faz hale geçmektedir. Dolayısıyla yer karosu ürün özelliklerini istenilen kalitede elde etmek için gerekli pişirme sıcaklığını aşağıya çekerek dikkate değer bir enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Siyenitin en önemli özelliği ürünün su emme özelliğini olumlu yönde etkilemesidir. Siyenitsiz feldispatlı bir reçetede 1180-1210°C'de elde edilen %2-3'lük su emme değerine siyenitli bir reçetede 1160-1180°C'de ulaşılmaktadır. Bunlara ilaveten, yer karosu bileşen hammaddesi olarak siyenitin sinterleşme derecesine bağlı olarak eğilme dayanımını artırdığı saptanmıştır. Bu özelliklerinden dolayı siyenit yer karosu massesinde olumlu etkileri nedeniyle kullanılması tavsiye edilebilir, önemli bir hammaddedir.

Anahtar Kelimeler: Siyenit, Yer Karosu, Karo Bünye, Albit, Fiziksel Özellikler.

ABSTRACT
Master Of Science Thesis

**EFFECT OF SYENITE RAW MATERIAL
IN CERAMIC STRUCTURES**

İrfan TÖRE

Anadolu University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Ceramic Engineering

Supervisor : Doç.Dr. H. Gürkan YERSEL

1999, page 82

Raw material of syenite has been used for feldspar in floor tile ceramic structure. Light colored syenite, consisting of K-Feldspar and albite, has been formed in the form of sill and dyke. Its forming type is porphyritic and orthoclase minerals are in visible size by naked eyes. Syenite of research subject has been produced in Bursa - Orhaneli region and it has a big reservoir. The syenite of Orhaneli has been determined that mine consists of orthoclase, albite, anorthite, free quartz as major minerals and apatite, titanite, magnetite, zircon and feldspathoid (mainly nepheline) as minor minerals in mineralogic analysis.

In this study, syenite was added to the floor tile body with different proportions and these bodies were compared with floor tile body with albite addition by examining their mechanical and physical characteristics due to firing degrees. Sintered temperature has been decreased by syenite which is used in ceramic floor tile formula. It is proved that glassy phase has formed at lower temperature if it includes syenite. Melting points of Turkey's albites is varying between 1170 and 1200°C. In addition, Orhaneli Syenite has been started to melt at 1140°C and then passed through the glassy phase. So needed temperature for getting floor tile product properties, it can be economized from energy.

The most properties of syenite is effect to positively water emission value of floor tile. Although water emission value is %2-3 without using syenite at 1180-1210°C, the same value can be taken at 1100-1180°C using syenite. In addition, bending strength value has been increased by syenite which is used in ceramic floor tile mass due to sintered degrees. So, syenite should be used in ceramic sector due to positive effects of syenite in ceramic floor tile mass.

Keywords: Syenite, Floor Tile, Floor Tile Mass, Albite, Physical Properties.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. H. Gürkan YERSEL'e, her zaman ilgilerini ve yardımlarını gördüğüm Doç. Dr. Nuran AY, Y. Doç. Dr. Ferhat KARA, Y.Doç. Dr.Servet TURAN, Doç. Dr. Hasan MANDAL ve Eskişehir Toprak A.Ş. Seramik Yer Karosu Fabrikası AR-GE Müdürü Sayın Celal YILDIZ'a en içten teşekkürü borç bilirim.

İRFAN TÖRE

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x

GİRİŞ	1
SİYENİT HAMMADDESİ VE MİNERALOJİSİ	1

BÖLÜM 1

1. FELDİSPATLAR VE NEFELİNLİ SİYENİT HAMMADDESİ	2
1.1. Tanımlama ve Sınıflama	2
a) Potasyum feldispatlar	3
b) Sodyum feldispatlar	3
1.2. Bulunuş Şekli	4
1.2.1.Pegmatitler	4
1.2.2.Aplitler	4
1.2.3.Feldispat Filonları	4
1.2.4.Nefelinli Siyenit	5
1.3. Başlıca Kullanım Alanları	6
1.3.1.Seramik Endüstrisi	6
1.3.2.Cam Endüstrisi	8
1.3.3.Diğer Kullanım Alanları	9

1.4. Piyasa Durumu ve Üreticiler	9
1.4.1. Türkiye'deki Feldispat Üreticileri ve Tüketim	11
1.4.1.1. Feldispat Üretimi	11
1.4.2.2. Nefelinli Siyenit Üretimi	12

BÖLÜM 2

2. SERAMİK YER KAROSU ÜRETİM TEKNOLOJİSİ	13
2.1. Çamur ve Sır Hazırlama	15
2.1.1. Çamur Hazırlama	15
2.2. Sır Hazırlama	20
2.3. Şekillendirme	23
2.3.3. Yer Karosu Kurutucuları	24
2.3.4. Şekillendirmeyi Etkileyen Teknik Faktörler	25
2.3.4.1. Massenin Granül Yapısı	25
2.3.4.2. Şekillendirme Rutubeti	25
2.3.4.3. Presleme Basıncı	25
2.3.4.4. Karoların Homojen Olarak Sıkıştırılmaması	25
2.3.4.5. Kalınlık	26
2.3.4.6. Kenar Düzgünlüğü ve Gönyeden Kaçıklık	26
2.3.4.7. Kenar Köşe Oyuk ve Kopmaları	26
2.3.4.8. Yüzey Bozukluğu ve Oyukları	26
2.3.4.9. Havalı Karo	27
2.3.4.10. Kenar Çapakları	27
2.4. Sırlama	27
2.4.1. Sırlama Bantları	27
2.4.2. Sırlama Hataları	30
2.4.2.1. Sır Damlaları	30
2.4.2.2. Sır Çerçeve	30

2.4.2.3. Sır Oyukları	30
2.4.2.4. Sır Kaynamaları	30
2.4.2.5. İğne Delikleri	31
2.4.2.6. Desen Kayması	31
2.4.2.7. Sıyrık ve Köşe Kırışıkları	31
2.5. Stoklama	31
2.6. Fırınlara	31
2.7. Kalite Kontrol	33
2.7.1. Boyut ve Kalınlıkların Kontrol Edilmesi	35
2.7.2. Gönyeden Sapmanın Kontrol Edilmesi	35
2.7.3. Eğilme Dayanımının Kontrol Edilmesi (Mukavemet)	35
2.7.4. Su Emmenin Kontrol Edilmesi	35
2.7.5. Isıl Şok Deneyi	35
2.7.6. Basıncılı Buhara Dayanım Testi	36
2.7.7. Lekelenme Testinin Uygulanması	36
2.7.8. Asit ve Alkali Testinin Uygulanması	37
2.7.9. Yüzey Sertliğinin Kontrol Edilmesi	37
2.7.10. Sırlı Yüzey Aşınmasının Kontrol Edilmesi	38
2.7.11. Dona Dayanımının Kontrol Edilmesi	38

BÖLÜM 3

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	40
3.1. Deneyin Amacı	40
3.2. Kullanılan Malzemeler	40
3.3. Kullanılan Cihazlar	42
3.4. Yapılan Deneyler	42
3.4.1. Testlerin Hazırlanma Yöntemi	42
3.4.1.1. Kullanılacak Hammaddelerin Kaba Öğütülmesi ...	43

3.4.1.2. Hammaddelerin Tayini	43
3.4.1.3. Bilyalı Değirmene Şarj	43
3.4.1.4. Öğütme Süresi	43
3.4.1.5. Değirmenden Suyun Uzaklaştırılması	43
3.4.1.6. Şekillendirme	44
3.4.1.7. Kurutma	44
3.4.1.8. Pişirme	44
3.4.2. Uygulanan Ölçme ve Kontroller	45
3.4.2.1. Hammadde ve Reçetelerin Kimyasal ve Mineralojik Analizi	46
3.4.2.2. Kuru ve Pişme Küçülmesi	46
3.4.2.3. Su Emme Deneyi	48
3.4.2.4. Mukavemet (Eğilme Dayanımı) Deneyi	49
3.4.3. Feldispat Denemeleri İçin Uygun Karo Bünye Reçete Tespit Çalışmaları	50
3.4.4. Siyenit Hammaddesinin Yer Karosu Bünye Reçetelerinde İncelenmesi	55
3.5. Deney Sonuçları	56
3.5.1. Siyenit Hammaddesinin Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi .	56
3.5.1.1. Su Emme Özelliğine Etkisi	56
3.5.1.2. Pişme Mukavemetine Etkisi	58
3.5.1.3. Pişme Küçülmesine Etkisi	59
3.5.1.4. Pişme Rengine Etkisi	61
3.5.1.5. Isıl Genleşme Katsayısına Etkisi	61
3.5.2. Siyenitli Reçetelerin Ürün Kalitesi Üzerine Etkileri	62
3.5.2.1. Boyut	62
3.5.2.2. Hammadde Standardı ve Homojenizasyonu	62
3.5.2.3. Reçetelerin Öğütülmesi	62

3.5.2.4. Şekillendirme Rutubeti ve Presleme Basıncı	65
3.5.2.5. Pişme Sıcaklığının Etkisi	68
3.5.3. Sinterlenen Ürünlerin Faz Analizleri	70
3.5.4. Sinterlenen Yer Karosu Masselerinin Elektron Mikroskopunda İncelenmesi ve EDX Yöntemiyle Mikroyapıların Kimyasal Bileşimlerinin Tesbiti	75

BÖLÜM 4

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR	83

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1.	Yer Karosu Üretim Akış Şeması	14
2.2.	Çamur Hazırlama Akış Şeması	15
2.3.	Sır Hazırlama Akış Şeması	22
2.4.	Şekillendirme Akış Şeması	23
2.5.	Ürünün Sırlama ve Pişirme İşlemlerine Ait Akış Şeması	27
2.6.	Yer Karosu Kalite Kontrolleri	34
3.1.	Yer Karosu Bünyesinin Laboratuvar Şartlarında Hazırlanması	42
3.2.	Yer Karosu Bünyesinin Laboratuvar Şartlarında Hazırlanma Aşaması ve Özelliklerinin Belirlenmesi	45
3.3.	Siyenitin Su Emme Özelliğini Etkisi	57
3.4.	Fabrika Masselerinin Su Emme Özelliği	57
3.5.	Siyenitin 1180°C'de Sinterlenen Karoların Mukavemetine Etkisi.....	59
3.6.	Siyenitin 1180°C'de Sinterlenen Karolarda Pişme Küçülmesine Etkisi	60
3.7.	Siyenit Hammaddesinin Isıl Genleşme Katsayısına Etkisi	61
3.8.	Şekillendirme Rutubetine Bağlı Olarak Karo Teknik Değerlerinin Değişimi	66
3.9.	Presleme Basıncına Bağlı Olarak Karo Teknik Değerlerinin Değişimi	67
3.10.	Sıcaklığa Bağlı Olarak Ürünün Fiziksel Özelliklerinin Değişimi	69
3.11.	%15 Siyenitli Karoda Mikroyapının Genel Görüntüsü (1)	75
3.12.	%15 Siyenitli Karonun Mikroyapısının Genel Görüntüsü (2)	77
3.13.	%35 Siyenitli Karonun Mikroyapısının Genel Görüntüsü	77
3.14.	%35 Siyenitli Karonun Mikroyapısında Siyah Bölgeler (Demiroksitli Bölgeler)	78
3.15.	%40 Siyenitli Karonun Mikroyapı Genel Görüntüsü (1)	79
3.16.	%40 Siyenitli Karoda Mikroyapı Genel Görüntüsü (2)	80

ÇİZELGELER DİZİNİ

1.1.	1994 Dünya Feldispat Üretimi	10
2.1	Karo Seramik Cinsleri	13
2.2.	Yer Karosu Presleri	24
2.3.	Fırın Bölümleri ve Ortam Sıcaklıkları	32
2.4.	Alkali ve Asit Testinin Uygulanması	37
3.1.	Yer Karosu Seramik Bünyesinde Kullanılan Hammaddeler	40
3.2.	Hammaddelerin Kimyasal Bileşimleri	41
3.3.	Killerin Mineral İçeriği	41
3.4.	Feldispat Hammaddelerin Mineral İçeriği	41
3.5	Hammaddelerin Fiziksel Özellikleri	51
3.6	Sabit Kuvars-Feldispat Oranında Optimum Kil Oranı Tespiti İçin Yapılan 10 Farklı Reçete Denemesi	52
3.7.	Kil-Kuvars Reçete Denemelerinin Fiziksel Özellikleri	53
3.8.	Siyenitli Yer Karosu Reçeteleri	55
3.9.	Siyenit Hammaddesinin Su Emme Özelliğine Etkisi	56
3.10.	Siyenit Hammaddesinin Pişme Mukavemetine Etkisi	58
3.11.	Siyenit Hammaddesinin Pişme Küçülmesine Etkisi	60
3.12.	Öğütme Süresiyle Pişme Küçülmesi Arası İlişki	63
3.13.	Öğütme Süresi ile Su Emme Arası İlişki	64
3.14.	Öğütme Süresi ile Eğilme Dayanımı Arası İlişki	64
3.15.	Şekillendirme ve Kuruma Esnasında Karonun Fiziksel Özellikleri ..	66
3.16.	XRD Analiz Sonuçları	70
3.17.	% 15 Siyenitli Karoya Ait massenin Mikroyapı Genel EDX Analizi	76
3.18.	Yuvarlak Yapılı Müllitsi Mikroyapının EDX Nokta Analizi	76
3.19.	%35 Siyenitli Karonun Mikroyapıda Beyaz Bölgelerin EDX Nokta Analizi	78
3.20.	%35 Siyenitli Karoda Mikroyapı Fotoğrafında Siyah Bölgenin EDX Nokta Analizi	79
3.21.	%40 Siyenitli Karonun Mikroyapı Genel EDX Analizi	80
4.1.	Orhaneli Siyeniti (Fiziksel Özellikleri)	81
4.2.	Albit (Muğla - Milas) (Fiziksel Özellikleri)	81

GİRİŞ

SIYENİT HAMMADDESİ VE MİNERALOGİSİ

Siyenit açık renkli, silisçe fakir kristalin bir kayaç olup, K-feldispat içeren sill ve dayk tipinde oluşan bir damar kayacıdır. Türkiye'deki oluşumu itibari ile porfiriktir. Ortoklaz mineralleri gözle görülebilecek iriliktedir. Orta-kaba taneli görünüşü granite benzer. Ancak bileşimlerindeki temel farklılık siyenitin silis bakımından fakir olması ve daha yüksek oranda alkali ve alümina içeriğine sahip olmasıdır. Kayaç, genellikle albit ve mikroklin türü feldispat ile kayaca ismini veren nefelinden oluşur [1]. Nefelin (Na, K) $AlSiO_4$ bileşimine sahip bir mineraldir. Bazı siyenitlerde izlenen nefelin %5'i geçerse, kayaç "nefelin siyenit" adını alır [2]. Siyenitler yapılarında önemli oranda demir ihtiva eden hornblend, amfibol, biyotit, ilmenit, piroksen gibi koyu renkli bileşenler ihtiva ettiğinden pişme renkleri açık kahverengi ve tonlarında olması nedeniyle kullanım alanı olarak konteyner cam yapımında ve de seramik sektöründe yer karosunda kullanımı ile sınırlıdır [3,4,5]. Nefelin, yağimsı cilasıyla kuvarsa benzer, ancak daha yumuşak olması ile ayrılır. Sertliği Mohs Skalasına göre 5,5-6'dır [6].

Ülkemizde Bursa-Orhaneli bölgesindeki siyenitlerde majör mineraller olarak ortoklas, albit, anortit, serbest kuvars; minör mineraller olarak da apatit, titanit, magnetit, zirkon ve feldispatoidler (başlıca nefelin) olduğu tespit edilmiştir [1].

Bu çalışmada siyenit hammaddesi farklı oranlarda albit (Na-Feldispat) hammaddesi ile yer değiştirmek suretiyle yer karosu masse reçetesinde denenerek farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu fiziksel özellikleri tespit edilmiştir. Ayrıca pişmiş massenin XRD (X-Işınları Difraksiyonu) yöntemiyle faz analizleri yapılarak, SEM (Taramalı Elektron Mikroskopu) ile mikroyapı, elementer ve kimyasal analizleri yapılarak, mikroyapı fotoğrafları görüntülenerek yapı incelenmiştir. Çalışmanın asıl konusu, siyenitin albite oranla daha düşük sıcaklıkta sinterlenmesi sonucu elde edilen enerji tasarrufu ve elde edilen olumlu fiziksel özelliklerdir.

BÖLÜM 1

1. FELDİSPATLAR VE NEFELİNLİ SİYENİT HAMMADDESİ

1.1. Tanımlama ve Sınıflama

Yeryüzünü oluşturan minerallerden en önemlilerinden biri olan feldispatlar, bir mineral grubunun genel adıdır. Dünyada en yaygın olarak bulunan mineral grubunu oluşturan feldispatlar yer kabuğunun yaklaşık % 60'ını oluşturmakta ve çoğu ülkelerdeki magmatik, metamorfik ve sedimanter yataklarda bulunmaktadır [2].

Feldispatlar esas itibariyle susuz alüminyum silikatlarıdır. Üç ana tip feldispat mevcuttur. Bunlar: Ortoklaz ($KAlSi_3O_8$), Albit ($NaAlSi_3O_8$), Anortit ($CaAl_2Si_2O_8$).

Feldispatlar, izomorf karışımları ve oluşum özellikleri bakımından yine aynı şekilde

- 1- Alkali feldispatlar
- 2- Kalko-alkali feldispatlar (plajioklaslar).

— Ortoklaz	$KAlSi_3O_8$	
Sanidin		Alkali feldispatlar
Mikroclin		
Anortoz	$NaAlSi_3O_8$	

		<u>% Anortit</u>	
— Albit	$NaAlSi_3O_8$	0 - 10	
Oligoklas		10 - 30	
Andezin		30 - 50	Plajioklaslar
Labrador		50 - 70	
Bitovnit		70 - 90	
Anortit	$CaAl_2Si_2O_8$	90 - 100	

a) Potasyum feldispatlar

Alkali feldispatlarda potasyum ile sodyum feldispatlar arasında katı çözeltili oluşum aralıkları çok dar olup, potasyumun yerini belirli ölçülerde ve bazı fiziki şartlarda sodyum olabilir. Tabiatta K-feldispatlar çoğunlukla Na-feldispatlarla birlikte ve daha tali olarak da Ca-feldispatlarla birlikte bulunur. K-feldispat grubundan ortoklas ısıtıldığı zaman 1160°C 'de bozunmaya başlar ve 1290°C'de erimesi tamamlanır. Saf ortoklas eriyince tetragonal yapıdaki leucite ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$) ve cama dönüşür [7]. K-feldispat grubunda gerek oluşum gerekse seramik sektörü için önemli olan ortoklastır [8]. Çünkü, yüksek viskoziteye sahip bir eriyik oluşturup, ürünün şekil bozulmalarına karşı dayanımını artırır[9].

b) Sodyum Feldispatlar

Sodyumlu feldispatlardan, plajiolklas grubunun kalsiyum içermeyen üyesi albit olup, formülü $Na AlSi_3O_8$ 'dir. Doğada albit, K-feldispat ile katı çözeltili oluşturmayıp ancak bir miktar K-feldispat ile birlikte bulunur. Albitlerin seramik ve cam hammaddesi yönünden önemi çok fazladır [8]. Na-feldispat grubu üyesi saf albit 1120°C'de ergir ve (%65 ortoklas, %35 albit içeren bir karışım 1070°C'de ergir) ortoklastaki çok az albit miktarı ergime miktarını düşürür [7].

Feldispatlar doğada çok miktarda bulunmalarına rağmen çok az sayıda oluşum seramik ve cam sanayine uygun özellikte hammadde içermektedir. Bunun nedeni, feldispat, özellikle K-feldispat oluşumlarının büyük çoğunluğunun ince-orta taneli kayaların bileşeni olarak bulunması ya da demir içeren mineraller tarafından kirletilmiş olmasıdır [8].

Seramik ve cam sektörü için feldispatların erime derecelerinin büyük önemi olup, erime dereceleri çok az miktarda da olsa içlerinde diğer feldispat kristallerinin izomorf halde bulunmaları ile değişmektedir.

Potasyum feldispat	1200-1250°C
Sodyum feldispat	1150-1225°C
Kalsiyum feldispat	1500-1550°C

Ticari feldispatlar, potasyum feldispat ve albit bir kaç cins feldispat mineralini içinde bulundurur. Bu nedenle bu feldispatların teorik formüllerine ulaşmak mümkün değildir[2].

Ayrıca seramik sektöründe hiç istenmeyen mika (muskovit, biyotit), turmalin gibi mineraller kaliteyi etkileyen önemli unsurlar olup, ekonomik bir şekilde manyetik ayırma ve flotasyon metotları ile bu safsızlıklardan arındırmak mümkündür [10, 11].

1.2. Bulunuş Şekli

Feldispat, yerkabuğundaki birçok magmatik, metamorfik ve sedimanter kayacın bileşiminde büyük ölçüde bulunması dolayısıyla ticari olarak çeşitli kaynaklardan üretimi veya feldispat oranı yeterli olduğu takdirde bu kayaçların direkt olarak sanayide kullanımı mümkün olmaktadır. Ticari feldispat kaynağı olarak halen kullanılan kayaç türleri şunlardır [8]:

1.2.1.Pegmatitler: K-feldispatın hakim mineral olarak bulunduğu ve ayrıca başka ekonomik minerallerde içerebilen kaba taneli magmatik bir kayaçtır.

1.2.2.Aplitler: Mineralojik olarak, damar kayacı şeklinde ve granit bileşiminde bir kayaç dokusunu; ticari olarak ise, büyük ölçüde albitten oluşan feldispatik bir damar veya dayk kayacını ifade eder. Kaolinleşmiş türleride sanayide kullanılmaktadır.

1.2.3.Feldispat Filonları: Granitik kayaçların kendi bünyeleri içinde veya kontakt halindeki yan kayaçlarda enjeksiyon damarları halinde oluşmuş feldispatça zengin sokulumlardır. Çok zengin tenörlü Na veya K-feldispat içerirler, safsızlık oranları daha düşüktür.

1.2.4.Nefelinli Siyenit: Nefelinli siyenit bir mineral değil, magmatik bir kayadır [2]. Silisçe fakir kristalin bir kayadır olup albit ve mikroklin türü feldispat ile nefelinden oluşur. Az miktarda mafik silikatları bünyesinde bulundurmaz. Orta-kaba taneli görünüşü granite benzer. Ancak bileşimindeki temel farklılık nefelinli siyenitin silis bakımından fakir olması ve daha yüksek oranda alkali ve alümina içeriğine sahip olmasıdır [1]. Serbes silis içermemesi, yüksek alkali ve alümina içeriği ile, yüksek eritme gücü ve dar erime aralığı ile cam ve seramik endüstrisi ile uyum gösteren bir karakteristiğe sahiptir. Bu mineralin feldispata kıyasla daha yüksek alümina ve alkali katılımı anlamına gelmektedir [2]. Kayacın endüstriyel özelliklerini temin eden nefelin minerali $Na_3KAl_4Si_4O_{16}$ kimyasal bileşimine sahip, Na / K = 3 / 1 olan, hekzagonal sistemde kristallenen, Mohs sertliği 5,5 - 6, özgül ağırlığı 2,5 - 2,7 gr/cm³ olan bir mineraldir. Alterasyon sonucunda sodalit, kankrinit, deolit türleri ve özellikle analsime dönüşür. Nefelinli siyenitin bazı türleri: kongressit, kregmantit, ditroit, fenit, foyait, iyolit, laurdalit, litfieldit, melteigit, miyaskit, monmoutit, raglanit, rouillit ve türtit'tir [8].

Dünyada birçok nefelinli siyenit yatağının işletilmesini engelleyen en önemli etmenlerden biri Fe₂O₃ içeren yardımcı minerallerin varlığıdır. Ticari olabilmeleri için nefelinli siyenit yatakları % 2'den daha az bir Fe₂O₃ içeriğine sahip olmalıdır. Bu özellik ne yazık ki nefelinli siyenit yataklarının bir çoğunda bulunmamaktadır [2].

Nefelinli siyenit dünyada geniş bir yayılıma sahip olmasına karşın ticari anlamda, esas olarak Kanada, Norveç ve BDT ülkelerinde işletilmektedir. Fransa ve Almanya'da da bir miktar üretim yapılmakta, ABD, Türkiye, Brezilya ve Portekiz'de planlanmış işletmeler bulunmaktadır [2].

Feldispat kaynağı olarak doğada diğer alternatif hammaddeler; alaskit, grafik granit (yazı graniti), pertit, feldispatik kumlar ve Türkiye açısından feldispat kaynağı olarak çeşitli işlemler sonucu feldispat elde edilen altere granitlerdir [8].

1.3. Başlıca Kullanım Alanları

1.3.1. Seramik endüstrisi

Beyaz seramiklerin yapımında feldispat kilden sonraki en önemli bileşeni oluşturmaktadır. Seramik reçetesine flakslar (eriticiler), bünye pişirildiğinde sıvı oluşumunu sağlayarak, sıcaklığın düşürülmesi amacıyla kullanılır. Alkali içerikleri, feldispat ve nefelinli siyenite nispeten düşük erime sıcaklığı kazandırır. Böylece kil, feldispat ve kuvarstan oluşan tipik seramik reçetesinde feldispat yumuşar, camsı veya sıvı hale geçer. Buna karşılık kil ve kuvarı katı halde ıslatır ve gözenekler arasında dereceli olarak dağıldıkça, yüzey gerilimi ile taneleri birbirine çekerek bünyenin sinterlenmesini gerçekleştirirler. Kullanılan feldispatın türü ve miktarı, pişme sırasında seramik bünyenin camlaşma derecesini kontrol eder ve ürünün fırından istenen camlaşma derecesinde çıkmasını sağlar [2].

Belirli bir mineralojik bileşime sahip her seramik hamuru, belirli bir mukavemet kazanma ve yoğunlaşma işlemlerinin gerçekleştiği sabit bir pişme sıcaklığına sahiptir ve bu sıcaklık genellikle 1100-1300°C arasında bulunur. Örneğin porselen, yarı camsı porselen ve sağlık gereçlerinde bu sıcaklık 1300°C, buna karşılık sert porselen imalatında pişme sıcaklığı 1400°C civarındadır [8].

Feldispatlar farklı seramik bünyelerin farklı camlaşma derecesi, pişme sıcaklığına göre miktarları farklıdır. Yumuşak porselenlerde (düşük ısıda pişirilmiş) feldispat reçete bileşiminin % 25-40'ını, sofraya eşyasında % 18-30'u, elektroporselende % 20-28 ve teknik porselenlerde % 17-30'unu teşkil eder [8].

Eritici özelliğine etki eden faktörler arasında silika içeriği, bünye bileşimi ve daha önemli olarak toplam alkali içeriği ile Na₂O, K₂O, LiO₂ gibi alkali oksitlerin oranları etkilidir. Alkali içeriği yükseldikçe, eritici özellik de artar ve buna bağlı olarak erime noktası düşer.

Beyaz mamul, fayans, sıhhi tesisat ve diğ er seramik ürünlerde feldispat, bünye malzemelerinin % 15-35'ini sır malzemelerinin % 30-50'sini teşkil eder. Feldispat gibi seramik kalitesinde eriticiler, diğ er bünye bileşenleri ile daha iyi karışabilmeleri için 200-300 mesh civarında öğütülürler [8].

Kural olarak, seramik sanayiinde K-feldispat daha yaygındır. K-feldispatın avantajı, yüksek vıstoziteye sahip bir eriyik oluşturmasıdır ve bu eriyiğ in sonucu olarak, pişirme sırasında seramiğ in şekil bozulmalarına karşı mukavemet temin eder.

Bir seramik üreticisinin flaks türü seçiminde etkili olan faktörler maliyet, pazarlara yakınlık ve demir impüritesinin varlığıdır. Bunlar, aynı zamanda, nefelinli siyenitin bazı seramik uygulamalarında daha popüler hale gelmesini de temin eden unsurlardır. Seramik kaplar ve sırlarda esas olarak feldispat olarak nefelinli siyenit tercih edilmeye başlanmıştır. Siyenit cam imalinde feldispat ve aplitle rekabete başlamıştır. Cam imalinde feldispat ve aplitle rekabet etmesinin yanı sıra, alümina kaynağı olarak avantajı dolayısıyla camsı beyaz seramik, sır ve emaye imalinde de kullanılmaktadır.

Karo imalinde bünye hazırlanmasında, diğ er beyaz seramiklere göre farklı prensipler söz konusudur. Örneğ in gözenekli karolar, feldispatik flaks kullanımını gerektirmez; bağlayıcı kilin alkali içeriğ i genellikle yeterlidir. Buna karşılık karo üretimi, feldispatik malzemeler gerektirmektedir. Ancak hızlı pişirme tekniklerindeki teknolojik gelişmeler, kullanılacak feldispatik flaks türünü etkilemiştir. İki veya üç saatlik tek evreli pişirme (30 saatlik eski pişirme tekniğ ine kıyasla), daha düşük maliyetli aplit ve feldispatik kayaçları bazı ülkelerde (özellikle İtalya'da) gittikçe artan oranda feldispat ve nefelinli siyenit hammaddesini alternatif hale getirmiştir.

Nefelinli siyenitin seramik sanayiinde kullanımı 200, 325 ve 400 mesh inceliğ inde öğütölmüş ürün şeklindedir. Nefelinli siyenit daha öncede belirtildiğ i gibi, hem cam faz oluşturucu, hem de eritici olarak yararlı özellikler sunar. Bu durumda nefelinli siyenit sodyum feldispata tercih edilir, bunun sebebi, nefelinli siyenitin yer karosu üretiminde feldispata karşı sahip olduğ u üstünlük ise, nefelinli siyenitin pişme sıcaklığ ını düşürerek

enerji tasarrufu sağlamasıdır. Zira sodyum feldispat 1170-1200⁰C’de erirken nefelinli siyenit 1140-1170⁰C’de ergimektedir. Nefelin siyenit sağlık gereçleri reçetesinde % 25-30, kimyasal porselende % 15-30, yarı camı porselende ise % 15-55 oranında kullanılır[2].

Seramik sanayiinde feldispat ve nefelinli siyenit kullanımını açısından istikrarlı bir gelecek söz konusudur. Bu iki hammaddeden birinin tercih edilmesi, daha çok ekonomik değerlendirilmelere bağlı olacaktır [8].

1.3.2. Cam endüstrisi

Cam endüstrisi halen en büyük feldispat ve nefelinli siyenit tüketicisi olma durumunu muhafaza etmektedir. Feldispatik mineraller, cam reçetesinde esas olarak alümina kaynağı şeklinde yer alırlar. Bununla birlikte eriticilik özellikleri de bünyelerindeki alkaliler tarafından gerçekleştirilir; alümina ise duyarlılık temin eder ve çarpma, bükülme ve ısıl şoklara karşı mukavemet kazandırır [8].

Cam endüstrisinde nefelinli siyenit, önemli bir silika (% 59-60), alümina (% 23-24) ve alkali (% 9,8-10,2 K₂O) kaynağıdır. En önemli kullanım alanı olup, toplam tüketimin % 65’ini oluştururlar. Tüketim için tane boyu -30 mesh ile -40 mesh olup malzemenin çok az kısmı -200 mesh kadar inceliktedir [2 , 12].

Cam yapımında nefelinli siyenit, cam hamurunun eritilmesinde flaks olarak kullanılır ve konteyner (kap) camında hamurun % 5 ile 15’ini teşkil eder. Kuzey Amerika’ da nefelinli siyenit en büyük ölçüde yiyecek, içecek, kimyasal madde, ilaç şişeleri ve kavonoz gibi muhafaza camı üretiminde, daha tali olarak düz cam, preslenmiş ve şişirilmiş cam mamuller yapımında kullanılmaktadır [8].

Nefelinli siyenit feldispattan daha yüksek bir alkali / alümina oranına sahiptir. Dolayısıyla, aynı miktarda ergitme sağlamak için daha az nefelinli siyenit kullanımı gerektirmektedir. Bu nedenle, konteyner camı yapımında çoğunlukla nefelinli siyenit

tercih edilmektedir. Sonuçta hammadde aktarma ve depolamada olduğu gibi enerji tüketiminde de tasarruf sağlanabilmektedir. Ancak, bu tasarruf nefelinli siyenitin genel olarak feldispattan biraz daha pahalı olması nedeniyle de bir ölçüde dizginlenmektedir [2].

1.3.3. Diğer kullanım alanları

- Kaynak elektrodları üretimi
- Boya sanayii
- Plastik sanayii
- Dolgu maddesi.

Birçok uygulama alanında feldispat ve nefelinli siyenit çoğunlukla birbirlerinin yerine kullanılabilir durumdadır. İkisinden birinin tercih edilmesi kısmen kaynak malzemenin saflığına ve kimyasal bileşiminin uygunluğuna bağlıdır. Ancak belirleyici faktör çoğunlukla pazara yakınlığa bağlı olarak taşıma ücreti olmaktadır. Seramik yapımında ergitici olarak kullanılacak feldispatik malzemede aranan başlıca özellikler tane büyüklüğü, tanecik dağılımı ve mevcut yabancı maddenin miktarıdır. Malzeme -200 mesh'e kadar çok ince bir şekilde öğütülmelidir. Tane boyut dağılımı dar olup, yabancı madde miktarları, özellikle de Fe_2O_3 ve kalsit içeriği düşük olmalıdır [2 , 13].

1.4. Piyasa Durumu ve Üreticiler

Dünyadaki elliden fazla ülkenin feldispat üretmesine karşın dünyanın toplam feldispat üretiminin üçte ikisi yalnızca birkaç ülkeye ait bulunmaktadır. (Çizelge 1.1). Geleneksel olarak başı İtalyanların çektiği Avrupa'lı feldispat üreticileri arasında güç dengesi değişmekte ve Türkiye, özellikle Avrupa içerisinde olmak üzere, dünya piyasasında çok büyük bir yeni güç olarak ortaya çıkmaktadır. Görünüşe göre, büyük rezervlere ve düşük işçi ücretlerine sahip olan Türk feldispat üreticilerin bu yükselişini durdurabilecek pek az şey bulunmaktadır [2].

Çizelge 1.1 : 1994 Dünya Feldispat Üretimi [8]

Ülke	Üretim (bin ton)
İtalya	1600
Türkiye*	900
ABD	740
Tayland	600
Almanya	390
Fransa	310
Kore Cumhuriyeti	290
İspanya	200
Venezuela	180
Brezilya	140
Meksika	120
Norveç	100
Japonya	80
Özbekistan	70
Rusya	70
Diğer ülkeler	640
Dünya toplamı	6430

Amerika'da feldispat piyasasına dört büyük üretici hakimdir. Avrupa'da ise hep en büyük üretici olan İtalya'nın durumu Türkiye tarafından sarsılmaktadır. Giderek Avrupa'nın başlıca feldispat üreticisi konumuna gelmekte olan Türkiye, nefelinli siyenit üretiminde atılmayı düşünmektedir [2].

1.4.1. Türkiye'deki feldispat üreticileri ve tüketim

Feldispat üretilen en geniş alan ülkenin batısında bulunmaktadır. Başlıca işletmeler Aydın-Çine ve Muğla-Milas yörelerindedir. Türkiye'de üretilen feldispatın çoğunluğu sodyum feldispat olup, bu üretimin büyük kısmı seramik endüstrisi tarafından tüketilmektedir.

Potasyum içeren kaynaklar Çine bölgesinde pegmatit damarları şeklinde bulunmakta olup damarlar içerisinde 1. ve 2. kalite olarak K_2O oranlarına göre üretim yapılmaktadır. Pegmatitlere bağlı olarak işletilen 2. bölge, Kütahya-Simav ve Demirci bölgesi olup bunlarda kalitelere göre üretim yapılmaktadır. Bu bölgedeki üretim, Çine bölgesine göre daha azdır. Ayrıca potasyum kaynağı olarak Türkiye'de pegmatit ve aplit damarları işletilmekte; bünyeye uygun nitelikte feldispat konusunda Bilecik-Söğüt ve Akköy bölgelerinden üretim yapılmaktadır. Potasyum kaynağı olarak fabrikaların bulunduğu bölgelere yakınlık bakımından işletilen granit kumları ve tüfler de potasyum içeren feldispat kaynağı olarak değerlendirilmektedir [2, 8 , 14].

Sodyumlu feldispat kaynağı olarak Türkiye'de bilinen ve işletilen en önemli bölge Çine-Milas bölgesidir. Bunlar albit bileşimli olup seramik sanayiinde Bursa bölgesinde üretilen nefelinli siyenitler ile karışım halinde de kullanılmaktadır [2 , 8].

1.4.1.1. Feldispat üretimi

Esan Eczacıbaşı Endüstriyel Mineraller Şirketi Milas ve Çine bölgesinde bulunan ocaklarından sodyum ve potasyum feldispat üretimi yapmaktadır. Esan feldispat zenginleştirmeye yönelik tek flotasyon tesisi olup flote albiti extra cam ve seramik kalitesinde 2 ürünü piyasaya sunmaktadır.

Kale Maden 1993 yılında sırlık potasyum feldispat ve sırlık albit üretecek bir tesisi devreye sokmuştur. Kaltun ve Ak Madencilik Çine'de sırlık Na ve K feldispat üretebilen tesislere sahiptir.

Feldispat ihtiyacında en büyük sıkıntı K-feldispatın yetersizliğidir. K-feldispat üretimlerinin tamamı pegmatit zonlarından yapılmaktadır. Ocak üretim şartlarının zorlaşmasından dolayı ileriki yıllarda K-feldispat ihtiyacı sıkıntı yaratacaktır.

Feldispat kaynağı olarak Matel A.Ş. tarafından üretilen nefelinli siyenitlerin üretiminin ileriki yıllarda artması beklenmektedir. Hatta gelecek yıllara dönük olarak nakliye ücretlerine bakılmaksızın Kırşehir masiflerindeki nefelinli siyenitler dahi üretime alınabilecektir [2 , 8 , 15].

1.4.2.2. Nefelinli siyenit üretimi

Geniş feldispat rezervlerinin yanısıra Matel A.Ş. Türkiye’de tek nefelinli siyenit üreticisi olup, şirket, Bursa-Orhaneli yöresinde bulunan Uludağ masifinde önemli miktarlarda nefelinli siyenit bulmuş, 1989 yılında işletmeye 6000 ton/yıl kapasiteyle başlamıştır. 1994 yılında 18000 ton/yıl, 1995 yılında 50000 ton/yıl kapasiteye çıkmıştır. Yatak düşük nefelinli alkali siyenittir. Mineralojik bileşimi yaklaşık % 90 feldispatlı ve sodyumlu mineraller (sanidin ve albit), % 7 nefelin ve mafik mineraller ve % 0-3 kuvarstan oluşmaktadır. Elde edilen siyenit % 4,5-6 Na₂O, % 6,6-7,5 K₂O, % 16,5 Al₂O₃, % 2-3 Fe₂O₃ ve % 0,3-0,5 TiO₂ içermektedir. Bugüne dek saptanan görünür rezerv 20 milyon ton, muhtemel rezervler ise 40 milyon tonun üzerinde bulunmaktadır [1, 2, 8].

Diğer bir nefelinli siyenit kaynağı olarak, Kırşehir masifindeki sodalitli siyenit ve miyaskit türü kayaçlar, zenginleştirme çalışmaları sonucunda Norveç nefelinli siyenitine eşdeğer alkali zenginleşmesi ve demir oksit / karbonat impüriteleri alt limit değerlerinde oldukça iyi verimle kazanılmış bulunmaktadır [8 , 15].

Malzeme için piyasa araştırması sürdürülmekte olup, şirket ocak sahasında bir konsantrasyon tesisi kurmaktadır. Son yıllarda siyenit kullanımı gitgide artmakta olup, şu anda Serel-Bozüyük Seramik (Ercan Seramik A.Ş.), Söğüt Seramik A.Ş. ve Toprak Seramik A.Ş. siyenit hammaddesini yer karosu üretiminde kullanmaktadırlar [1].

2. SERAMİK YER KAROSU ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

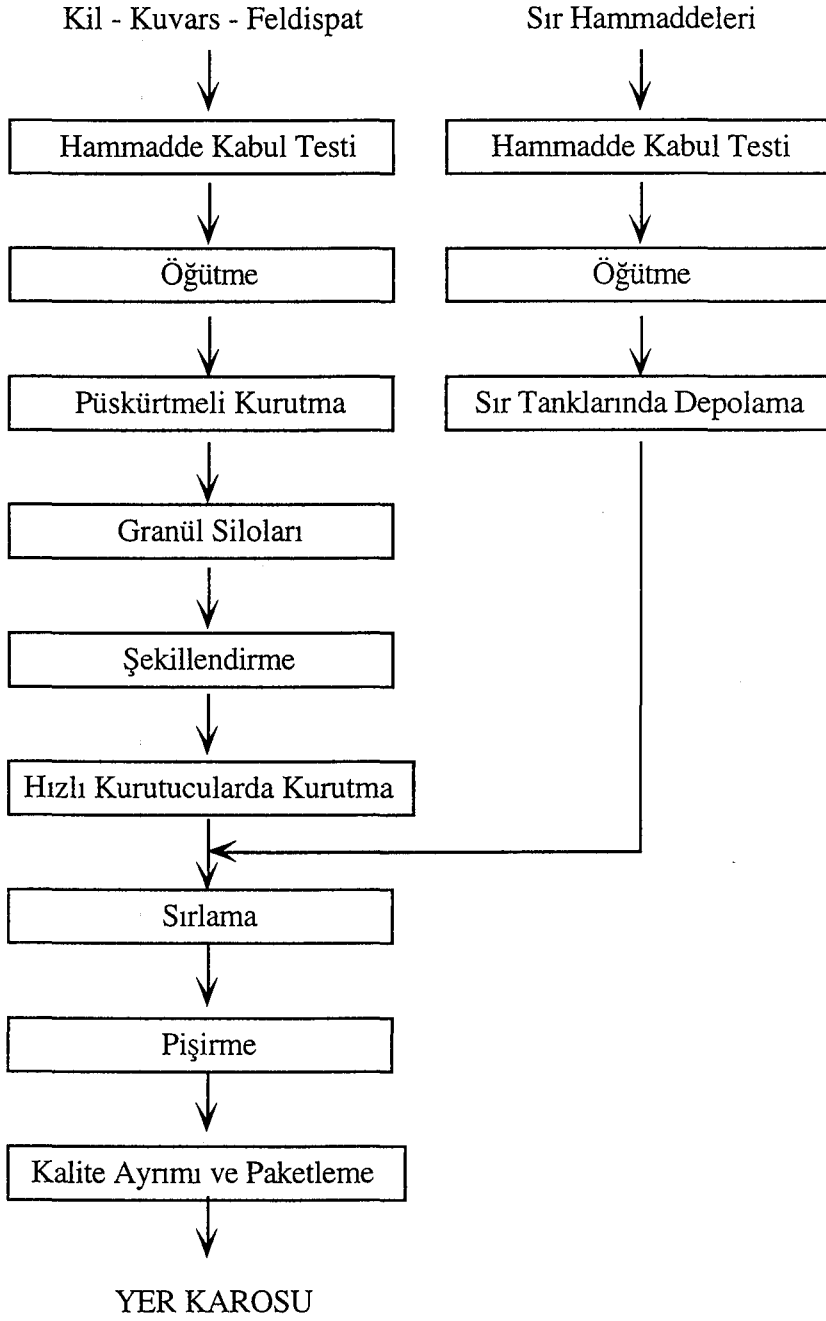
Binaların iç ve dış yüzeylerinin kaplanması için seramik malzemeden üretilen çeşitli özellik ve boyutlardaki mamullere karo seramik denir. Bunlara ait özellikler Çizelge 2.1’de görülmektedir. Karo üretim akış şeması ise Şekil 2.1’de görülmektedir.

Karo Seramik Sanayiinin önemli ürünleri şunlardır:

1. Fayans
2. Dış Cephe Seramiği
3. Yer karosu
4. Mozaik (Yüzeyi 50 cm²’den küçük seramikler).

Çizelge 2.1: Karo Seramik Cinsleri

BÜNYE CİNSİ	BÜNYE RENGİ	SU EMME ÖZELLİĞİ (%)	PİŞME SICAKLIĞI (°C)	YÜZEY DURUMU	BÜNYE ÖZELLİKLERİ	ÜRETİLEN MAMULLER
Porselen	Beyaz	0-1	1250	Sırlı veya Sırsız	Yoğun, sert, yarı şeffaf, vurulduğunda metalik ses verir.	Dış Cephe seramiği, Yer karosu, mozaik, fayans
Pekişmiş Çini	Beyaz veya renkli	1-10	1200 - 1300	Sırlı veya Sırsız	Sert, opak, gözenek fazla değil.	Dış cephe seramiği, yer karosu, fayans
Fayans	Beyaz veya renkli	10-22	1000 - 1200	Sırlı	Yumuşak, Opak, Gözenekli	Fayans



Şekil 2.1. Yer karosu üretim akış şeması

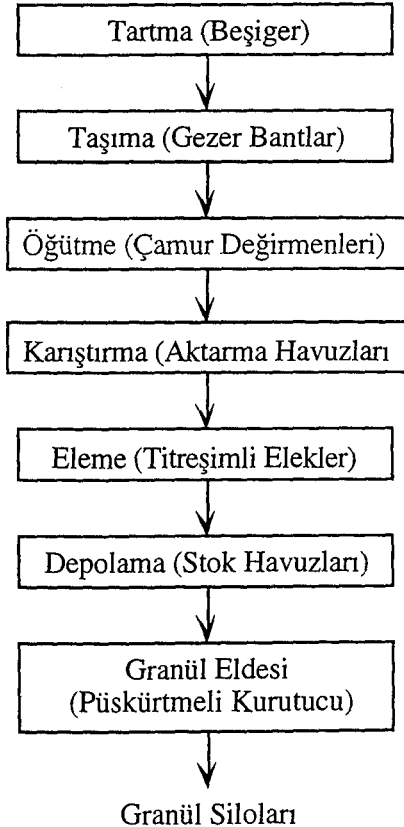
2.1. ÇAMUR VE SIR HAZIRLAMA

2.1.1. ÇAMUR HAZIRLAMA

Çamur hazırlama, Şekil 2.2'de görülen akış şemasına göre hazırlanır. Hammaddelerin su ve viskozite ayarlayıcı ile karıştırılıp çamur değirmenlerinde sulu öğütülme yapılarak öğütülür ve çamur püskürtmeli kurutucuda granül haline getirilir. Çamur, hem yer karosu, hem de duvar karosu için ayrı ayrı hazırlanır. Genel olarak yer ve duvar karosunda kullanılan hammaddeler şunlardır:

Yer Karosu için; genel olarak; kil, feldispat, kuvars, az miktarda albit, bisküvi kırığı ve viskozite ayarlayıcı olarak Na-Silikat.

Duvar karosu için; genel olarak; kil, kaolen, mermer, feldispat, az oranda kuvars, büsküvi kırığı ve viskozite ayarlayıcı olarak Na-Silikat ve Soda [16 , 17].



Şekil 2.2.: Çamur Hazırlama Akış Şeması

i) Hammadde Siloları: Çamur hammaddelerinin stoklandığı silolardır. Bunların bir kısmı yer karosu için, bir kısmı da duvar karosu için kullanılmaktadır. AR-GE'den gelen reçetelere uygun karışımlar hazırlamak amacıyla Hammadde Müdürlüğü tarafından temin edilip bir takım ön işlemlerden geçirilmiş olan hammaddeler 250-300 ton kapasiteli hammadde depolarında ayrı ayrı kodlarına göre sıralanmaktadır.

Yer karosunda genelde Kil+Feldispat Duvar karosunda ise Kil+Kaolen+Mermer ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bunlara ek olarak %5-10 civarında pişmiş bisküvi kırıklarından da her iki reçete hazırlanmasında yararlanılmaktadır.

Ancak depolarda bulunan bu hammaddelerin kullanılmadan önce içerdikleri rutubet yüzdesi AR-GE tarafından hesaplanır. Normalde kuru maddeye göre beşigerlere yükleme yapılırken rutubet yüzdesi de hesaba katılır.

Depolardaki bu hammaddelerin yanında, değirmenlerde yaş öğütme yapılması sebebiyle elektrolit olarak, sodyum silikat ve sadece duvar karosunda kullanılmak üzere soda ilavesi yapılmaktadır.

ii) Beşigerler: Tartım işlevi gören 4 adet beşigerlerin olduğu bir tesiste, beşigerlerden ikisi bir pfistere, ikiside diğer ikinci pfistere bağlıdır. Yer karosu ve duvar karosu için alınacak her maddenin ağırlıkları pfistere kaydedilir. Loderle beşigere doldurulacak hammadde miktarı ışıklı bir ekrandan takip edilir. Hammadde beşigere doldurulmaya başladıktan sonra göstergeden miktar takip edilir, sıfırlanınca hammadde boşaltılması durdurulur ve diğer malzeme miktarı ekranda görünür. Beşigere hammaddelerin hepsi yüklendikten sonra gezer bandlar ile çamur değirmenine boşaltma işlemi başlar.

iii) Çamur Değirmenleri: Genel olarak değirmenlerde öğütme işlemi, silindir değirmeninin ekseni etrafında dönmeye başlaması ile serbest haldeki öğütücü elemanların değirmenin hızına uyarak silindirin yarıçapını aşana kadar üste çıkması, sonrada ağırlığı sebebiyle geri kayması ve bu kayma sırasında taşların ve bu taşlarla değirmenin sert duvarları arasında kalan iri parça hammaddelerin ezilmesi prensibine göre yapılır.

Bu hususta en önemli faktör değirmenin dönme hızıdır. Silindir yavaş dönerse bilyalar yer değiştirmeksizin değirmen çeperleri etrafında kayarlar, böylece öğütme olayı olmaz. Hız fazla olursa bu seferde bilyalar değirmenin etrafında döner. Düşme işlemi olmayacağında öğütmede olmaz. Öğütme olabilmesi için bilyaların birbiri üzerine düşerek maddelerin öğütülmesini sağlayacak darbeler meydana getirmesi sağlanmalıdır. Bu da ancak kritik dönme hızı denen ne düşük, ne de yüksek olan ve en iyi öğütmenin sağlanacağı bir hızdır.

Değirmenlerin içi 15 cm kalınlığında sileks taşı ile örülüdür.

Değirmenlerde öğütücü olarak flint taşı kullanılmaktadır. Bu taşların çapları 6-12 cm arasındadır. Genellikle düzgün şekilli olanlar tercih edilir ve üç farklı boyut bir arada kullanılır.

Flint taşı boyutları;

4-6 cm % 25

6-8 cm % 50

8-10 cm % 25 olacak şekilde ayarlanır.

Mutlaka zamanla olabilecek aşınmalar düşünülerek değirmene flint taşı ilavesi olayı ihmal edilmemelidir. İlave edilecek flint taşı miktarı şarj başına 40 kg. olacak şekilde haftada bir kez yapılır. İlaveler değirmene hammadde şarj edilirken beşigerlere doldurulur. Flint taşının oranı değirmen boş iken kapak ile değirmen boşluğu 150-160 cm olacak şekilde ayarlanır.

Değirmen dolum işlemi hunilerle yapılır. Baz olarak 13,5 ton kuru maddeye karşı gerekli su ve elektrolit ilaveleri yapıldıktan sonra değirmen kapakları kapatılır. Dolum esnasında değirmenlerin %25'inin boş bırakılmasına dikkat edilir. Boşluk öğütme sırasında bilyaların sıvı içerisinde yüzmeden düşmelerini sağlamak ve sürtünme sırasında meydana gelen ısıdan değirmenin hasar görmesini önlemek içindir.

Değirmenlerde yaş öğütme yapıldığı için Na-Silikat (cam suyu) sistemi elektrolit olarak verilir. Viskoziteyi düşürüp, çamurun çökmesini engelleyerek yüzdürücü görevi görür. Duvar karosunda Na-Silikat ve ek olarak soda kullanılmasının amacı hemen hemen cam suyu ile aynıdır. Ancak sistemde Na-Silikatın fazla kullanılması daha sonraki presleme aşamasında kalıba yapışarak problemler yarattığı için soda kullanılması daha uygundur.

Değirmen dolum işlemi bitip kapaklar kapatıldıktan sonra büyük motor çalıştırılmadan önce küçük motor 10 dak kadar çalıştırılarak ilk karışma sağlanır. Daha sonra büyük motor devreye sokulur. Öğütme işlemi duvar karosunda yaklaşık 8 saat, yer karosunda ise 12-13 saat sürer.

Öğütmenin tam olup olmadığı devri tamamlayan değirmenlerden numune alınarak laboratuvarlarda çamur litre ağırlığı ve elek bakiyesine bakılarak kontrol edilir. AR-GE tarafından belirlenen standart değerler:

Çamur lt. Ağırlığı : 1700 ± 20 gr/lt. (Duvar karosu + Yer karosu için)

Elek Bakiyesi (63 μ m) : Duvar karosu için : % 5-6

Yer karosu için : % 5,5 - 6,5 olacaktır.

iv) Aktarma Havuzları: Duvar ve yer karosu için istenilen sayıda ayrı ayrı aktarma havuzları vardır. Homojenliği sağlamak ve çökmeyi önlemek için her bir havuzda karıştırıcı bulunmaktadır.

v) Titreşimli Elekler: Aktarma havuzlarında bulunan çamur titreşimli eleklerden geçirilerek stok havuzlarına boşaltılır. Her elekte bulunan, bir üst bir de alt elekler vardır. Yer karosunda üst elek 250 mikron, alt elek 315 mikrondur. Duvar karosunda ise üst elek 200 mikron, alt elek 315 mikrondur. Alt elekler, emniyet elekleridir.

vi) Stok Havuzları: Titreşimli elekten gelen çamur stok havuzlarında püskürtmeli kurutucuya beslenmek üzere stoklanırlar. Yer karosu ve duvar karosu için

ayrı ayrı stok havuzları vardır. Her bir havuzun hacmi 100 metreküp civarında olup, ancak havuzlarda daha verimli bir karışım elde etmek için 80 metreküplük miktarı kullanılır. Her bir çamur havuzunda iki adet karıştırıcı bulunur. Karıştırıcılar birbirlerine ters yönde karıştırma işlemini yaparlar.

vii) Püskürtmeli Kurutucu: Yer karosunda ve duvar karosunda kullanılan iki adet püskürtmeli kurutucu vardır. Havuzlardan çamur pompalar yardımıyla püskürtmeli kurutucuya beslenir. Çamur pompa ile püskürtmeli kurutucuya dört yerden giriş yapan çamur boruları ile beslenmektedir. İçerde çamur borularının uç taraflarında dörtlü, beşli yıldızlar bulunur. Çamur bu yıldızların enjektör başlarından belli bir değişmeyen sabit bir basınçla sıcak hava akımının ters yönünde püskürtülür. Sıcak hava ile karışıp masse haline gelen çamur taneleri püskürtmeli kurutucunun alt tarafına doğru yer çekimi ile düşerler. Granül püskürtmeli kurutucunun çıkışında bulunan titreşimli elekten geçerek gezer banta dökülür. Püskürtmeli kurutucunun alt tarafında bulunan fan, çok küçük taneleri ve ortamda bulunan nemli havayı emerek siklona verir. Siklona gelen malzemeden yine iri taneli granüller, çamur besleme bölgesinden püskürtmeli kurutucu içine püskürtülür. Siklonda ayrılan toz ve küçük tanecikler ise sulu filtreye gönderilir. Sulu filtreye gelen malzeme yukarıda verilen su ile birlikte aşağıdan alınır. Havaya tozsuz temiz buhar atılması sağlanmış olur.

Granül tane boyutunu etkileyen önemli faktörler; çamurun yoğunluğu, viskozitesi, pompa basıncı ve düze çapıdır [17].

viii) Granül Siloları: Elde edilen granül, gezer bant ile elevatöre buradan da gezer bantlar ile granül silolarına doldurulur. Bu silolar da yer ve duvar karoları için ayrı ayrıdır.

2.2. SIR HAZIRLAMA

Seramikte “sır” olarak adlandırılan madde, masse üzerine ince bir tabaka şeklinde kaplayarak onun üzerinde eriyen cam veya camsı maddedir. Sırda aranan en büyük özellik, üzerine uygulandığı masse ile normal koşullarda fiziksel ve kimyasal bağlar kurmasıdır. Bu bağların çeşitli nedenler ile iyi veya zayıf olması sonucu, sırnın başarısı da belirlenmiş olur. Hatasız bir sır tabakası, seramik karosunun üzerinde genelde çatlamadan ve hatasız kalmalıdır [16 , 18].

Sırın hazırlanıp kullanılmasındaki önemli nedenler şu şekilde sıralanabilir:

- Aşındırıcı özellikte asitlerden, sıvılardan ve gazlardan ürünü koruyup yalıtılmak,
- Ürüne etki eden çeşitli mekanik güçlere, ürünün karşı koyma gücünü artırmak,
- Seramik yüzeyine, renk ve doku özellikleri getirerek estetik ve dekoratif değerini arttırmak,
- Ürün üzerinde parlak ve kaygan bir yüzey oluşturmak,
- Renkli pişirmelerde, ürünlerin üzerinde örtücü bir tabaka oluşturmak.

Sır hazırlama akış şeması Şekil 2.2’de görülmektedir. Sır hazırlamada kullanılan hammaddeleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Frit
- Kil
- Kaolen
- Mermer
- Feldispat
- Oksit boyalar’dır.

Kullanılan hammaddeleri depolamak için çelik konstrüksiyonlu silolar kullanılır ve bu silolarda feldispat, kaolen, kil ve mermer vardır. Ahşaptan yapılmış silolarda ise fritler stoklanırlar.

Hem yer karosu için hem de duvar karosu için ayrı ayrı sır hazırlanır. Bu nedenle duvar karosu ve yer karosu için hazırlanan sırlarda kullanılan hammaddeler farklıdır.

- Duvar Karosu sır yapımı için kullanılan hammaddeler: Frit (% 93-95), kaolen, feldispat, tuz, ZnO, ZrSiO₄ ve elektrolitler.
- Yer Karosu sır yapımı için kullanılan hammaddeler: Frit (%20), kaolen, kil, feldispat, kuvars, manyezit, dolomit, tuz, ZnO, TiO₂, SnO₂, bentonit, ZrSiO₄, Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO₂ ve elektrolitler.

Hammaddelerin Tartılması: Hammaddeler sır reçetelerine göre hazırlanırlar. Biri küçük tartımlar için, birisi de büyük tartımlar için iki adet kantar kullanılır. Daha küçük tartımlar için (1 kg'a kadar) ise elektronik terazi kullanılır. Tartılıp hazırlanan her hammadde öğütüleceği değirmene gönderilir.

Öğütme: Öğütme işlemlerinin yapıldığı, 1 cm kalınlığında silindirik çelik konstriksiyondan yapılmış sır değirmenleri kullanılır.

Sır değirmenlerinde öğütücü olarak alümina bilyalar kullanılır. Öğütmeyi etkileyen en önemli faktörlerden birisi de bilya boyutlarıdır. Belirli aralıklarla değirmen öğütücü taşları boşaltılır ve boyutlar tekrar gözden geçirilerek çok küçük boyutta olanlar ayrılır. Bilyalar: 2¹, 13/4¹, 11/2¹, 1/4¹, 1¹ inç boyutlarındadır.

Sır değirmenlerinin çalışma süreleri, değirmenin büyüklüğüne ve öğütülen sırnın yer veya duvar karosu sırnın olmasına bağlıdır. Örneğin:

— 11 m³ lük değirmenlerde;

Devir Sayısı: 16 dev/dk. Duvar Karosu: 8,5 saat, Yer Karosu: 7,5 saat

— 5,3 m³ lük değirmenlerde;

Devir sayısı: 16-17 dev/dk. Duvar Karosu: 8,5 saat, Yer Karosu: 7,5 saat.

— 1,3 m³ lük değirmenlerde;

Devir sayısı: 23 dev/dk. Duvar Karosu: 8,5 saat, Yer Karosu: 7,5 saat.

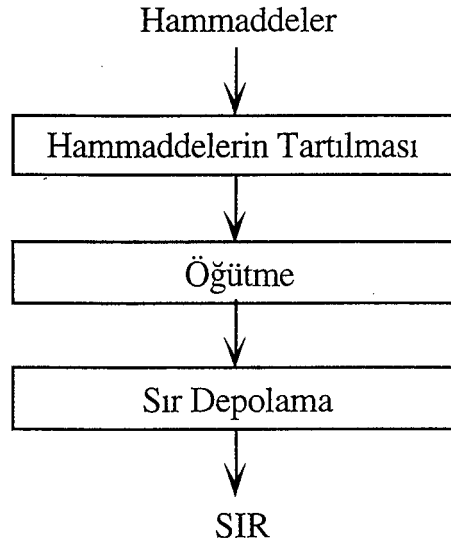
Değirmenlerde belirlenen öğütme süreleri tamamlandıktan sonra sır kontrolleri yapılır. Kontrollerde litre ağırlıklarına ve elek bakiyelerine bakılır. Örneğin:

Duvar karosu sıırı için: 1700 - 1750 gr/lt % 1,5 - 1,7 elek bakiyesi (63 µm)

Yer Karosu sıırı için : 1750 - 1780 gr/lt % 1,0 - 1,4 elek bakiyesi (63 µm)

Bu değerler sağlanıyorsa, değirmenden numune alınır. Bu numunenin laboratuvarlarda istenilen renk kontrolü yapılır. Renk uygun değilse ilave boyalar verilir. Renk uygunluk kazandığında sır tanklarına boşaltılır. Sır tanklarından önce sır manyetik tutucudan geçerek sır tanklarına boşaltılır. Sır manyetik tutucudan geçirmede amaç, sır içindeki sıra zarar verecek manyetik maddelerin ayrılmasıdır.

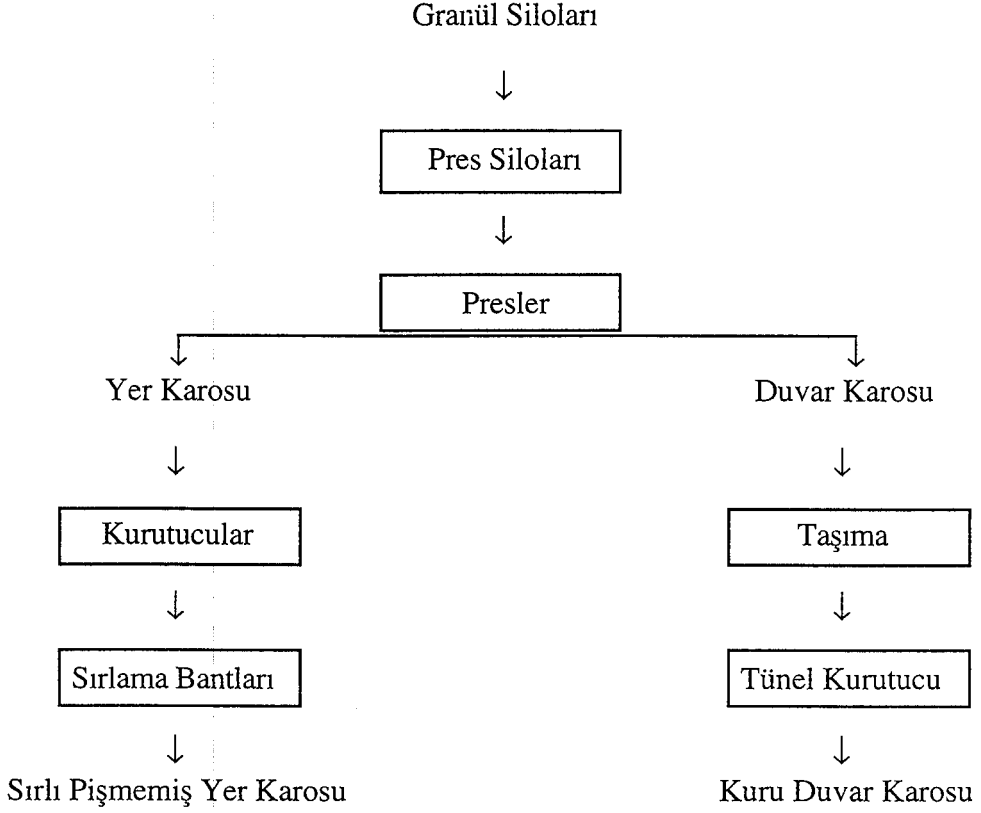
Sır Tankları: Her sır tankında bir karıştırıcı vardır. Bütün tankların üzerleri toz veya pislik girmemesi için kapatılmıştır.



Şekil 2.3: Sır Hazırlama Akış Şeması

2.3. ŞEKİLLENDİRME

Şekillendirme birimi granül hale getirilen çamurun, presler kullanılarak şekillendirme işleminin yapıldığı bölümdür. Şekil 2.4'de şekillendirme akış şeması görülmektedir.



Şekil 2.4: Şekillendirme akış şeması.

Granül Siloları: Kapasiteleri ve adetleri, yer ve duvar karosu için istenilen değerlerde olabilir. Masse, silolara gezer bandlar kullanılarak doldurulur. Her silo ağzında elekler bulunur.

Pres Siloları: Preslerin herbiri üzerinde preslerin istenilen sürede çalışmasına yetecek kadar (yaklaşık 45 dakika) silolar vardır. Granül otomatik olarak granül silolarından pres silolarına beslenir.

Presler: Duvar karosunda ve yer karosunda kullanılmak üzere presler vardır.

Preslerde iki çeşit kalıp kullanılır. Bunlar geçme kalıplar ve kapama kalıplardır. Çizelge 2.2'de farklı üretici firmaların ürettiği presler ve özellikleri ile ilgili veriler bulunmaktadır. Bir kalıpta bulunan bölümler şöyle sıralanabilir.

- Üst ütü tabanı
- Alt Matris
- Körüklü şase
- Üst ütü
- Alt ütü
- Lastik takoz
- Üst Matris
- Alt ütü tabanı

Geçme kalıplarda alt kalıp plastikten, kapama kalıplar ise çeliktendir. Çelik olan kalıplar ortalama iki pilyede bir silinirken, plastik kalıplar yaklaşık iki saatte bir silinir. Bu da çelik kalıplı preslerde üretim verimliliğini düşürmektedir.

Çizelge 2.2.: Yer Karosu Presleri

Pres İsmi	Basınç Kap. (Ton)	Kalıp Çeşidi	Kalıp Yüzeyi	Faydalanılan Alan (cm ²)
Dorst	500	Geçme	Plastik	1600
Dorst	750	Geçme	Plastik	2600
Nassetti	800	Geçme	Plastik	1948

2.3.3. YER KAROSU KURUTUCULARI

Yer karosunda preslerden sonra kullanılan dikey ve yatay kurutucular vardır. Kurutucuların kullanılmasındaki amaç, yaş ürünün nem oranını düşürmek, mukavemeti artırmaktır. Yaş ürün kurutucuya yaklaşık %5 nem oranı ile girer ve %0.5 nem oranı ile çıkar. Kurutucularda sıcaklıklar 120-200°C arasında değişmektedir.

Buradaki amaç sır cinsine göre, ürünün kurutma sıcaklığını ayarlamaktır. Çıkan ürünün sıcaklığı ise 40-60°C arasındadır. Kurutucularda doğalgaz veya LPG (sıvı petrol gazı) kullanılabilir. Kurutuculardan çıkan ürünler sirlama bandlarına beslenirler.

2.3.4. ŞEKİLLENDİRMEYİ ETKİLEYEN TEKNİK FAKTÖRLER

Karoların öğütülüp, kurutulmuş granül haline getirilişi safhasından sonra en önemli safha şekillendirme dir. Şekillendirmeyi etkileyen başlıca teknik faktörler ise granül yapısı, şekillendirme rutubeti, presleme basıncı, karoların homojen olarak sıkıştırılması, kalınlık, kenar düzgünlüğü ve gönyeden kaçıklık, kenar köşe oyuk ve kopmaları, yüzey bozukluğu ve oyukları, havalı karo, kenar çapakları... gibi faktörlerdir [16, 17, 18].

2.3.4.1. Massenin Granül Yapısı

Preslemede granülün elek analizi ve özellikle granül yoğunluğu önemli rol oynamaktadır. Granül elek analizi, püskürtmeli kurutucuya verilen çamurun viskozitesine, pompa basıncına, düze çapına ve granül rutubetine bağlıdır. Granül yapıdaki bu oynamalar, kalıplara granüllerin homojen doldurulmasını ve granül boşluklarındaki havanın dışarı atılmasını zorlaştırdığından sonuçta boyut düzensizliğine neden olmaktadır.

2.3.4.2. Şekillendirme Rutubeti

Presleme sırasında rutubet, granüllerin birbirine sıkıca yapışmasını sağladığından, rutubetteki oynamalar karoların sıkıştırılmasını etkileyeceğinden, sonuçta boyutların farklılaşmasına neden olur. Çünkü fazla sıkıştırılan karolar pişmeden sonra az küçülmekte, az sıkıştırılanlar ise fazla küçülmektedir.

2.3.4.3. Presleme Basıncı

Karoların şekillendirilmelerinde presleme basıncının etkisi çok büyüktür. Fazla sıkıştırılan karolar, pişme esnasından daha fazla sinterleştikleri halde küçülmeleri daha az olmaktadır. Bunun sebebi, fazla basınçla sıkıştırılan granüllerin arasındaki boşluklar azalmakta ve birbirine sıkıca bağlanıp karonun yoğunluğu artmaktadır.

2.3.4.4. Karoların Homojen Olarak Sıkıştırılmaması

Şekillendirme esnasında gerek kalıp ölçülerinden gelen hatalardan, gerekse kalıplara granüllerin homojen doldurulamamasından aynı karoda veya pres gözleri arasında farklı sıkıştırma sonucunda, yine boyut farklılıkları oluşmaktadır.

2.3.4.5. Kalınlık

Kalınlıklardaki oynamalar karo boyutlarındaki gibi yine kalıp ölçülerindeki farklılıklardan ve granüllerin homojen doldurulmaması sonucu oluşan farklı sıkıştırmalardan kaynaklanmaktadır.

2.3.4.6. Kenar Düzgünlüğü ve Gönyeden Kaçıklık

Bu hata da boy ve kalınlıklardaki gibi homojen olmayan sıkıştırmalardan kaynaklanmaktadır. Karonun fazla sıkıştırılan kenarları az küçülüp, dış bükey olurken, az sıkıştırılan kenarları fazla küçülüp, iç bükey olmakta ve karonun dikdörtgenliği gönyesi bozulmaktadır. Bu hata özellikle büyük ebatlardaki karolarda daha belirgin görünür.

2.3.4.7. Kenar Köşe Oyuk ve Kopmaları

Preslenerek şekillendirilen karoların, pres kalıplarından çıkması esnasında kenar ve köşelerinde oluşan hatalardır. Köşe oyuk ve kopmaları, kenar ve köşelerinde oluşan hatalardır. Köşe oyuk ve kopmaları, kalıp köşelerinin, granül içindeki havanın presleme esnasında kolayca atılmasını sağlayıcı şekilde düzenlenmesiyle önlenir. Kenarlardaki kopmalar ise, özellikle büyük ebattaki karoların presleme sonunda kalıplardan çıkarken oluşan genleşme sonucunda meydana gelir.

2.3.4.8. Yüzey Bozukluğu ve Oyukları

Bu hata daha çok granül rutubetinin yüksek olduğu zaman, granüllerin presleme esnasında kalıplara yapışıp kopmasıyla düzgün olmayan karo yüzeyi oluşmasıdır. Sık sık presi durdurup, kalıpların temizlenmesini gerektirir. Bu da üretim kapasitesinin düşmesine sebep olur. Bu problemin en uygun çözümü, karo kalıplarının metal yüzeyinin plastikle kaplanması ile çözülebilir.

2.3.4.9. Havalı Karo

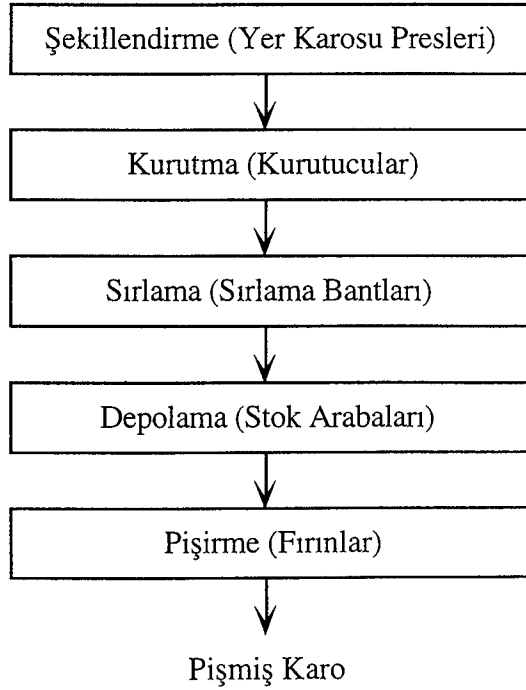
Genelde granül rutubetinin düşük olduğu zaman, granüllerin içindeki havanın presleme esnasında atılamaması ve karonun içinde hapis kalmasıyla oluşur. Preslemenin havalandırma fazının iyi ayarlanamaması da bu hatayı getirir. Uygun rutubet ve presleme ile problem çözülebilir.

2.3.4.10. Kenar Çapakları

Kalıpların fazla kullanılması sonucu; çerçeve ve kalıpların aşınmasıyla oluşan ölçü büyümesinden kaynaklanır.

2.4. SIRLAMA

Yer Karosu sırlama ve pişirme işlemlerine ait ürün akış şeması Şekil 2.5'de gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Ürünün sırlama ve pişirme işlemlerine ait akış şeması

2.4.1. SIRLAMA BANTLARI

Yer karosu sırlama biriminde kurutuculardan çıkan bisküvilerin sırlanma işlemlerinin yapıldığı sırlama bantı bulunmaktadır. Ürün çeşitlerine göre, sırlama bantlarında bulunan ekipmanlar çeşitlilik gösterirler. Sırlama bantlarında bulunan ekipmanlar aşağıdaki gibidir.

- | | |
|---------------------|---------------------------------|
| - Fırçalar | - Baskı makinaları |
| - Üfleyici | - Granül ekme makinası |
| - Disk kabini | - Kenar kazıma |
| - Kampana | - Çevirici |
| - Disk kabini | - Kenar kazıma |
| - Sabitleyici kabin | - Füme kabini |
| | - Masse altı Angoblama makinası |

Burada istenilen ürün özelliğine göre banda fırçalama makinası, zirkon makinası veya marmara makinası ilave edilebilir.

i) Fırçalama: Sırlama bantları girişinde yuvarlak ve silindirik olmak üzere iki adet fırça bulunur. Fırçalama ile bisküvi üzerinin tozlardan vb. maddelerden temizlenmesi sağlanır.

ii) Üfleyici: Fan kullanılarak bisküvi yüzeyinde fırçanın almadığı tozların temizlenme işlemi yapılır.

iii) Disk Kabini: Delikli bir boru üzerine monte edilmiş lamellerden oluşan iki adet aplikasyon başlığı, kabin ve iki adet motordan oluşmuştur. Kabinlerde atılacak sırmiktarına göre tek veya çift başlık kullanılır. Sırm, bir pompa aracılığı ile havuzdan diskin bulunduğu delikli boruya aktarılır ve disk motoru dönerek oluşan merkezkaç kuvveti yardımıyla banttandır geçmekte olan karo üzerine sırm akıtılır. Disk kabininde yüzeyde homojen dağılım sağlanmasına karşın yüzey düzgünlüğü kampanaya göre daha dalgalı veya pürüzlü görünümündedir.

iv) Kampana: Sır bir pompa ile havuzdan kampana teknesi üzerindeki 250 mikronluk eleğe aktarılır, elekten geçirilen sır kampana teknesine dolar. Teknenin belirli bir seviyesinden sonra fazla sır, bir tahliye borusu ile sır havuzuna geri boşalır. Bu tahliye hattı sürekli olarak açıktır. Bu sayede teknedeki sır seviyesi sabit tutulur ve düzgün bir akma işlemi sağlanır. Yüksek litre ağırlığındaki sırlar için ideal uygulama şekli kampana sırlamaktır.

v) Sabitleyici Kabin: Baskı yapılmadan önce sır üzerine bir pistole ile kabin içinde sabitleyici atılır. Uygulanacak gramaj baskının çeşidine göre ayarlanır. Sabitleyici, sır ile baskı arasında bir film oluşturduğu için elek yapışmasını önlemektedir.

vi) Baskı Makinaları: Bantların durumuna göre hiç baskı makinasız veya tek, çift, üç adet baskı makinası bulunan bantlar bulunur. Birden fazla baskı yapılacak ise baskının türüne göre baskı aralarında sabitleyici kullanılmalıdır.

vii) Granül Ekme Makinası: Bu makina ile toz firit sırlı yüzey üzerine atılır. Makine içinde üst üste iki adet elek bulunmaktadır. Bu eleklerden üstekinin elek açıklığı 3 mm ve alttakinin ise 2 mm'dir. Elekler devamlı hareket halindedirler, bu sayede hem eleme rahat olmakta hem de ürün yüzeyinde düzgün dağılım sağlanmaktadır. Makina içerisinden geçmekte olan sıcak karonun buharından firitin nemlenip elekleri takılmaması için ısıtma lambası kullanılır.

viii) Kenar Kazıma: Ürünün kenarlarına akan angob veya sırası temizlemek için kenar kazıyıcılar da karonun kenarları temizlenir. Döner lastik diskler ile kenarlar kazınarak temizlenir. Önce karo kenarlarından ikisi temizlenir ve 90 derece çevrildikten sonra öbür tozları veya parçacıkları eğer kenar kazıma emişleri temizleyememişse üfleyiciler ile üflenir.

ix) Füme Kabini: Füme filtre ağırlığı düşük bir sırdır ve pistole yardımı ile 1-1,5 mm çapındaki memelerden 2-4 bar basınçla karo üzerinde püskürtülerek atılır. Füme

genelde sirlama bantların sonunda atılabildiği gibi yeni ürünlerde özel efekt oluşturabilmek için bantın başında sır üzerine de atılmaktadır.

x) **Masse Altı Angoblama:** Pişme esnasında karonun rulolara yapışması ve ruloların kirlenmesini önlemek amacıyla karonun altına magnezyum oksitten yapılmış angob sürülür.

2.4.2. SIRLAMA HATALARI

2.4.2.1. Sır Damlları

Sırlama esnasında sırlama kabinlerinin kirlenmesi sonucu, sır damlları karonun sırlı yüzeyine damlayarak hataya sebep olur.Bu durumda kabinlerin yıkanması gerekir.

2.4.2.2. Sır Çerçeve

Bu hata daha çok karo ısısının düşük olduğu durumlarda karo yüzeyine atılan sır kururken kenarların orta üzeeye nazaran daha geç kuruması ile oluşan çerçeve gibi görüntü bozukluklarıdır. Karonun sıcaklığının yükseltilmesi ile hata giderilebilir.

2.4.2.3. Sır Oyukları

Genelde viskozitesi yüksek sırlarda yapılan sırlamada, sırnın karo yüzeyine iyice yayılamaması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Uygun elektrolit ilavesi kullanılarak, sırnın viskozitesi düşürülerek problem giderilebilir.

2.4.2.4. Sır Kaynamaları

Genelde viskozitesi düşük sırlarda, sırnın kuruması esnasında bazı sırlarda sır kaynamaları (köpürmeleri, buruşukluklar, toplanmalar) şeklinde hatalar olmaktadır.Bu olay, sır bünyesinde bulunan suda çözülmüş maddelerin sırnın kuruması esnasında bir bölgede toplanarak daha sonra pişme sırasında gaz çıkışlarına (kaynamalara) sebep olması ile ortaya çıkmaktadır.

2.4.2.5. İğne Delikler

Piştirim sonrası sırlı yüzeyde görülen iğne deliklerinin pek çok sebepleri vardır. En önemlileri şunlardır:

- Karo yüzeyinin sırlamadan önce tozlardan iyi temizlenmemesi,
- Karo bünyesinde oluşan göbikleme (black core),
- Pişme sıcaklığının yüksek olması,
- Sırın ergime derecesinin düşük olması.

2.4.2.6. Desen Kayması

Baskı eleklerinin ve zincirlerin ayarsızlığı, baskı esnasında karonun sabit olmaması desen kaymasına sebep olur.

2.4.2.7. Sıyrık ve Köşe Kırışıkları

Preslerden başlayarak stok arabalarına kadar gittiği bantlar üzerinde olabilecek çarpma veya sürtünmelerden dolayı meydana gelen hatalardır.

2.5. STOKLAMA

Sırlama bantlarından çıkan ürünler fırınlarda pişirilmek üzere stok arabalarına yüklenirler. Stok arabalarına yükleme ve boşaltma işlemi otomatik olarak yapılır. Stok arabalarında hazır bulunan ham ürünler, fırın girişine gelir ve besleme işlemi başlar.

2.6. FIRINLAR

Yer karosu fırınları, enleri 1.45-1.65 m boyları 70-90 m pişirme süreleri 40-45 dak ve brülör sayıları 60-100 arasında değişen değerlerde olabilirler. Bu fırınlar beş bölümden oluşmuştur.

- Kurutma
- Ön ısıtma
- Ateş bölgesi
- Kritik soğutma
- Soğutma

Örnek olarak bir fırının bölüm uzunlukları ve bölüm sıcaklıkları Çizelge 2.3’de görülmektedir.

Çizelge 2.3: Fırın Bölümleri ve Ortam Sıcaklıkları [17]

Fırın Bölümü	Uzunluk (m)	Giriş Sıc. (°C)	Çıkış Sıc. (°C)
Kurutma	12	Ortam Sıc.	400
Ön Isıtma	22	400	1000
Ateş Bölgesi	24	1000	1190
Kritik Soğutma	6	1190	610
Soğutma	24	610	80 - 120

Yüksek kaliteli bir sır yüzeyi için fırın rejiminin doğru bulunması ve fırın rejiminin her bir parçası olan ön ısıtma hızı, maksimum sıcaklıkta tutma süresi, soğutma ve fırın atmosferi her bir safha için çok dikkatle kontrol edilmelidir.

Düşük sıcaklık, sıranın tam olgunlaşmamasına, ürün renginde ve sırlı yüzeyde sıcaklık ise ürünün ve sır renginin koyulaşmasına, yüzeyde deliklenmelere neden olur. Uygun olmayan pişirim sıcaklığı ve zamanı ürün kalitesinde dalgalanmaya neden olur.

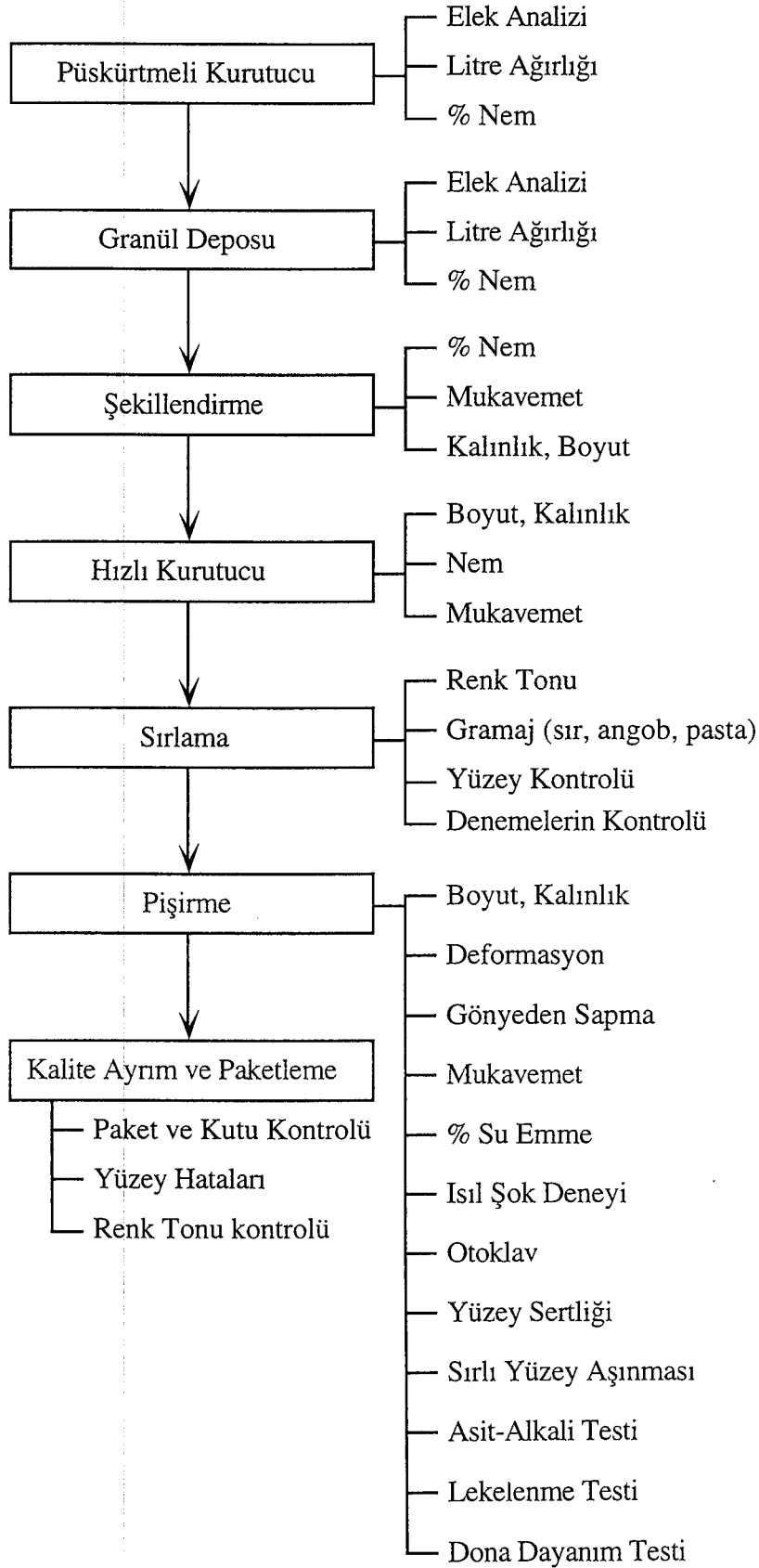
Önlenmesi ve kontrolü zor olan fırın kaynaklı lekelerdir. Çevrede oluşan tozlar üfleme fanlarından ürün üzerine yapışıp leke oluştururlar. Fırın içindeki izolasyon malzemelerinin dökülmesi, refrakter malzemelerinin ufalanması da lekeler yol açar. Sırlarda homojen olmayan sır kalınlığı, fırın sıcaklığı, pişirim süresi ve fırın atmosferi renk değişmelerine neden olurlar.

Fırının bazı bölgelerinde rulo motorlarının ayarsızlığından dolayı karolar birbirlerine bitişik olarak hareket ederler. Bundan dolayı ergime ve soğutma sonunda birbirlerine yapışırlar ve ıskarta oranının artmasına, kalitenin düşmesine neden olurlar.

2.7. KALİTE KONTROL

Ürün proses kontrol birimi, ürünün işletme ve mevcut standartlara uygun olup olmadığını kontrol eden birimdir. Bu kontrol püskürtmeli kurutucudan başlayıp, ürünün paketlenmesine kadar yapılan kontrolleri kapsar. Ara ve nihai ürünlerde boyutsal, fiziksel, kimyasal ve dış görünüş özelliklerinin kontrolleri çeşitli makina ve cihazlar kullanılarak yapılmaktadır [16, 17, 19].

Süreç esnasında ve nihai ürüne, ürün kontrol birimince uygulanan kontroller, yer karosu için Şekil 2.5’de gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Yer Karosu Kalite Kontrolleri

2.7.1. Boyut ve Kalınlıkların Kontrol Edilmesi

Karo boyut ölçümleri kumpas kullanılarak yapılır. Ölçülen her kenarın boyut ölçüleri kayıt edilir. Kalınlık kontrolü ise komperatör kullanılarak yapılır. Ölçüm numunenin kenarından yaklaşık 10 mm uzaktan olacak şekilde karo altındaki ayaklardan yapılır ve kaydedilir. Çıkan değerler incelenerek işletme standartlarına uygunluğu kontrol edilir.

2.7.2. Gönyeden Sapmanın Kontrol Edilmesi

Ürünlerde gönyeden sapmanın kontrolü, boyut ölçüm sonuçlarına göre, aynı karoda iki kenar arasındaki boyut farkı 10 mm'den büyük olduğu zaman yapılır. Kontrol edilecek ürünün, üst yüzü çelik düzlem (plate) üzerine gelecek şekilde yerleştirilir. Ve sentil kullanılarak karo ile gönye arasındaki boşluklar (eğer varsa) tesbit edilir, kaydedilir. Karo ile gönye arasındaki sentil kalınlığı (mm olarak) gönyeden sapma olarak tesbit edilir.

2.7.3. Eğilme Dayanımının Kontrol Edilmesi (Mukavemet)

(Bölüm 3'te bahsedilecektir.)

2.7.4. Su Emmenin Kontrol Edilmesi (Bölüm 3'te bahsedilecektir.)

2.7.5. Isıl Şok Deneyi

Karolara, ani ısı değişimleri sonucunda karoda meydana gelebilecek hataların belirlenmesi amacı ile harkort testi uygulanır. Yer ve duvar karosu fırın çıkışlarından alınan numuneler ısı şoka dayanıklılık testine girmeden önce numune yüzeylerine malahit yeşili sürülür ve yüzeylerinde çatlak olup olmadığına bakılır. Eğer çatlak varsa deneye tabi tutulmaz. Hazırlanan numuneler 125°C dereceye getirilmiş etüve konulur. Etüvde 90 dak bekletilir ve bu süre sonrası numuneler hızla çıkarılarak içerisinde soğuk su ($15 \pm 5^{\circ}\text{C}$) bulunan kap içerisine konulur. Kap içerisindeki su sıcaklığının yükselmemesi için su sürekli olarak devri daim yaptırılır. Numuneler oda sıcaklığına kadar soğuduktan sonra

sırlı yüzeylerine malahit yeşili sürülür ve yüzeyleri kontrol edilir. Çatlayan numune varsa deneyden çıkartılır. Çatlak görülen numuneler (-) olarak, görülmeyen numuneler ise (+) olarak o sıcaklık için kaydedilir. Deney 125°C'den başlayarak sırası ile 140, 150, 170 ve 185°C'ye kadar tekrarlanır ve tamamlanır.

2.7.6. Basınçlı Buhara Dayanım Testi

Karoların yüksek basınç altında meydana gelebilecek hataların belirlenmesi amacı ile otoklav testi uygulanır. Yer ve duvar karosu fırın çıkışından alınan numuneler otoklav testine alınmadan önce yüzeylerinde çatlak olup olmadığı malahit yeşili kullanılarak tesbit edilir, çatlak varsa deneye tabi tutulmaz. Numuneler otoklav cihazının içerisine yerleştirilirler, numunelerin otoklavın iç kenarlarına temas etmemesine dikkat edilir. Otoklavın kapağı kapatılarak deney başlatılır. Otoklav monometre basınç değeri 5 atm oluncaya kadar otoklav ısıtılır. Basınç 5 atm'de iken sabit (5 atm) basınçta bir saat bekletilir. Bu süre sonrası içerideki buhar tamamen boşaltıldıktan sonra otoklav kapakları açılır ve numuneler dışarı alınırlar. Numunelerin sırlı yüzeylerine malahit yeşili sürülerek yüzeyde çatlak olup olmadığı kontrol edilir. (Yüzeylerinde çatlak tesbit edilen numuneler (-) olarak, çatlak olmayan numuneler (+) olarak otoklav formuna kaydedilir.)

2.7.7. Lekelenme Testinin Uygulanması

Üretime yeni başlanan veya sır reçetesi değişen ürünlerden alınan numune yüzeylerine lekelenme testi uygulanır. Numune yüzeylerine metilen mavisi ve potasyum permanganat çözeltileri 3 cm çapında olacak şekilde damlatılarak yayılır. Çözeltinin üzerine konveks bir cam kapatılarak 24 saat bekletilir. Daha sonra yüzey çeşme suyu ile yıkanır ve incelenir. İnceleme sonunda leke su ile çıktıysa 1 derece, ıslak bez ile çıktıysa 2. derece, leke çıkmadıysa 3. derece olarak belirlenir.

2.7.8. Asit ve Alkali Testinin Uygulanması

Üretime yeni başlayan veya sır reçetesi değişen ürünlerden numune alınır, yüzeyleri temizlenir. 8 cm çapında lastik contanın bir yüzü gres yağı ile yağlanarak yüzeye yapıştırılır. Her bir conta içerisine aşağıda belirtilen asit ve alkalilerden 5 ml çözelti konulur. Tablo 2.4’de belirtilen süreler sonunda conta çıkartılır ve yüzey temizlenir. Numunenin çözelti ile temas eden kısmı ışık altında çeşitli açılardan bakılarak renk ve görünüş farklı olup olmadığı kontrol edilir.

Tablo 2.4: Alkali ve Asit Testinin Uygulanması [16]

Amonyumklorit	100 gr/lt	6 saat
Hidroklorik asit	% 3’lük	7 gün
Sitrik asit	100 gr/lt	6 saat
Potasyum hidroksit	% 3’lük	7 gün

2.7.9. Yüzey Sertliğinin Kontrol Edilmesi

Bu kontrol üretime yeni başlanacak ürünler üzerinde yapılır. Tasarım aşamasındaki yeni üründen numuneler alınır. Mohs sertlik cetvelinde verilen minerallerden oluşmuş kalemlerin sivri ucu numunenin sırlı yüzeyine hafifçe bastırılarak sürülür, uygulamaya küçük numaralı kalemde başlayarak, yüksek numaraya doğru devam edilir. Sırlı yüzeyde çizilme oluşuna kadar işlem devam eder. Çizilme görüldüğünde o ürünün sertlik derecesi, çizilmeyi oluşturan mineralin sertlik değerinden bir önceki mineralin sertlik derecesidir.

<u>Mineral</u>	<u>Mohs Sertlik Değeri</u>
Talk	1
Jips	2
Kalsit	3
Florit	4
Apatit	5
Feldispat	6
Kuvars	7
Topaz	8
Korund	9
Elmas	10

2.7.10. Sırlı Yüzey Aşınmasının Kontrol Edilmesi

Sırlı yüzey aşınması testi üretimine yeni başlayan ürünlerde yüzey aşındırma cihazı kullanılarak yapılır. Yer karosu ürünlerine uygulanır.

Üründen 10x10 cm ebatında numuneler kesilerek cihaza yerleştirilir. Sırlı yüzeye temas edecek şekilde her göze 20 ml saf su ve 3 gr alüminyum oksit ve aşınmada kullanılan bilyalar konulur. Gözlerin kapakları kapatılır ve cihaz sırası ile 150, 300, 450, 600, 750, 900, 1200, 1500 ve 1500'den büyük devir sayısına ayarlanarak çalıştırılır. Her kademede devir sayısı tamamlandıktan sonra numune yüzeyleri kontrol edilir. Eğer aynı devir sayısında daha fazla numunede aşınma görülür ise ondan bir önceki devir sayısı ürünün aşınma direncini ve sınıfını belirler.

<u>Devir Sayısı</u>	<u>Sınıfı</u>
150	I
300, 450, 600	II
750, 900, 1200, 1500	III
> 1500	IV

2.7.11. Dona Dayanımın Kontrol Edilmesi

Dona dayanım testi yer karolarında dona dayanım cihazı kullanılarak yapılır. Teste tabi tutularak ürünler 110+5 derecede sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilir. Sabit ağırlığa gelen numuneler soğutulur ve tartılırlar. Tartımları yapılan numuneler içerisinde 1/5 ine kadar saf su bulunan kap içerisinde, birbirine değmeyecek şekilde dik olarak yerleştirilir, 2. gün 2/5'ine, 3. gün 3/5'ine, 4. gün 4/5'ine ve 5. gün 5/5'ine kadar saf su ilave edilerek numuneler 5 gün süre ile kap içerisinde bekletilirler. 5 gün sonunda numuneler kap içerisinden çıkarılır, kurulanır ve tartımları yapılır. Su emmiş ağırlıkları kaydedilir ve su emme % miktarları hesaplanır.

Su emme %'leri hesaplanan numuneler -15 derecedeki Dona Dayanım Cihazına yerleştirilirler ve 2 saat bekletilirler. 2 saat sonunda numuneler hızla cihazdan çıkartılarak saf su kabına konulur. Saf su kabında 2 saat bekletilir ve kaptan çıkartılır ve yüzeylerine malahit yeşili sürülerek çatlama olup olmadığı kontrol edilir. Cihaz içerisinde dondurulup su içerisinde donun çözülmesi işlemi 125 kere tekrarlanır, her tekrar sonrası yüzey kontrol edilir. Çatlama var ise (-), çatlama yoksa (+) olarak kaydedilir.

125 tekrar sonrası numuneler tekrar etüvde kurutulur ve tartılırlar. Teste başlamadan önceki kuru ağırlığından test sonrası kuru ağırlığı çıkartılır. Elde edilen sonuç numunedeki meydana gelen çözünme ve ağırlık kaybı miktarını verir [16, 17, 19].

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. DENEYİN AMACI

Yer karosu üretiminde değişik reçetelerde hazırlanan ürünlerde ergitici işlevi olan feldispat hammaddelerine (Albit, pegmatit gibi) alternatif olarak siyenit hammaddesinin yerkarosu massesinde kullanılabilirliğini test etmek ve de bu hammaddenin seramik ürüne kazandırdığı olumlu etkileri ve beraberinde getirdiği enerji tasarrufu ele alınacaktır.

3.2. KULLANILAN MALZEMELER

Yer karosu masse çamurunun hazırlanmasında 3 farklı kil, silis kumu, siyenit ve albit hammaddeleri kullanılmıştır. Bu hammaddeler Çizelge 3.1’de, kullanılan hammaddelerin kimyasal bileşimleri ise Çizelge 3.2’de, 3 farklı kilin minerolojik analizleri Çizelge 3.3’de, feldispat hammaddelerinin minerolojik analizleri ise Çizelge 3.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1: Seramik Yer Karosu Bünyesinde Kullanılan Hammaddeler

İSİM	KOD	YÖRE
Kil - 1	K-102	İstanbul Kili
Kil - 2	K-105	İstanbul Kili
Kil - 3	K-120	İstanbul Kili
Siyenit	F - 2466 TE-354	Bursa-Orhaneli
Albit (Na-feldispat)	F-218 TE-301	Muğla-Milas
Silis kumu	TE-505	Bilecik-Pazaryeri

Yer karosu masse çamurlarının hazırlanmasında elektrolit olarak STPP (sodyum tri piro fosfat) kullanılmıştır.

Çizelge 3.2: Hammaddelerin Kimyasal Bileşimleri

Hammadde	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	K.K
Kil - 1	59,96	24,44	2,40	1,12	0,44	0,71	0,00	2,66	8,12
Kil - 2	55,96	27,06	3,03	1,24	0,19	0,72	0,00	2,56	8,63
Kil - 3	58,82	23,02	4,85	1,04	0,26	0,68	0,03	2,83	7,87
Silis Kumu	99,35	-	-	-	-	-	-	-	-
Albit	70,79	18,35	0,10	0,07	0,57	0,05	8,58	0,07	0,48
Siyenit	66	17,10	2,57	0,36	0,91	0,53	4,27	6,61	1,11

Çizelge 3.3: Killerin Mineral İçeriği

Hammadde	Kaolinit	Serbest Kuars	K. Feldispat	Demir Min.	Diğerleri
Kil - 1	64	17	14	2,30	2
Kil - 2	63	16	14	2,70	4
Kil - 3	61	15	17	3,5	4

Çizelge 3.4: Feldispat Hammaddelerinin Mineral İçeriği

Hammadde	Ortoklaz	Albit	Anortit	Serbes Kuars	Demir Min.	Diğer
Siyenit	43	40	4	10	2,35	-
Albit	2,5	76	2,4	17,4	-	1,7

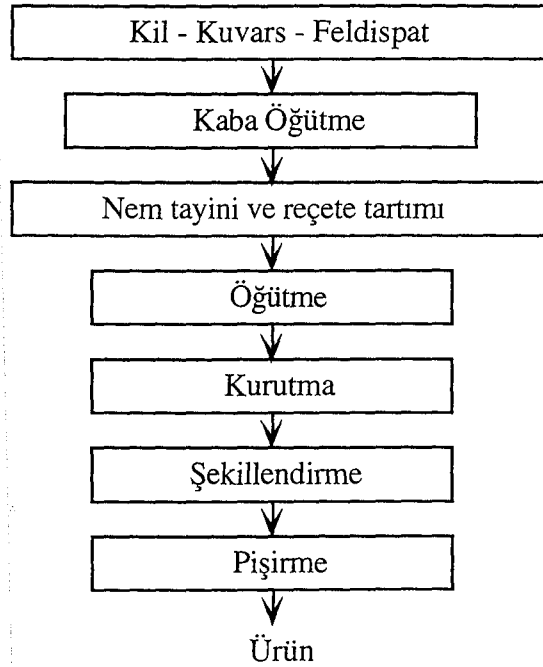
3.3. KULLANILAN CİHAZLAR

Deneyisel çalışmalarda 350°C'ye kadar çıkabilen 0,3 m³ hacimli Nabertherm ve 250°C'ye kadar çıkabilen NÜVE ES-500 etüv, 100 mm x 200 mm Gabrielle laboratuvar tipi karo presi, 50 Lt. hacimli kil açıcı, 1340°C'ye kadar çıkabilen Nabertherm NR/HR tipi yüksek sıcaklık fırını, Sacmi roller fırın, Malvern 3100 Polydisperse Powder Modula Droplet and Particle sizer cihazı, Linseis Dilatometre, Rigaku XRD cihazı ve SEM (saçınımlı elektron mikroskobu), Lenseis eritici mikroskop kullanılmıştır.

3.4. YAPILAN DENEYLER

3.4.1. TESTLERİN HAZIRLANMA YÖNTEMİ

Çizelge 3.1'de verilen hammaddeler ile yer karosu çamurunun laboratuvar şartlarında hazırlanmasında Şekil 3.1'deki aşamalar takip edilmiştir.



Şekil 3.1: Yer karosu bünyesinin laboratuvar şartlarında hazırlanması.

3.4.1.1. Kullanılacak Hammaddelerin Kaba Öğütülmesi

İlk etapta kullanılacak olan 3 farklı kil, çeneli kırıcıda kırılacak şekilde rutubetini azaltmak için kurutulup kırılmıştır. Albit, siyenit ve kuvars kumu kırılmış halde kullanılmıştır.

3.4.1.2. Hammadde nem tayini

Reçetede hammaddeler kuru bazda hesaplandığı için hammaddelerin tamamının nem tayini yapılarak reçetede % nem hesaba katılarak hesaplanıp tartılmıştır.

3.4.1.3. Bilyalı değirmene şarj

Reçeteye göre hesaplanan toplam 7 kg kuru numune 10 kg'lık porselen bilyalı değirmene şarj edilir. 7 kg porselen bilye bulunan değirmene 3000 gr su ve elektrolit olarak 35 gr %0,5'lik STPP (Sodyum tri piro fosfat) ilave edilmiştir.

3.4.1.4. Öğütme Süresi

Hammaddelerin yer karosu bünyesine uyumluluğunu araştırmak amacıyla, fiziksel özelliklerini belirlemek için, killer 40 litrelik açıcıda 3 saat süre ile açılarak, elek bakiyeleri kontrol edilip test edilmiştir. Siyenit, albit ve silis kumunun fiziksel özellik testi için değirmene şarj edilen bu hammaddeler 15'er saat öğütülmeye tabi tutulmuştur.

Siyenitli yer karosu reçete denemelerinde ise değirmene şarj edilen yer karosu reçeteleri 8'er saat öğütülmeye tabi tutulmuştur.

3.4.1.5. Değirmenden suyun uzaklaştırılması

Değirmenden çıkartılan çamur 63 µm'luk elekte elek bakiyesi kontrol edildikten sonra 125 µm'luk titreşimli elekten geçirilir. Daha sonra büyük dikdörtgen tepsilere dökülerek 125 °C'lik etüvde suyunun tamamen kurutulması sağlanır. Tepsiden çıkartılan kekler hafif ıslatılarak kırıcıdan geçirilip 0,5 mm'lik elekten tamamının geçmesi sağlanır.

Daha sonra elde edilen granüle, kompresörle su atılarak hafifçe ıslatılıp tekrar 0.5 mm'lik elekten geçirilip nemi yaklaşık %7'ye ayarlanarak elle karıştırılır.

3.4.1.6. Şekillendirme

Elde edilen %7 nem oranlı granül masse laboratuvar tipi 100x200 mm'lik karo pres kalıplarında preslenir. Pres basıncı 137 bar, yani 260 kg/cm² dir. Şekillendirilen fayanslar pres ekspansiyonu ile 100x200 mm'den çok az büyük çıkar. Her deneme için 30'ar adet karo basılarak kurutmaya alınır.

3.4.1.7. Kurutma

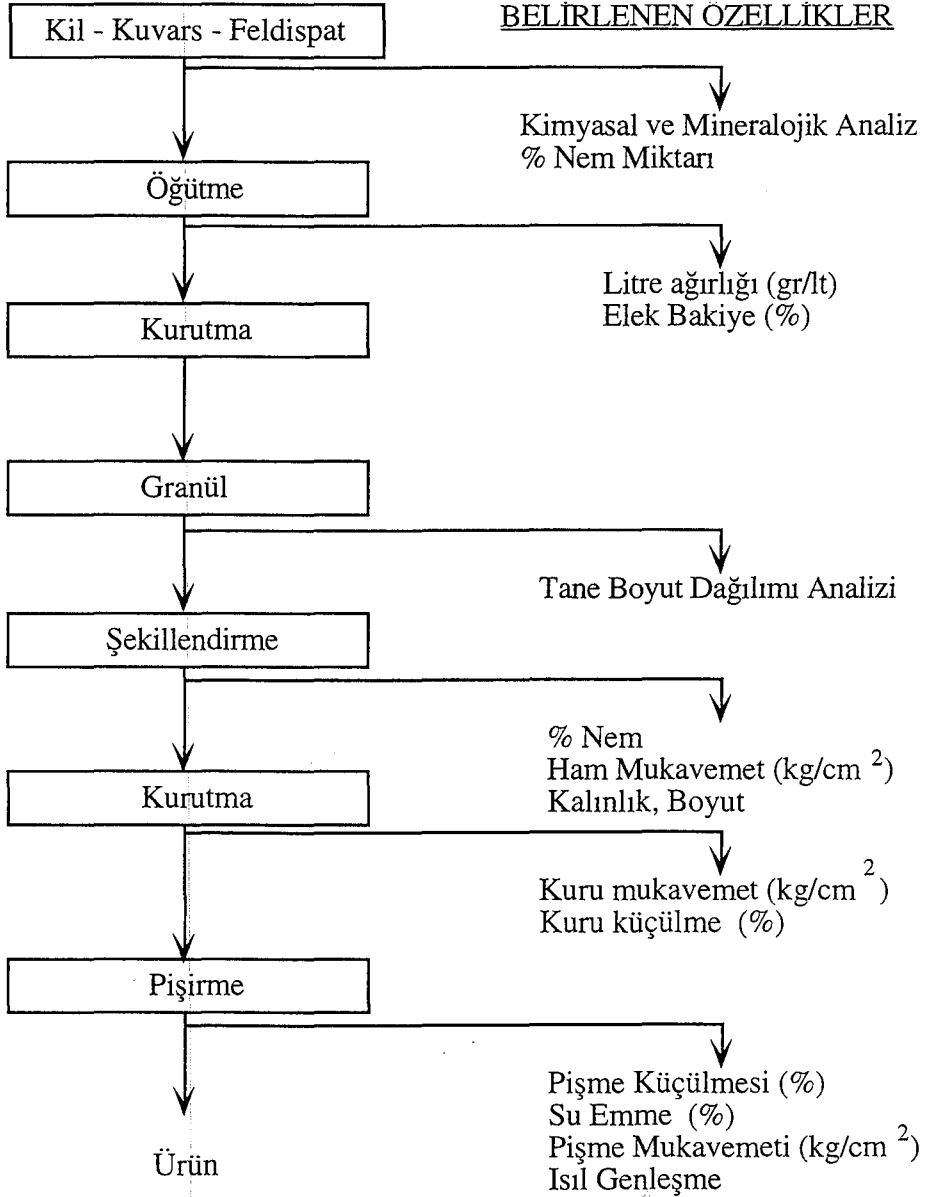
Şekillendirilmiş karolar 125 °C'lik kurutma kamarası (etüv) de 24 saat bekletilerek kurutulması sağlanır.

3.4.1.8. Pişirme

Pişirme işlemi laboratuvar kamara tipi elektrikli fırında ısıtma hızı 5°C/dakika olacak şekilde ve de en yüksek sıcaklıkta olgunlaşma için 30 dakika bekletilerek pişirilir. Kamara tipi elektrikli fırında numuneler 1120°C, 1140°C, 1160°C, 1180°C ve 1200°C'de pişirmeye tabi tutulmuştur.

Massenin fabrikada hızlı pişirim işlemi ise Eskişehir Toprak Karo Seramik Fabrikası'nda monoporoz ve topraser (yer ve duvar karosu) fırınlarında 1125°C ve 1185°C'de pişirilmiştir.

3.4.2. UYGULANAN ÖLÇME VE KONTROLLER



Şekil 3.2: Yer karosu bünyesinin laboratuvar şartlarında hazırlanma aşaması ve özelliklerinin belirlenmesi

3.4.2.1. Hammadde ve Reçetelerin Kimyasal ve Minerolojik Analizi

Kullanılan yer karosu hammaddelerinin kimyasal analizi klasik analiz teknikleri yani gravimetrik metotla ve buna ek olarak atomik absorpsiyon cihazında gerçekleştirilmiştir.

Hammadde ve reçetelerin mineralojik analizleri XRD cihazında toz metoduyla gerçekleştirilmiştir.

3.4.2.2. Kuru ve pişme küçülmesi

Değirmenden boşaltılıp kurutulan numuneler 0,7 mm'lik elekten geçecek şekilde kırıcıdan geçirilerek, üzerine %6-10 nem olacak şekilde kompresörle su atılıp, tekrar 0.5 mm'lik elekten geçirilip preslenen 100 mm x 200 mm boyuta sahip numunelerde;

- Kumpasla ilk boyut alınır (Plastik uzunluk)
- 24 saat, 105°C etüvden çıkan numunede (kuru uzunluk)
- Çeşitli sıcaklıklarda pişen numunede (pişmiş uzunluk)

$$\% \text{ Pres Expansiyonu} = \frac{(\text{Plastik Uzunluk} - \text{Kalıp Uzunluğu}) \times 100}{\text{Plastik Uzunluk}} \quad (1)$$

$$\% \text{ Kuru Küçülme} = \frac{(\text{Plastik Uzunluk} - \text{Kuru Uzunluk}) \times 100}{\text{Plastik Uzunluk}} \quad (2)$$

$$\% \text{ Pişme Küçülme} = \frac{(\text{Kuru Uzunluk} - \text{Pişmiş Uzunluk}) \times 100}{\text{Kuru Uzunluk}} \quad (3)$$

$$\% \text{ Toplu Küçülme} = \frac{(\text{Plastik Uzunluk} - \text{Pişmiş Uzunluk}) \times 100}{\text{Plastik Uzunluk}} \quad (4)$$

Örnek:

% 0 Siyenitli Reçete

$$\bullet \text{ Yaş boyut (mm)} = \frac{100,8 \times 201,1 \times 100,7 \times 201,0}{100,7 \times 201,1 \times 100,8 \times 201,1}$$

$$\text{Ortalama boyut (mm)} = 100,75 \times 201,075$$

$$\text{Pres Expansiyonu (\%)} = 0,75 \times 0,537 = \frac{0,75 + 0,537}{2} = \% 0,64$$

$$\bullet \text{ Kuru boyut (mm)} = \frac{100,8 \times 201,0 \times 100,6 \times 201,0}{100,6 \times 201,0 \times 100,7 \times 200,8}$$

$$\text{Ortalama boyut (mm)} = 100,675 \times 200,95$$

$$\text{Kuru Küçülme (\%)} = 0,074 \times 0,062 = \% 0,07$$

$$\bullet \text{ Pişmiş Boyut (1185°C)} = \frac{93,2 \times 186,7 \times 93,8 \times 187,1}{93,2 \times 186,7 \times 93,8 \times 187,8} \\ \text{(mm)} \quad \quad \quad \frac{93,1 \times 186,3 \times 93,8 \times 187,3}{93,1 \times 186,3 \times 93,8 \times 187,3}$$

$$\text{Ortalama Boyut (mm)} = 93,483 \times 186,983$$

$$\text{Pişme Küçülmesi (\%)} = 6,517 \times 6,5085 = \% 6,51$$

Killer kurutuldukları zaman küçülme göstermelerinin nedeni, şekillendirme suyunun kilden uzaklaşmasıdır. Kil tanecikleri arasında yer alan su kilden uzaklaştıkça, tanecikler birbirine yaklaşır ve küçülme ortaya çıkar [5 , 20].

Kurutulan bir masse, şekillendirme suyunu tamamen verinceye dek küçülür.Bu kuru küçülmeyi izleyen aşamada, kil pişirildiğinde de küçülme sürer. Bu kez küçülmenin nedeni, kilin şekillendirme suyu olmayıp, yapısındaki organik maddelerin yanması, gazların uzaklaşması, kristal suyunun ayrılması ve kompleks kristal ve faz değişimleridir.

Bir başka deyimle malzemedeki eritici feldspat hammaddeleri ve mevcut safsızlıkların ergiyerek diğer yüksek sıcaklıkta ergiyen tanecikleri kuşatarak yoğun bir yapı halini alması, yani sinterleşmesinden dolayı seramik malzeme piştiğinde küçülme göstermektedir [5 , 20]

3.4.2.3. Su emme deneyi

Su emme değeri saptanması istenen ürün pişirilir. Ortamda rutubet almayacak şekilde soğutulan pişmiş ürün değişmez ağırlıkta tartımı yapılır. Daha sonra bunlar taşıyıcı kaba birbirine değmeyecek şekilde dik konarak 4 saat kaynatılır ve 24 saat süre ile kaynama olmadan su içinde bekletilir.

Suyun içinden çıkarılan numuneler, üzerlerindeki parlaklık tam olarak giderilmeden kurulanır ve hemen yaş tartımları yapılır. Yaş tartım ile kuru tartım arasındaki fark, parçaların emdiği su miktarını verir. Su emme yüzde olarak belirlenmek istendiğinde;

$$\% \text{ Su Emme} = \frac{(\text{Yaş Pişmiş Ağırlık} - \text{Kuru Pişmiş Ağırlık}) \times 100}{\text{Kuru Pişmiş Ağırlık}}$$

Su emme, pişen ürünün açık gözeneklerine alabildiği su olarak tanımlanabilir. Su emmeyi etkileyen faktörler, kilin özlülüğü, içerdiği safsızlıklar, presleme basıncı, şekillendirme rutubeti, ürünün pişme sıcaklığı olarak sıralanabilir [20, 21].

Belli bir sıcaklık aralığında fırın sıcaklığı artarken su emme yavaş yavaş düşmekte, buna karşılık pişme küçülmesi artmaktadır. Pişme küçülmesinde gözlenebilecek bir düşme, bünyedeki kapalı gözeneklerin şişerek hava kabarcığı oluşturmasına neden olan aşırı pişme durumudur. Küçülmenin geriye dönüşünden kısa bir süre sonra su emme artar, şişme görünür hale gelir ve sıvı faz miktarı ürünün yük altında plastik akış yapmasına izin verecek düzeye gelir [5 , 22].

3.4.2.4. Mukavemet (Eğilme dayanımı) deneyi

Ham (Yaş) mukavemet, kuru mukavemet ve pişme mukavemetini ölçmek için karo numuneler üzerine 3 nokta eğme testi uygulanır [20].

Eğilme dayanımı kontrolü için alınan numune, mukavemet cihazı mesnetleri arasına yerleştirilir. Numune üzerine sabit hızla kuvvet uygulanarak kırılır. Kırıldığı andaki cihaz üzerindeki değer kırılma yükü (kg) olarak okunur. Numunenin kırılma bölgesindeki genişliği (b) kumpasla ölçülür, kalınlığı (a) ise sentille ölçülür. Alınan değerler yardımıyla mukavemet değeri (σ) hesaplanır.

$$\sigma = \frac{3}{2} \frac{P \times L}{a^2 \times b}$$

σ = Mukavemet (kg/cm²)

P = Yük (kg)

L = Mesnek aralığı (cm)

a = Kalınlık (cm)

b = Genişlik (cm)

Örnek

% 35 Siyenitli Reçete

L = 18 cm

P_{max} = 1,17 kg

a) 0,63 - 0,68 cm

b) 100,8 cm

$\sigma_1 = 7,30 \text{ kg/cm}^2$

L = 18 cm

P_{max} = 1,03 kg

a) 0,61 - 0,66 cm

b) 100,8 cm

$\sigma_2 = 6,84 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{ort} = 7,07 \text{ kg/cm}^2$ (Ham Mukavemet)

L = 18 cm

P_{max} = 52,3 kg

a) 0,58 - 0,65 cm

b) 99,3 cm

$\sigma_1 = 430,23 \text{ kg/cm}^2$

L = 18 cm

P_{max} = 49 kg

a) 0,56 - 0,61 cm

b) 93,2 cm

$\sigma_2 = 414,79 \text{ kg/cm}^2$

L = 18 cm

P_{max} = 44,8 kg

a) 0,56 - 0,61 cm

b) 93,3 cm

$\sigma_3 = 378,83 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{ort} = 407,95 \text{ kg/cm}^2$ (Pişmiş Mukavemet)

3.4.3. FELDISPAT DENEMELERİ İÇİN UYGUN KARO BÜNYE REÇETE TESBİT ÇALIŞMALARI

Yer karosu bünyesine uygun reçete denemeleri için ilk etapta hammaddelerin kimyasal ve mineralojik özelliklerinin yanında tek tek fiziksel özellikleri de tespit edilerek bünye hazırlanmıştır.

Bu yer karosu hammaddelerin fiziksel özelliklerinin tespitinde killer açıcıda açılarak 100 µm'luk elekten geçirilip, granüle edilmiştir. Sert hammaddelerden olan feldispatlar (albit ve siyenit) ve silis kumu 15'er saat bilyalı değirmenlerde öğütülüp, kurutularak toz granül haline getirilmiştir. Daha sonra bu tozlar aynı yer karosu masse granülünde olduğu gibi 100x200 cm laboratuvar tipi karo presinde preslenerek kurutulup pişirilmeye tabî tutularak fiziksel özellikleri tayin edilmiştir.

Bu noktada dikkat edilecek husus, killer plastik özellikli olup preslenebilirler, ancak feldispat ve silis kumu plastik özellikte olmamasına rağmen preslenip düşük ham mukavemette pişirilmektedir. Eğer bu plastik olmayan hammaddeler preslendikten sonra çok kolay dağılıp pişirilemiyorsa, öğütme sonrası hammadde çamuruna bir miktar organik bağlayıcı (CMC gibi) eklemekte fayda görülmektedir.

Bu yöntemle hazırlanan hammaddelerin fiziksel özellikleri Çizelge 3.5'de görülmektedir.

Bu verilere göre reçete denemelerinde ilk etapta kil-kuvars-feldispat sisteminde feldispat ve kuvars sabit tutularak en uygun yüzde oranlı kil reçetesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.6'da reçetelere göre yapılan 10 ayrı kil reçete denemeleri sonucunda Çizelge 3.7'deki fiziksel özellikler elde edilmiştir.

Çizelge 3.5: Hammaddelerin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	KULLANILAN HAMMADDELER											
	KİL-1		KİL-2		KİL-3		ALBİT		SİYENİT		SİLİS KUMU	
Litre Ağırlığı (gr/lt)	1232		1224		1268		—		—		—	
Elek Bakiye (63µm) (%)	3,2		2,39		2,18		4,4		2,6		1,5	
Pres Expansiyonu	0,48		0,70		0,76		0,50		0,65		—	
Ham Mukavemet (kg/cm ²)	12,2		10,62		10,20		—		0,9		—	
Kuru Mukavemet (kg/cm ²)	22,8		19,3		27,40		—		4,4		—	
Kuru küçülme (%)	+0,03		+0,24		-0,06		—		-0,02		—	
Pişme Sıcaklıkları (°C)	1125	1185	1125	1185	1125	1185	1125	1185	1125	1185	1125	1185
Pişme Küçülmesi (%)	4,77	7,85	4,81	8,53	5,35	8,72	+0,80	0,28	1,3	11,1	+1,48	+0,83
Pişme Mukavemeti (kg/cm ²)	235,01	301,66	238,7	310	271,8	311,4	—	—	91,6	425,5	—	—
Su Emme (%)	11,30	3,52	11,35	5,15	9,55	1,09	27,0	24,2	20,5	0,04	29,1	28,2
Renk	Kirli Beyaz	Kirli Beyaz	Krem	Kirli Sarı	Kırmızı	Kırmızı	Kirli Beyaz	Kirli Beyaz	Taçın	Koyu Kahve	Açık Krem	Koyu Krem
Black Core (Siyah Bant)	Yok	Var	Yok	Yok	Eser	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok

Çizelge 3.6 : Sabit kuvars-feldspat oranında optimum kil oranı tespiti için yapılan 10 farklı reçete denemesi.

HAMMADDELER	REÇETE NO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Kil - 1	19	22	25	15	20	18	18	15	20	10
Kil - 2	25	22	15	25	20	18	16	15	10	15
Kil - 3	5	5	9	9	9	13	15	19	19	24
(Albit) Na - Feldspat	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Siyenit	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Kuvars (Kum)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Çizelge 3.7 : Kil - Kuvars Reçete Denemelerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	REÇETE NO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ham Mukavemet (kg/cm ²)	7,13	6,3	6,72	6,54	4,30	7,09	5,6	4,9	5,2	4,3
Kuru Mukavemet (kg/cm ²)	20,4	19,8	22,1	16,50	14,1	16,50	17,1	13,2	16,3	10,8
Kuru Küçülme (%)	0,10	0,07	0,07	0,12	0,13	0,18	0,20	0,25	0,29	0,27
Pişme Küçülmesi (%)	6,62	6,64	6,60	6,79	6,75	6,91	6,78	6,94	6,93	7,01
Pişme Mukavemeti (kg/cm ²)	389	374	391	407	403	430	410	420	435	450
Su Emme (%)	0,83	0,47	0,71	0,43	0,50	0,30	0,08	0,12	0,09	0,03

1. Grup (R-1, 2, 3)

2. Grup (R-4, 5)

3. Grup (R-6, 7)

4. Grup (R-8, 9, 10)

Ham ve Kuru Mukavemet ++
Pişme Mukavemeti -

Ham ve Kuru Mukavemet +
Pişme Mukavemeti +

Ham ve Kuru Mukavemet +
Pişme Mukavemeti +

Ham ve Kuru Mukavemet -
Pişme Mukavemeti ++

+ Olumlu

++ Mükemmel

- Düşük Özellikli

Bu sonuçlara göre değişik fiziksel özelliklere sahip 4 farklı grupta değerlendirilen reçetelerde;

1. Grup: Reçete 1, 2 ve 3)

Yüksek ham ve kuru mukavemete sahip, düşük pişme mukavemetli, pişme rengi açık kahverengi.

2. Grup: (Reçete 4 ve 5)

Ham ve kuru mukavemet biraz daha düşük, fakat pişme mukavemeti 1. gruba göre daha fazla.

3. Grup (Reçete 6 ve 7)

Ham ve kuru mukavemet 1. Gruptan düşük 2. gruptan daha yüksek ham ve kuru mukavemete sahip, yüksek pişme mukavemetli, düşük su emmeli.

4.Grup (Reçete 8, 9 ve 10)

Düşük ham ve kuru mukavemete sahip, oldukça yüksek pişme mukavemetli ve sıfır su emmeli, fakat pişme rengi koyu kahverengi.

Kilin içerisindeki alkaliler düşük ergime sıcaklığına sahip olmasından dolayı vitri-fikasyon etkisi yaparak sıvı faz sinterlemesi gerçekleştirir. Dolayısıyla pişme sıcaklığının altında oluşan sıvı faz taneciklerin etrafını çevreleyerek sinterleşme etkisi yaratır. Bu nedenle ürün bileşiminde kil miktarı arttıkça sıvı faz miktarı da arttığından, neticede su emme özelliği azalacaktır. Killerin özlülük değeri yüksek olduğundan, ürünün plastik özelliği yüksek olacaktır [9 , 16].

Denemelerde kullanılan Kil-1 ve Kil-2'nin bağlayıcılık özelliği ve Kil-3'ün kırmızı kil olup içinde demir safsızlıkları ihtiva etmesinden dolayı ürüne yüksek mukavemet kazandırması ve su emme özelliğini düşürmesinden dolayı feldspat reçete denemeleri için Reçete 6 uygun görülmüştür. Denemelerde kullanılan kuvars kumu ise; Reçete denemelerinde %6 oranında kullanılmıştır.

3.4.4. SİYENİT HAMMADDESİNİN YER KAROSU BÜNYE REÇETELERİNDE İNCELENMESİ

Siyenit hammaddesinin bünyedeki etkilerini incelemek için %45 sabit feldspat içerikli bünyede kil ve kuvarı sabit tutarak albit ve Orhaneli siyeniti reçetede Çizelge 3.8'de görüldüğü gibi değiştirilerek denenmiştir.

Çizelge 3.8 : Siyenitli Yer Karosu Reçeteleri

Hammaddeler	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Siyenit	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Albit	45	40	35	30	25	20	15	10	5
Kil - 1	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Kil - 2	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Kil - 3	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Silis Kumu	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Siyenitli yer karosu reçete denemelerinde, herbiri %5 oranında olmak üzere albit azaltılıp siyenit aynı oranda artırılmıştır. Yapılan tüm denemelerde her deneme için aynı şartlarda birer şahit deneme daha yapılarak deney sonuçlarının karşılaştırılması ve sağlanması yapılmıştır.

3.5. DENEY SONUÇLARI

3.5.1. SİYENİT HAMMADDESİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

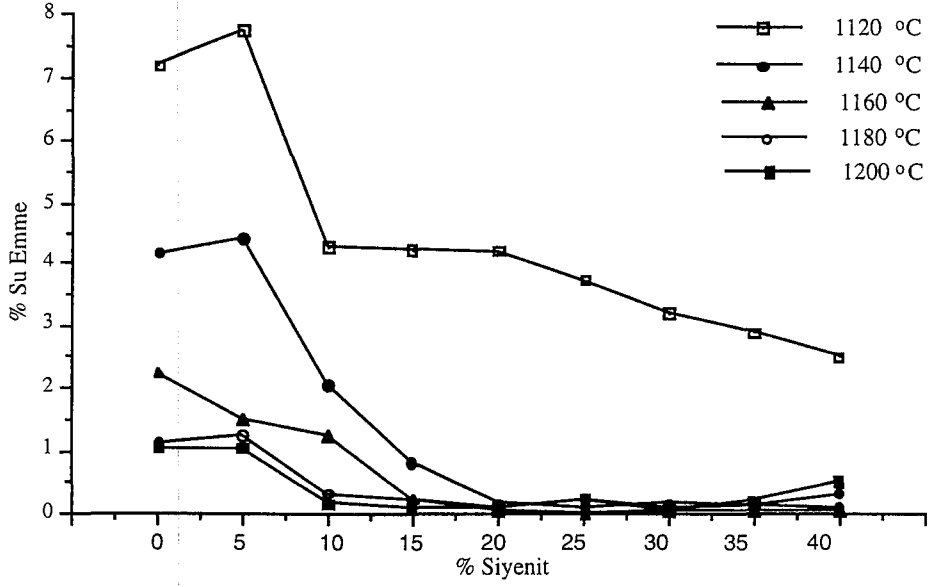
3.5.1.1. Su Emme Özelliğine Etkisi

Feldispat reçete denemelerinde bünyeye artan oranda siyenit ilavesi sonucunda ilk etapta göze çarpan özellik, düşük su emme değerleridir. Reçetelerde albit yerine siyenit kullanıldığında su emme değerleri %4,16'dan %0,08'lere varan sıfır su emme özelliği gözlenmektedir. Su emme özelliği Çizelge 3.9'da görülmektedir.

Çizelge 3.9: Siyenit Hammaddesinin Su Emme Özelliğine Etkisi

% Siyenit	% SU EMME						
	Laboratuvar Tipi Kamara Fırın					Roller Fırın	
	1120°C	1140°C	1160°C	1180°C	1200°C	1125°C	1185°C
0	7,2	4,16	2,24	1,13	1,042	11,21	2,65
5	7,75	4,41	1,49	1,25	1,047	12,61	3,71
10	4,30	2,04	1,22	0,29	0,16	11,85	3,44
15	4,25	0,,81	0,25	0,18	0,08	9,13	1,36
20	4,2	0,14	0,034	0,09	0,06	7,78	0,72
25	3,73	0,058	0,009	0,21	0,24	6,85	0,32
30	3,20	0,17	0,046	0,09	0,020	8,18	1,07
35	2,90	0,13	0,13	0,11	0,19	7,71	0,50
40	2,50	0,29	0,057	0,08	0,49	7,90	0,84

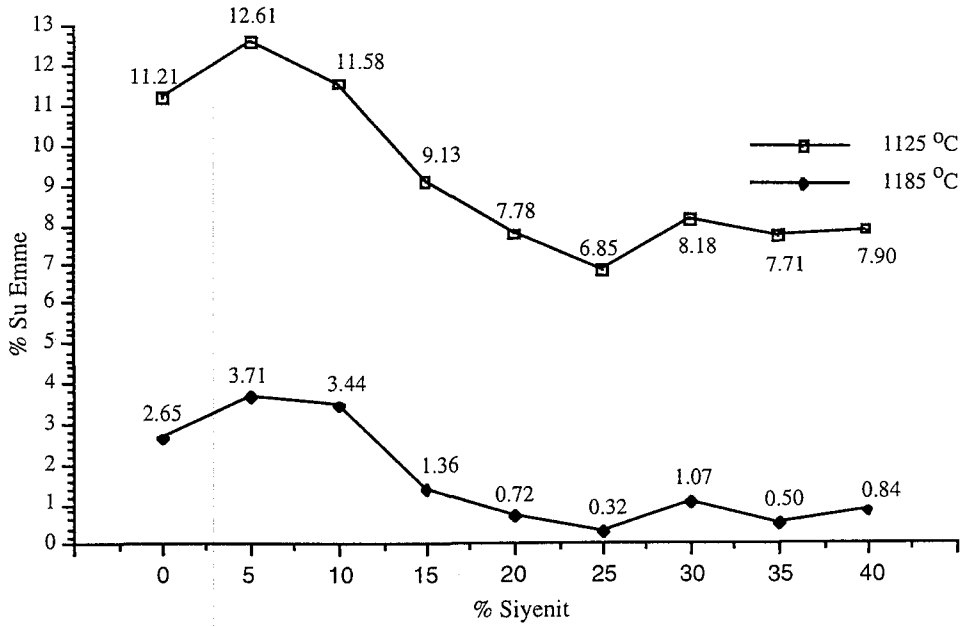
Bu değerler grafiğe aktarıldığında su emme özelliğindeki düşüş eğilimi daha açık olarak Şekil 3.3'de görülmektedir.



Şekil 3.3: Siyenitin su emme özelliğine etkisi.

Görüldüğü gibi laboratuvar koşullarında kamara fırınında sinterlenen ürünlerin sıcaklığa bağlı olarak % Siyent miktarı arttıkça su emme değerleri azalmaktadır. 1140°C ve üzeri sıcaklıklarda %15 Siyent oranı ve üzerindeki şartlarda su emme değerleri %1'in altına inmektedir.

Yer karosu fabrika üretim koşullarında ise hızlı pişirim tünel fırınında sinterlenen numuneler ise Şekil 3.4'de görülmektedir.



Şekil 3.4

Fabrika hızlı pişirim tünel fırınlarında sinterlenen ürünlerde 1185°C sıcaklıkta %15 ve üzeri Siyenitli reçetelerde %1,36 değerinin altında su emmeli ürünler elde edilmiştir. 1125°C sıcaklık koşulu ise numunenin sinterlenme sıcaklığının altında olduğu için bu sıcaklık değeri sadece olgunlaşma sıcaklığı hakkında fikir edinmek için diğer fiziksel özellikler içinde ele alınarak değinilmiştir.

Bu sonuçlara göre yer karosu üretiminde su emme standardı olan %3'ün altındaki su emme değerlerine siyenitli reçetelerde eğilme mukavemetine de bağlı olarak 1150-1180°C sıcaklıklarda üretim yapmak mümkündür.

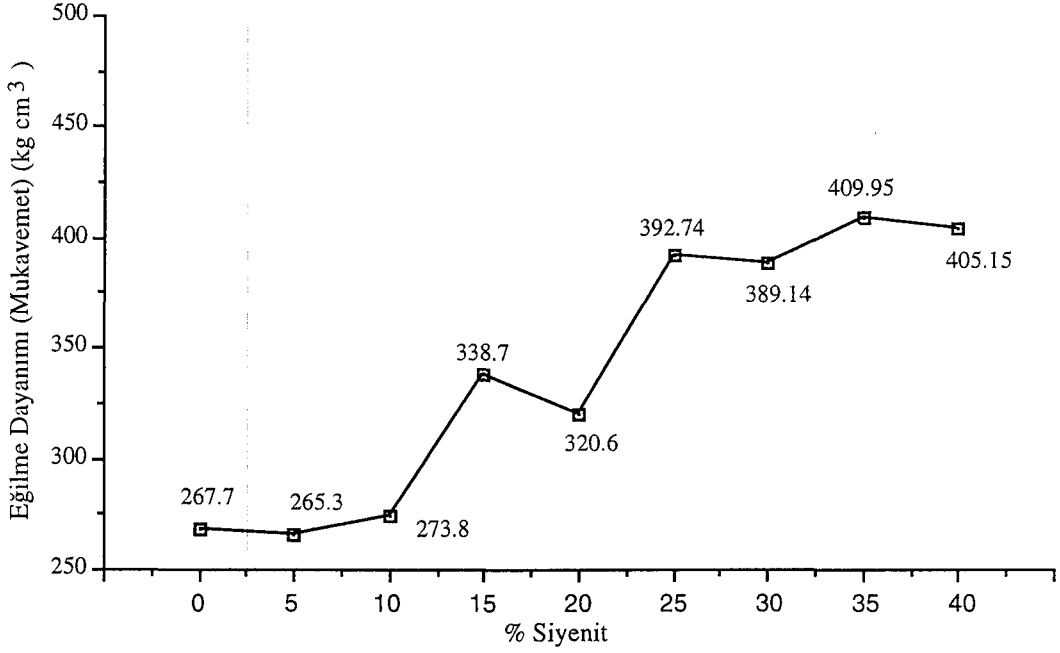
3.5.1.2. Pişme Mukavemetine Etkisi

Siyenitli reçetelerde % siyenit oranının artmasına bağlı olarak sinterleşme derecesinin artması ile pişmiş yer karosu massenin eğilme mukavemeti değerlerinin albitli reçetelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 3.10'da görülmektedir.

Çizelge 3.10:Siyenit Hammaddesinin Pişme Mukavemetine Etkisi

% Siyenit	Pişmiş Mukavemet (kg/cm ²)						
	Laboratuvar Tipi Kamara Fırın					Roller Fırın	
	1120°C	1140°C	1160°C	1180°C	1200°C	1125°C	1185°C
0	125,01	230,70	262,71	267,7	212,43	120,76	267,6
5	123	224,8	270,6	265,3	270,6	88,92	247,5
10	145,4	257,16	274,3	273,8	278,3	131,01	265,4
15	183	299,36	303,27	338,7	301,1	179,53	333,7
20	240	302,87	309,33	320,6	313,7	220,12	302,5
25	254	344,8	349,4	392,7	321,01	235,9	372,8
30	249,4	317,6	390,7	389,1	303,0	198,5	316,14
35	270	480,82	418,72	409,95	330,5	234,60	407,95
40	259	330,6	403,7	405,2	360,7	214,8	371,5

Örnek olarak 1180°C’de elektrikli kamara fırından alınan sinterlenen massenin % siyenit oranının artışına bağlı olarak mukavemetteki artış Şekil 3.5’de görülmektedir.



Şekil 3.5 : Siyenitin 1180°C’de sinterlenen karoların mukavemetine etkisi.

Şekilde görüldüğü gibi 1180°C’de sinterlenen masselerde % Siyenit oranı arttıkça mukavemette belirgin bir artış eğilimi gözlenmiştir.

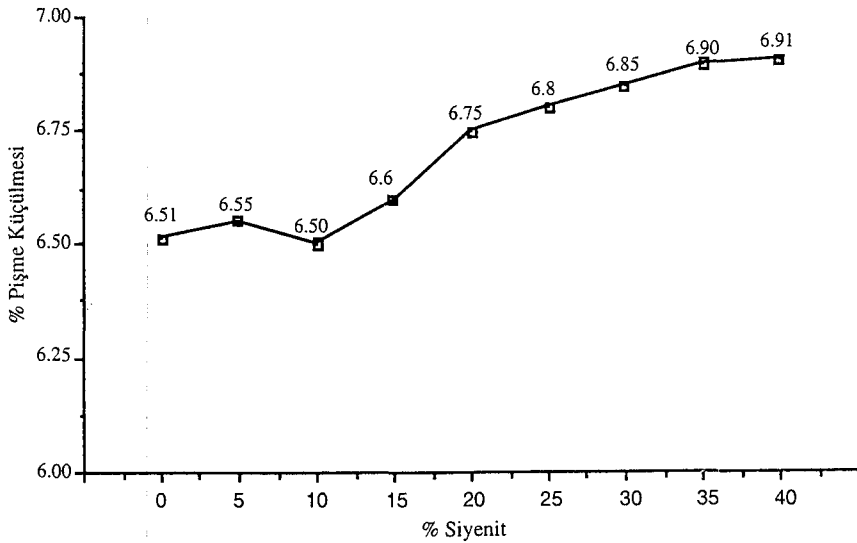
3.5.1.3. Pişme Küçülmesine Etkisi

Siyenitli reçetelerde siyenit oranının artmasına bağlı olarak pişme küçülmelerinde artış gözlenmiştir. Bu artış sinterleşme sıcaklığına bağlı olarak Çizelge 3.11’de görülmektedir.

1180°C’de elektrikli kamara fırında sinterlenen yer karosu masselerinin % pişme küçülmeleri Şekil 3.6’da görülmektedir.

Çizelge 3.11: Siyemit Hammaddesinin Pişme Küçülmesine Etkisi

	Pişme Küçülmesi %						
	Laboratuvar Tipi Kamara Fırın					Roller Fırın	
% Siyemit	1120°C	1140°C	1160°C	1180°C	1200°C	1125°C	1185°C
0	2,90	6,1	6,2	6,51	6,6	2,71	6,5
5	2,79	6,2	6,4	6,55	6,66	2,55	6,6
10	2,91	6,2	6,32	6,50	6,61	2,63	6,43
15	3,35	6,3	6,4	6,6	6,70	3,16	6,6
20	3,70	6,45	6,5	6,75	6,82	3,59	6,7
25	4,02	6,5	6,5	6,8	6,91	3,86	6,78
30	4,11	6,6	6,7	6,85	6,95	4,05	6,97
35	4,5	6,8	6,95	6,90	6,96	4,03	6,96
40	4,83	6,82	6,91	6,91	6,96	4,09	6,78



Şekil 3.6 : Siyemit 1180°C de sinterlenen karolarda pişme küçülmesine etkisi.

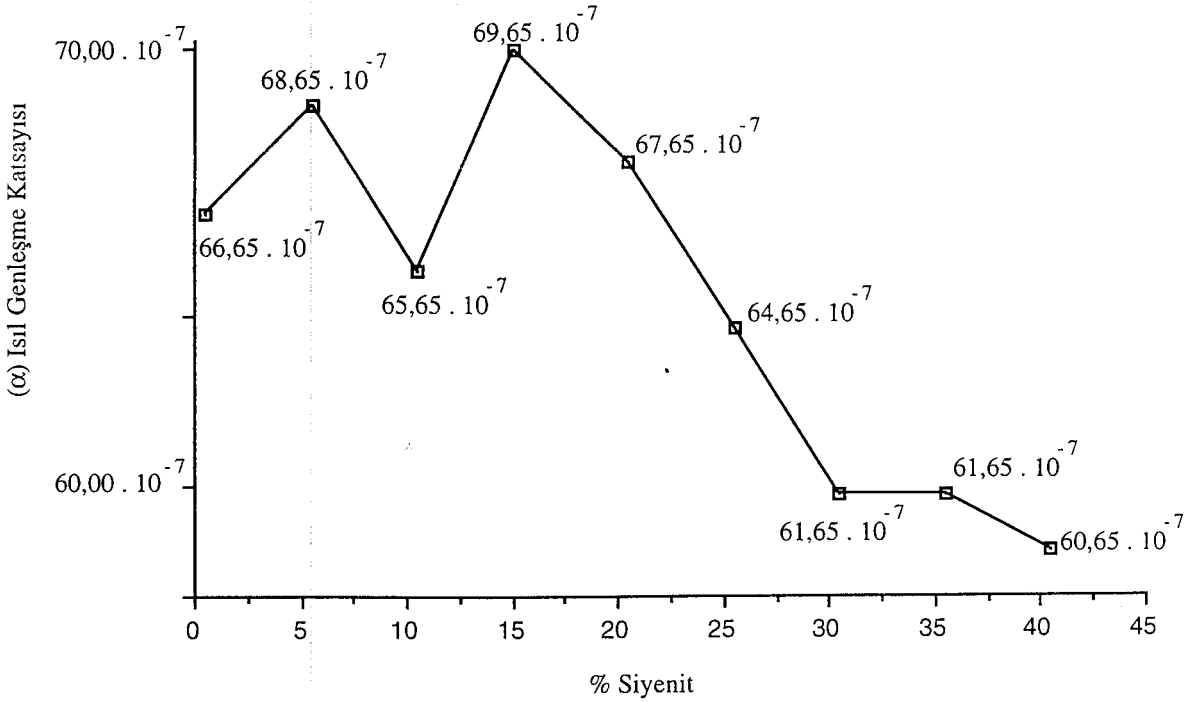
3.5.1.4. Pişme Rengine Etkisi

Siyenit hammaddesi içerdiği demir safsızlığı nedeni ile pişme rengi kremden kahverengiye doğru sıcaklığa bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu değişim krem-tarçın-açık kahve ve kahverengi renk değişimi ile ifade edilebilir.

Fakat yer karosu hammaddeleri piyasa durumu ve maliyetler gözönüne alındığında %1,5-3,5 Fe_2O_3 içeren kiler kullanıldığından, albit içeren yani siyenitsiz reçetelerde dahi, renk açık kahve tonları arası olmaktadır. Bu nedenle siyenitsiz yer karosu ürünlerinin siyenitli olan karolara göre renk bakımından fazla bir üstünlüğü olmadığı görülmektedir.

3.5.1.5. Isıl Genleşme Katsayısına Etkisi

Siyenitli yer karosu masselerinin siyenit oranı arttıkça ısıl genleşme katsayılarının % 15 siyenit ilavesinden sonra düştüğü gözlenmiştir. Dilatometre cihazı ile yapılan ölçüm sonuçları Şekil 3.7’de görülmektedir.



Şekil 3.7: Siyenit hammaddesinin ısıl genleşme katsayısına etkisi (T = 1185 °C)

3.5.2. SİYENİTLİ REÇETELERİN ÜRÜN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

3.5.2.1. Boyut

Gözenekli ürünlere göre daha yüksek sıcaklıklarda pişirilerek daha vitrikiye (düşük gözenek, su emme) üretilen seramik karoların boyut küçülmeleri daha fazladır. Duvar karosu üretiminde %1 civarında olan pişme küçülmesi, yer karosunda % 6-7 civarındadır[18].

Siyenitli yer karosu reçetelerinde ise pişme küçülmeleri, albitli reçetelere göre %6,5'dan %7'lere yükselme göstermiştir. Bu değerler standart değerler içindedir. Tercih edilen reçetenin toplam küçülme yüzdesi saptanarak ürünün istenen boyutlarına göre kalıpların boyutları tespit edilip değiştirilerek üretim yapmak mümkün olmaktadır. TS-3450 standartlarına göre yer karosu ürünün boyutları \pm %0,5 aralığında olduğu tespit edilmiştir.

3.5.2.2. Hammadde Standardı ve Homojenizasyonu

Yer karosu bünye kompozisyonunu oluşturan hammaddelerin yapılarındaki değişimlerden ve mevcut silo neminin iyi takip edilmemesinden dolayı sinterleşmede önemli rol oynayan alkalilerdeki (Na_2O , K_2O ve Fe_2O_3) değişimler seramik karo bünyede boyut, su emme, mukavemet gibi tüm fiziksel özellikleri etkileyeceğinden oldukça önemlidir.

3.5.2.3. Reçetelerin Öğütülmesi

Yer karosu massesini oluşturan hammaddelerin öğütülmesi sonucu tane inceliği sinterleşmede oldukça önemli rol oynamaktadır. Killerin yanında sert bir yapıya sahip olan albit, siyenit, pegmatit gibi sert feldspat hammaddeleri ve silis kumunun bilyalı değirmenlerde öğütülerek tamamının karo reçetesine geçmesine dikkat edilmelidir. Çünkü bilyalı değirmenden boşaltılan çamurda eleme sonucu elek üstünde feldspat

hammadelerinin varlığı ve silis kumu bakiyesi reçeteye girmeyeceğinden bünye reçetesini bozup olumsuz etkilere neden olabilmektedir.

Bu sebepten, öğütülme sonucu değirmenin 63 µm luk % Elek bakiyesi % 5,5 - 6,5 oranını geçmemelidir.

Öğütme boyutunun öğütme zamanına bağlı olarak etkisini görebilmek için feldispat denemelerindeki %35 Siyenitli reçetede 3 adet değirmende 6 saat, 10 saat, 16 saat sürelerle çalıştırılmıştır. Bu sonuçlara göre;

- Öğütme zamanının uzamasıyla yer karosu massesinde pişme küçülmesinin arttığı görülüyor (Çizelge 3.12).
- Su emme ise öğütme zamanının uzamasıyla sinterleşme öncesi artmakta sonrası ise azalmaktadır (Çizelge 3.13).
- Kırılma mukavemeti öğütme süresinin uzamasıyla artış göstermektedir. (Çizelge 3.14).

Çizelge 3.12: Öğütme Süresi İle Pişme Küçülmesi Arası İlişki

Sıcaklık	% Pişme Küçülmesi		
	Değirmen No:1 (6 saat)	Değirmen No: 2 (10 saat)	Değirmen No: 3 (16 saat)
1140 °C	6,71	6,72	6,81
1160 °C	6,82	6,85	6,87
1180 °C	6,84	6,90	6,95
1200 °C	6,90	6,95	7,01

Çizelge 3.13: Öğütme Süresi ile Su Emme Arası İlişki

Sıcaklık	% Su Emme		
	Değirmen No:1 (6 saat)	Değirmen No: 2 (10 saat)	Değirmen No: 3 (16 saat)
1140 °C	2,06	0,13	0,09
1160 °C	0,64	0,05	0,10
1180 °C	0,53	0,11	0,06
1200 °C	0,50	0,19	0,08

Çizelge 3.14: Öğütme Süresi ile Eğilme Dayanımı Arası İlişki

Sıcaklık	Eğilme Dayanımı (Kg/cm ²)		
	Değirmen No:1 (6 saat)	Değirmen No: 2 (10 saat)	Değirmen No: 3 (16 saat)
1140 °C	212,6	286,1	330,4
1160 °C	233,7	403,2	420,6
1180 °C	310,1	409,8	470,4
1200 °C	316,8	401,3	465,2

Sonuç olarak, siyenitli yer karosu reçeteleri öğütülürken siyenitin daha etkin olarak eriticilik görevini yapabilmesi için 63 mikronun altına indirilmesi gerekmektedir.

Yeterli öğütmenin olmadığı karoların pişirimi sonucunda ürünün fiziksel, kimyasal ve mekanik karakteristik özelliklerini oluşturan reaksiyonların gecikmesine, ya da bir kısmının hiç oluşmamasına sebep olmaktadır. Sonuçta seramik bünye iskeleti tamamlanmaz, vitrifikasyon gecikir, tüm fiziksel özellikler yetersiz kalır. Bu sebepten, etkin öğütmenin kontrolünde karo çamurunun elek bakiyesine bakılır. Elek bakiyenin kontrolünün yanısıra tane boyut analiz cihazında tane boyut dağılımlarına da bakılmaktadır [16 , 18].

Püskürtmeli kurutucudan çıkan granüllerin tane boyutu ince ise, yani dar boyut dağılımına sahip ise; tozlarda normalden fazla havanın varlığından dolayı presleme esnasında havanın kalıptan dışarı atılması zorlaşır ve havalı baskı tabir edilen bozuk preslemeye sebep olur. Bu sebepten granüllerin belli bir boyut dağılımında olması gerekmektedir. Eğer granüller iri ve sert aglomeralı ise presleme esnasında iri ve sert granüller dağılmadığından ürün gözenekli bir yapıya ve uygun olmayan fiziksel özelliklere sahip olacaktır [9 , 18].

Tane boyut dağılımı açısından her bir reçetede özgül yüzey alanı 1,6578 m²/gr ile 1,9441 m²/gr arasında değişmektedir. % Elek bakiye (63 µm) ise % 3,8 ile 5,06 arasındadır. Öğütme süresi aynı olmasına rağmen denemelerdeki yüzde elek bakiye ve özgül yüzey alanı belirlenen standartlarda olduğundan karonun fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkilememişlerdir. Bu standartlar yer karosu granülü için % elek bakiye < % 5,5 - 6,5, özgül yüzey alanı için > 1,5000 m²/gr 'dır.

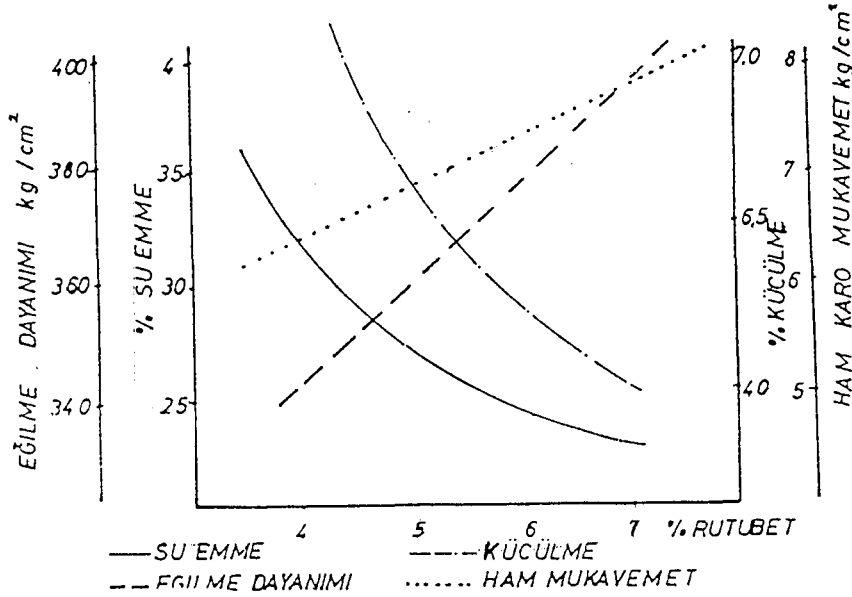
Feldispat reçete denemelerinde siyemit ve albit hammaddelerinin tane iriliği, pişme esnasında meydana gelen reaksiyonlar üzerinde önemli etkide bulunur. Eğer iri taneli ise feldispatik cam merkezleşmelerine sebebiyet verir. Haddinden fazla öğütüldüğü takdirde ise kuvars taneleri ile reaksiyona girmeye fırsat bulamadan kaolinitle çok çabuk reaksiyona girer ve mullit kümelerinin bünyede heterojen bir şekilde dağıtılmasına sebebiyet verir. Orta tane iriliğinde öğütülmüş feldispat bünyede homojen bir mullit kristal ağının gelişmesini sağlar, Yüksek mukavemet için homojen bir mullit ağı şarttır [9].

3.5.2.4. Şekillendirme Rutubeti ve Presleme Basıncı

Preslemede granüllerin yapı ve dağılımları ile beraber granül rutubeti de karonun fiziksel özellikleri bakımından oldukça önemli bir yere sahiptir.

Presleme anındaki rutubet, granüllerin birbirlerine sıkıca yapışmasını sağladığından ürünün ham ve kuru mukavemetini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca şekillendirme

rutubetindeki en ufak bir değişimde kuru küçülme ve dolayısıyla toplam küçülme etkileneceğinden massenin boyut problemlerine yol açmakta, mukavemet ve su emme değerlerini etkilemektedir (Şekil 3.8) [16 , 18].



Şekil 3.8 : Şekillendirme rutubetine bağlı olarak karo teknik değerlerinin değişimi [16]

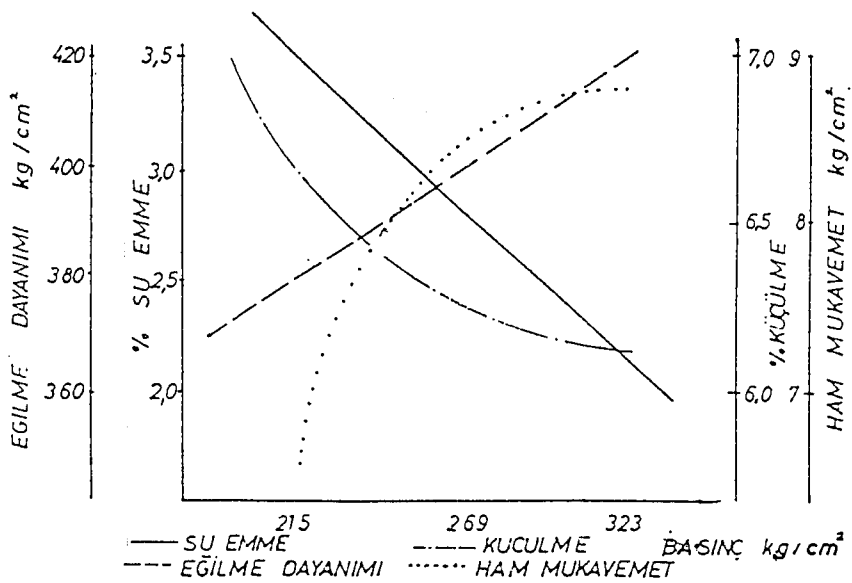
Çizelge 3.15: Şekillendirme ve kuruma esnasında karonun fiziksel özellikleri

% Siyent	% Etiv Rutubeti (Şekillendirme Rutubeti)	Ham Mukavemet (kg/cm ²)	Kuru Mukavemet (kg/cm ²)	Kuru Küçülme (%)
0	6,7	4,8	14,1	0,07
5	6,18	3,50	10,80	0,06
10	4,63	3,03	8,04	0,01
15	4,87	5,32	16,25	+0,032
20	7,33	7	20,02	0,07
25	6,83	7,53	22,90	0,03
30	8,71	4,57	15,68	0,106
35	6,84	7,07	16,40	+0,11
40	10,08	4,83	15,51	0,325

Preslepe olarak Őekillendirme rutubeti (% 10'u aŐamamak kaydıyla) arttıkça ham ve kuru mukavemet artmakta, kuru kűcűlme miktarı artıp, su emme deęeri dűŐmektedir. Ancak reęetelerdeki hammadde oranı deęiŐtięinden dolayı izelge 3.15'deki deęerlerde farklılık gűzlenmiŐtir. Laboratuvar Őartlarında geręekleŐtirilen denemelerde yer karosu granűlű pűskűrtmeli kurutucu olmadıęından deęirmen çıkıŐı çamur etűvde kurutulup - kınılıp - elenerek, elle kompresűr yardımı ile nemlendirildięinde, nem oranı ve granűllerin homojenlięinde relatif olarak farklılıklar oluŐmuŐtur. Buna raęmen űrűn bant űzerinde deforme olmadan kurutma ve piŐirme űnitelerine taŐınması Őartlarını karŐıladıęından herhangi bir olumsuzluk gűzlenmemiŐtir.

Presleme basıncı ise tűm denemeler laboratuvar koŐullarında yapıldığından laboratuvar presi 137 bar = 260 kg/cm² basınc değerinde preslenmiŐtir.

Karoların Őekillendirilmesinde presleme basıncının etkisi çok bűyűktűr. Fazla sıkıŐtırılan karolar, piŐme esnasında daha fazla sinterleŐtikleri halde kűcűlmeleri daha az olmaktadır. Bunun sebebi, fazla basıncıla sıkıŐtırılan granűllerin arasındaki boŐluklar azalmakta ve birbirlerine sıkıca baęlanmakta, dolayısıyla karonun yoęunluęu artmaktadır. Ancak presleme basıncı 300 kg/cm² yi geçmemelidir. Őekil 3.9'daki presleme basıncının etkilerine baęlı olarak fiziksel űzelliklerinin deęiŐimi gűrűlmektedir [18].



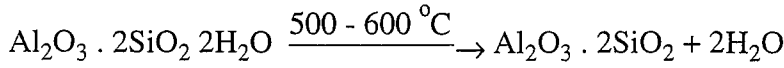
Şekil 3.9 : Presleme basıncına bağlı olarak karo teknik değerlerinin değişimi [16]

3.5.2.5. Pişme Sıcaklığının Etkisi

Pişme sıcaklığı seramik ürünün boy, mukavemet, su emme, pişme küçülmesi, pişme rengi, ısıl genişleme katsayısının değişimi gibi teknik özellikler üzerinde son derece önemli etkisi vardır [20 , 22].

% 5,7 granül rutubetiyle preslenen karolarda;

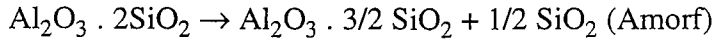
- 105 °C yüzey nemi uzaklaşır.
- 200 °C hidroscopik su bünyeden uzaklaşır.
- 400 - 700 °C Kristalin su bünyeden uzaklaşır.



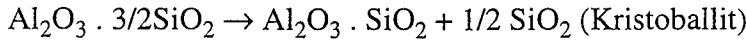
Kaolinit minerali

Metakaolinit

- 925°C

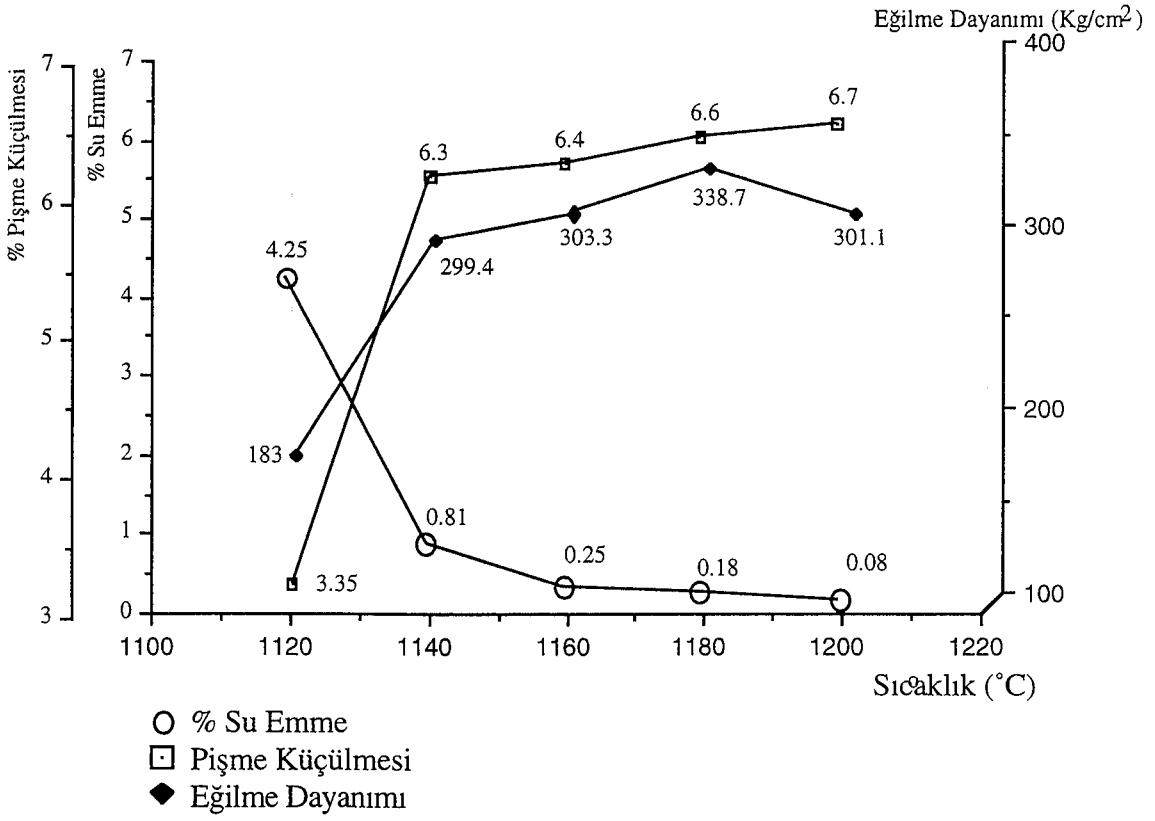


- 1100 °C



Pişme sıcaklığı 1100 °C yi aşma durumunda feldspatlar yumuşamaya başlamaktadır.

Pişme sıcaklığı 1140 °C den sonra feldspat eriyerek cam faz oluşmakta, ergimiş cam faz içinde metakaolin mullite dönüşmektedir. Bir miktar kuvars cam faz içerisinde erir. Bu sebeple cam fazın akıcılığı azalır. İğne şeklinde mullit kristalleri bünyeye sağlamlık kazandırır. Sinterleşme derecesi 1140°C den sonra mukavemet artışı açıkça görülmektedir (Şekil 3.10). Su emme düşmüş, çekme (pişme küçülmesi) artmış, mukavemet değerlerinde de 1180 °C'ye kadar artış gözlenmiştir.



Şekil 3.10 : % 15 siyenitli karoda sıcaklığa bağlı olarak ürünün fiziksel özelliklerinin değişimi

Pişirme sıcaklığı ürünün sinterleşme sıcaklığı aralığında ise sıcaklık arttıkça su emme azalmakta eğilme dayanımı ve pişme küçülmesi artmaktadır.

Pişme sıcaklığının, uygun sinterleşme sıcaklığının üzerine çıkması durumunda kırılma mukavemetinin düştüğünü görülür. Bu mukavemet düşüklüğünün sebebi ise, yüksek sıcaklıkta feldispat camı mullit kristallerini eritmeye başlamıştır. Bünyeye sağlamlık kazandıran kristal yapı azalırken amorf cam faz artmıştır. Bu duruma fabrika üretim şartlarında “aşırı pişme” (overfiring) olarak nitelendirilmektedir [7 , 9 , 22].

3.5.3. SİNTERLENEN ÜRÜNLERİN FAZ ANALİZLERİ

Her bir pişmiş ürün kırılıp, öğütülerek elde edilen -63 μm boyut altında (63 μm 'den küçük tane boyutunda) elde edilen tozlarla yapılan XRD analizleri sonucunda Çizelge 3.16'da görülen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 3.16: XRD Analiz sonuçları

%0 Siyenit

	I / I ₀	2 θ	d	Kimyasal Formül
Kuvars	100	26,590	3,3496	SiO ₂
Albit	36	27,910	3,1941	NaAlSi ₃ O ₈
Mullit	32	20,810	4,0261	AlSi ₂ O ₁₃

% 5 Siyenit

	I / I ₀	2 θ	d	Kimyasal Formül
Kuvars	100	26,590	3,3397	SiO ₂
Albit	60	27,910	3,1874	NaAlSi ₃ O ₈
Mullit	34	20,810	4,0261	AlSi ₂ O ₁₃

% 10 Siyenit

	I / I ₀	2 θ	d	Kimyasal Formül
Kuvars	100	26,590	3,3496	SiO ₂
Albit	64	27,910	3,1941	NaAlSi ₃ O ₈
Mullit	26	20,820	4,2630	AlSi ₂ O ₁₃

% 15 Siyenit

	I / I0	2 θ	d	Kimyasal Formül
Kuvars	100	26,590	3,3496	SiO ₂
Albit	18	27,840	3,2019	NaAlSi ₃ O ₈
Mullit	24	20,810	4,2650	AlSi ₃ O ₈

% 20 Siyenit

	I / I0	2 θ	d	Kimyasal Formül
Kuvars	100	26,590	3,3496	SiO ₂
Albit	6	27,810	3,2053	NaAlSi ₃ O ₈
Mullit	18	20,800	4,2650	AlSi ₃ O ₈
KAlOksit	10	50,050	1,8209	KAl ₆ O _{9,5}

% 25 Siyenit

	I / I0	2 θ	d	Kimyasal Formül
Kuvars	100	26,590	3,3496	SiO ₂
Mullit	32	20,810	4,2650	AlSi ₃ O ₁₃
KAlOksit	13	50,050	1,8209	KAl ₆ O _{9,5}

% 30 Siyenit

	I / I0	2 θ	d	Kimyasal Formül
Kuvars	100	26,560	3,3533	SiO ₂
Mullit	22	20,810	4,2650	AlSi ₃ O ₁₃
KAlSilikat	12	50,070	1,8203	KAlSiO ₄

% 35 Siyenit

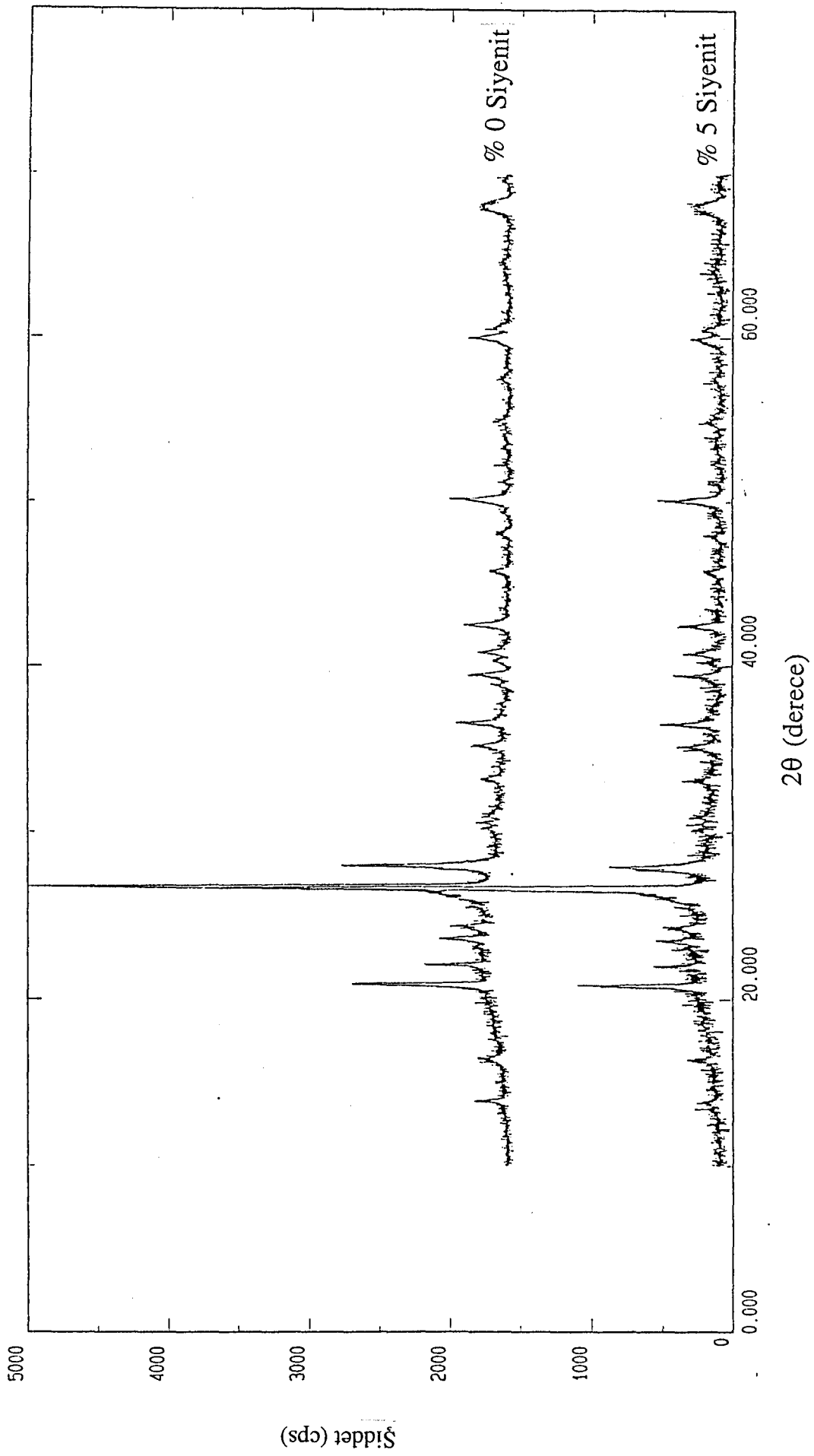
	I / I ₀	2 θ	d	Kimyasal Formül
Kuvars	100	26,600	3,3843	SiO ₂
Mullit	18	20,790	4,2691	Al ₆ Si ₂ O ₁₃
KAlSilikat	10	50,100	1,8192	KAlSiO ₄

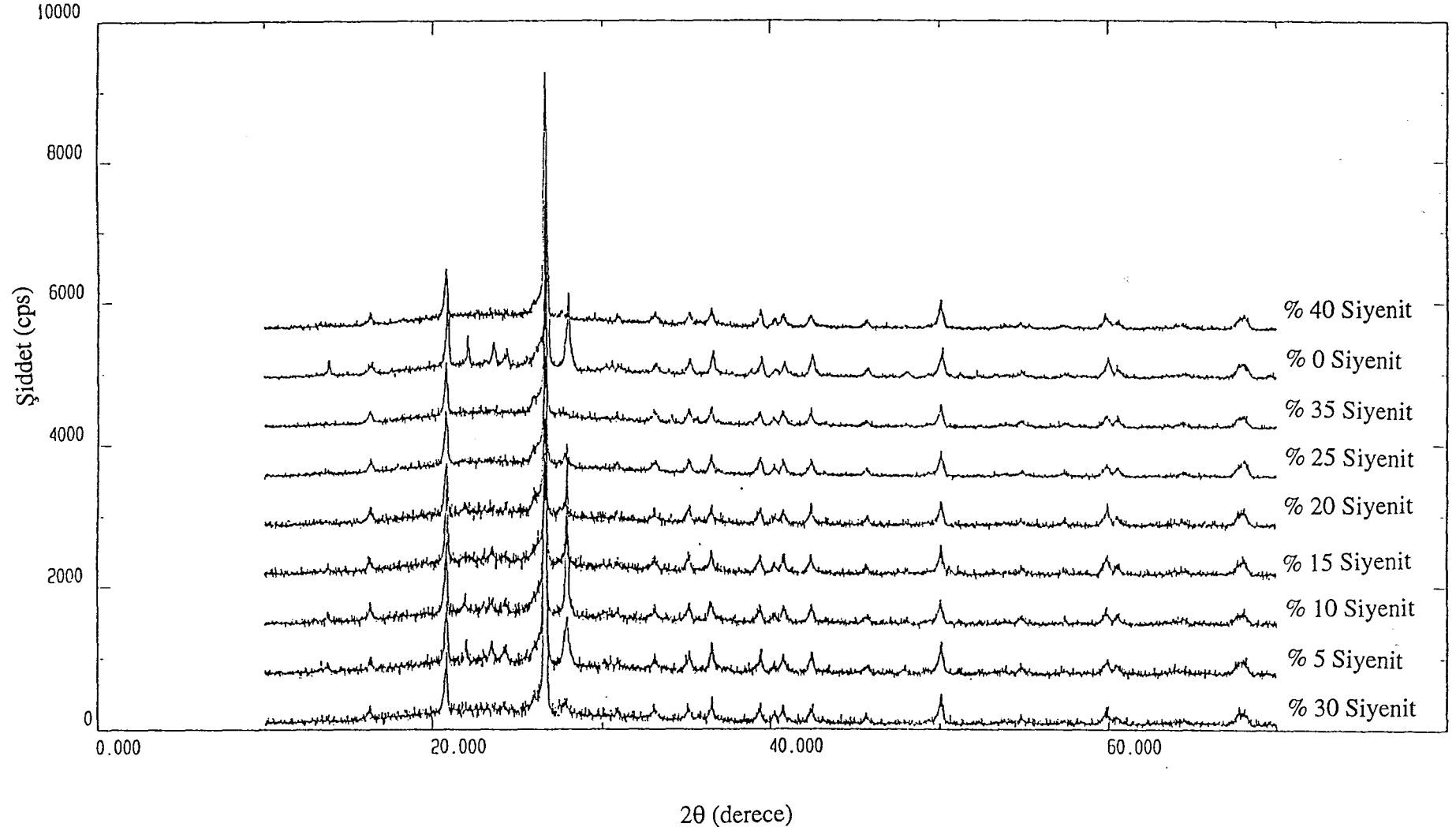
% 40 Siyenit

	I / I ₀	2 θ	d	Kimyasal Formül
Kuvars	100	26,600	3,3483	SiO ₂
Mullit	18	20,790	4,2691	Al ₆ Si ₂ O ₁₃
KAlSilikat	10	50,100	1,8192	KAlSiO ₄

Sonuç olarak yapılan XRD analizlerinde yapılan 9 farklı siyenitli denemelerde, %0 Siyenitten %15 Siyenitli reçetelerde kuvars ve müllit miktarları değişmeksizin bünyede albit fazı olduğu saptanmıştır. %20 Siyenitli reçeteden, %40 Siyenitli reçeteye kadar ise yine kuvars ve müllit fazları değişmeksizin yerini siyenitteki ortoklastan ileri gelen potasyum aliminyumoksit (KAl₆O_{9,5}) ve potasyum aliminyum silikat (KAlSiO₄) varlığı tespit edilmiştir.

Bu sonuçlara göre siyenit hammaddesinin yer karosu seramik bünyesinde feldspat ergiticisi olarak içerdiği demiroksit / karbonat safsızlıklarından dolayı sinterleşme derecesini artırarak bünyede mullit fazı değişmeksizin ürünün su emme özelliğini % 3 lardan sıfıra yakın su emme ve yine ürünün belli dereceye kadar mukavemetini arttırdığı gözlenmiştir.





3.5.4. Sinterlenen Yer Karosu Masselerinin Elektron Mikroskopunda İncelenmesi ve EDX Yöntemiyle Mikroyapıların Kimyasal Bileşimlerinin Tesbiti

Yapılan çalışmalar sonucunda, % 15 siyenit, % 35 siyenit, % 40 siyenitli karolardan numuneler kesilip parlatılarak elektron mikroskopunda incelenmeye alınmıştır. Mikroyapı görüntüsünde genel analiz ve nokta analizi yapılmıştır. Siyenitli pişmiş yer karosu numuneleri parlatma yöntemiyle hazırlandığından dolayı fotoğraflardaki gözenekli yapı sert olan tanelerin parlatma esnasında yerinden çıkarak uzaklaşmasından kaynaklanan yapılarıdır. Ayrıca elektron mikroskopunda yapılan genel ve nokta kimyasal-elementer analiz sonuçları yarı kantitatif değerler olup, sonuçlar sadece fikir vermeye yöneliktir.

Bu sonuçlara göre, %15 siyenitli karoya ait mikroyapı görüntüsü aşağıdaki gibidir. Yapılan EDX analizi sonucunda genel görüntünün tamamının kimyasal analizi Çizelge 3.17'deki gibidir.



Şekil 3.11 : %15 Siyenitli karoda mikroyapının genel görüntüsü.

Çizelge 3.17 : % 15 Siyenitli karoya ait massenin mikroyapı genel EDX analizi

OKSİT	%	ELEMENT	%
SiO ₂	71,05	Si	33,21
Al ₂ O ₃	19,04	Al	10,08
Na ₂ O	4,46	Na	3,31
K ₂ O	2,85	K	2,37
CaO	0,57	Ca	0,41
Fe ₂ O ₃	2,03	Fe	1,42
		O	49,21

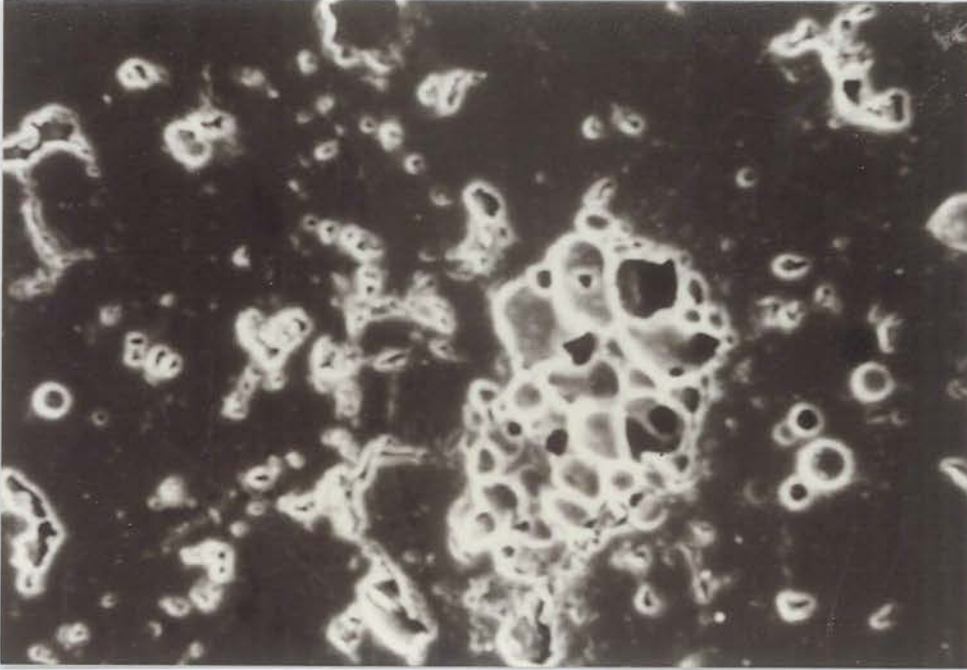
%15 Siyenitli karoda Şekil 3.11'e göre siyah bölgeler demirli bölgelerdir. Beyaz bölgede silikatlar ve mullit fazı tespit edilmiştir. Beyaz bölgede yapılan EDX nokta analizi sonucunda Çizelge 3.18'de görülen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 3.18 : Yuvarlak yapılı müllitsi mikroyapının EDX nokta analizi

OKSİT	%	ELEMENT	%
SiO ₂	79,96	Al	10,61
Al ₂ O ₃	20,04	Si	37,37
		O	52,02

Şekil 3.12'de ise demiroksitlerin saçınım halinde olduğu yerde cam faz halinde sinterleştiği gözlenir. %35 Siyenitli karoda ise genel görüntüsü Şekil 3.13'de görülmektedir. Çizelge 3.19'da ise beyaz bölgelerin kimyasal analizi görülmektedir.

Şekil 3.12 : %15 Siyenitli karonun mikroyapısının genel görüntüsü



Şekil 3.13: %35 Siyenitli karoda mikroyapının genel görüntüsü

**Çizelge 3.19 : % 35 Siyenitli Karonun Mikroyapıda Beyaz Bölgelerin
EDX Nokta Analizi**

OKSİT	%	ELEMENT	%
SiO ₂	70,85	Si	33,12
Al ₂ O ₃	18,90	Al	10,00
Na ₂ O	3,18	Na	2,36
K ₂ O	4,17	K	3,46
Fe ₂ O ₃	2,90	Fe	2,03
		O	49,03

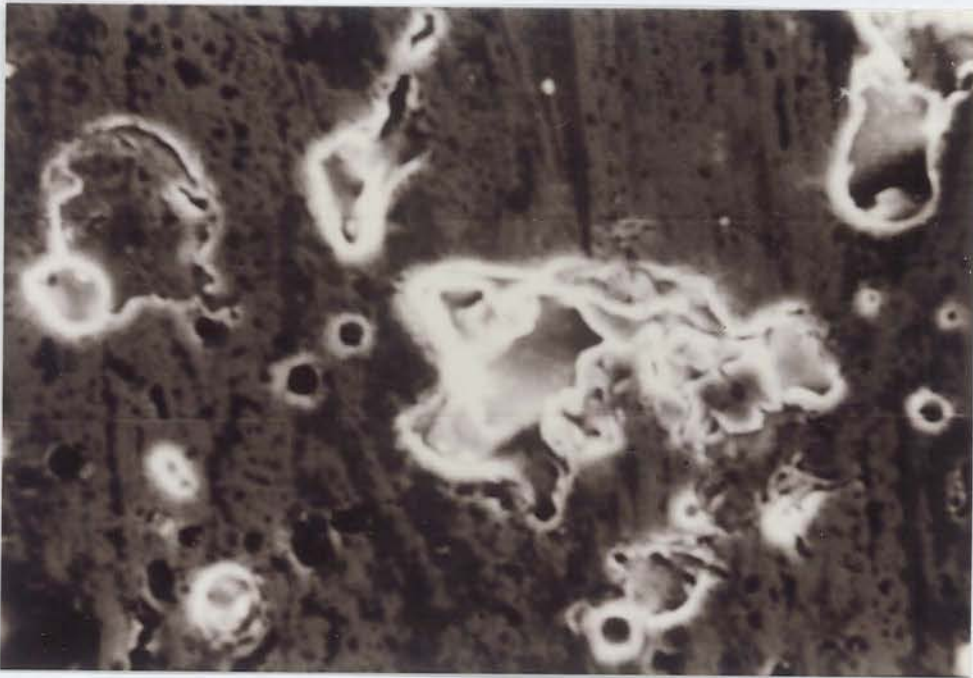
% 35 Siyenitli karoda ise siyah bölgelerin demiroksitli bölgeler olduğu Şekil 3.14'de tesbit edilmiştir. Bu bölgeden alınan nokta analiz sonucu Çizelge 3.20'de görüldüğü gibi Fe₂O₃'ce zengindir.

Şekil 3.14 : %35 Siyenitli karonun mikroyapısında siyah bölgeler (Demiroksitli bölgeler)

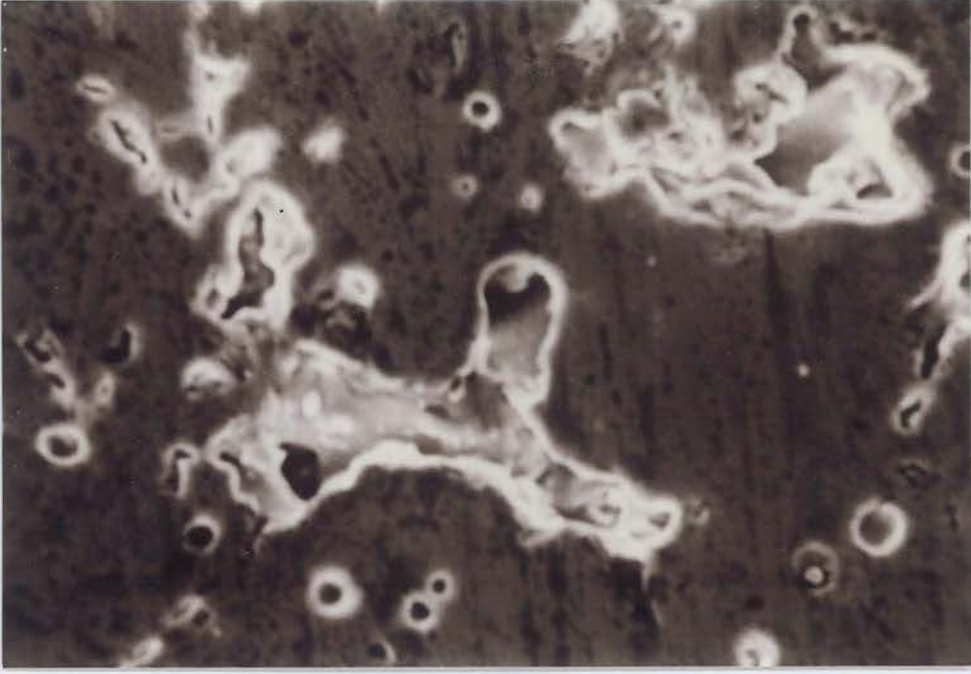
Çizelge 3.20 : %35 Siyenitli Karoda Mikroyapı Fotoğrafında Siyah Bölgenin EDX nokta analizi

OKSİT	%	ELEMENT	%
SiO ₂	55,08	Si	25,75
Al ₂ O ₃	11,83	Al	6,26
Na ₂ O	11,77	Na	8,73
K ₂ O	4,06	K	3,37
CaO	1,09	Ca	0,78
Fe ₂ O ₃	16,16	Fe	11,30
		O	43,80

%40 Siyenitli karonun mikroyapısı Şekil 3.15 ve 3.16'da görülmektedir.



Şekil 3.15 : %40 Siyenitli karonun mikroyapı genel görüntüsü



Şekil 3.16 : %40 Siyemitli karoda mikroyapı genel görüntüsü

Çizelge 3.21 : %40 Siyemitli Karonun Mikroyapı Genel EDX Analizi

OKSİT	%	ELEMENT	%
SiO ₂	70,52	Si	32,97
Al ₂ O ₃	18,76	Al	9,93
Na ₂ O	3,15	Na	2,34
K ₂ O	4,39	K	3,64
CaO	0,59	Ca	0,42
Fe ₂ O ₃	2,58	Fe	1,81
		O	48,89

%40 Siyemitli karoda genel EDX analiz sonuçları Çizelge 3.21’de görülmektedir.

Bu sonuçlara göre %35 ve %40 Siyemitli karoda, % Fe₂O₃ miktarının artmasına rağmen demiroksitler ergiyip cam faza geçmişlerdir. Genel EDX analizinde ise % Fe₂O₃ 2,58 oranındadır. Bu verilere göre, ürünün rengi koyulaşmış, malzemede ergiyerek sinterlenmiştir. Bünyede % siyemit oranı arttıkça gözenekli yapı azalır, mevcut gözenekleri siyemit hammaddesindeki demiroksit safsızlıklarının ergimesi sonucu kapandığı saptanmıştır. Sonuç olarak, sıfır su emmeli ve yüksek mukavemet özelliğine sahip ürünler elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Siyenit hammaddesi düşük yumuşama ve erime sıcaklıkları ile fırın rejiminin ayarlanmasında oldukça önemli rol oynamaktadır. Yapılan laboratuvar çalışmalarında eritici mikroskop cihazında; siyenitin yumuşama derecesi 1140°C, erime sıcaklığı ise 1170°C olarak tespit edilmiştir. Oysa ki albit 1170 - 1200 °C'de yumuşama ve erime göstermektedir. Orhaneli siyeniti ve Muğla Milas albitinin hammadde karo test özelliklerinde belirlenen fiziksel özellikleri Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de görülmektedir.

Çizelge 4.1 : Orhaneli Siyeniti (Fiziksel Özellikleri)

Pişme Sıcaklıkları (°C)	1125	1185	1200
Toplam küçülme (%)	1,3	11,1	11,4
Su emme (%)	20,5	0,04	0,04

Çizelge 4.2 : Albit (Muğla - Milas) (Fiziksel Özellikleri)

Pişme Sıcaklıkları (°C)	1125	1185	1200	1220	1240
Toplam küçülme (%)	+ 0,80 (büyüme)	0,28	1,75	2,65	8,4
Su emme (%)	27,0	24,2	14,7	5,4	1,4

Yapılan laboratuvar çalışmalarına göre yer karosu su emme değerlerinin uluslararası standartlara uygun (%3) değerini albitli karolarda 1180°C - 1200°C aralığından sonra elde edilebilmektedir. Oysa siyenitli karolarda 1140 °C'de, % 10-15 siyenit oranından sonra %3 su emme standardının çok altında su emme değerleri elde edilebilmektedir. 1160 °C ve 1180 °C sıcaklıklarda siyenitli karolarda % 0,05 - 1 su emme oranlı yer karoları elde etmek mümkün olabilmektedir.

Siyenitli karolarda mukavemet değerlerinin siyenit oranı arttıka albitli karolara göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Pişme küçülmeleri siyenit oranına bağlı olarak artmıştır. Çizelge 3.4’de grldği gibi siyenitteki serbest silis miktarı %10 olmasına rağmen, albitteki silis miktarı %17,4’tür. Siyenitteki demir ve kalsiyum miktarının yüksek olması ve bu elementleri içeren minerallerin redüktif ortamda eritici rol oynaması malzemenin sinterlenip, pişme küçülmesinin, mukavemetin artmasına ve su emmenin oldukça aşağılara çekilmesine neden olmuştur. Bu yüzden malzemenin ergime sıcaklığı yüksek oranda K-Feldispat içermesine rağmen düşüktür. Yumuşama ve ergime sıcaklıkları arasındaki fark malzemeyi Na-Feldispattan ayıran bir özelliktir. Bu düşük sıcaklık ve geniş yumuşama - erime sıcaklığı aralığı ile fırın rejiminin ayarlanmasında oldukça önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir.

Bu verilere göre, seramik yer karosu bünyesinde kullanılan siyenit, sinterleşme sıcaklığını düşürmesiyle önemli miktarda enerji tasarrufu sağlamaktadır. Hesaplamalara göre 1190 °C’de siyenitsiz bir yer karosu reçetesi ile çalışırken roller fırının tepe noktasında bulunan brülörün LPG ihtiyaı saniyede 3,19 kg iken; siyenitli bir reçetede brülörün LPG ihtiyaı 1171 °C de 3,12 kg/sn’ye düşmektedir [1].

Yer karosu üretiminde roller fırınının en yüksek sıcaklıktaki sinterleşme bölümünün 20 °C daha düşük sıcaklıkta çalışarak üretim yapması ile fabrika 0,5 ile 1 \$/m² enerji tasarrufu sağlamış olacaktır. Günümüz serbest piyasa ekonomisi koşullarında her sektörde olduğu gibi seramik sektöründe de en az enerji ile yüksek kapasitede kaliteli ürünlerin piyasaya sürülmesi gerekmektedir [1].

KAYNAKLAR

1. DEMİRCİ, H., KARAKAŞ, G., *Seramik Sektöründe Alternatif Hammadde - Siyenit*, III. Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı, sayfa 52-57, 1996.
2. AKSOY, D., *Dünya'da ve Türkiye'de Feldspat ve Nefelinli Siyenit*, M.T.A. Gn. Md. Araştırma ve Planlama Koord. Dairesi, Ekonomik Etüdler Birimi, Ankara, Mayıs 1996. (Çeviri) BOLGER, R., *Industrial Minerals*, May 1995.
3. UZ, B., *Mineraller*, Kurtiş Matbaası, İstanbul, 1990.
4. KARTAL, A., SCHULLE W., EMRULLAHOĞLU Ö.F., *Kırşehir - Kaman Yöresi Nefelinli Siyenit Cevherinin Seramikte Kullanılabilirliği Üzerine Yapılan Ön Araştırmalar*, IV. Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı, sayfa 53, Eskişehir: Eylül 1998.
5. DOĞAN, Ş., *Seramik Teknolojisi*, İstanbul, 1985.
6. CORNELIUS, S., HURLBUT, J.R., *Mineraller*, Cilt 2. Çeviren: İNAN K., TANYOLU, E., Doyuran Matbaası, İstanbul, 1982.
7. RADO, P., *An Introduction to the Technology of Pottery*, Formerly Research Manager the Worcester Royal Porcelain Company Ltd., Worcester, UK., 1988.
8. DPT Araştırma Komisyonu, *Türkiye'de ve Dünya'da Feldspat*, Ankara, 1996.
9. KINGERY, W.D., BOHEN, H.K., UHLMANN, Dr.R., *Introduction to Ceramics*, Second Edition, John Willey & Sons, NY, 1976.
10. KULAKSIZ, S., *Cam ve Seramik Sanayi İçin Nefelinli Siyenit Teknolojisini Geliştirme*, DPT ve H.Ü., Araştırma Fonu Ortaklaşa Projesi, 1991.

11. GHIANNT, M., SERCI, A., PRETTI, P., ZUCCA, A., *Beneficiation of feldspar Ores for the Ceramics Industry*, Mineral Science Research Centre of CNR, Cagliari, Italy, p. 405, 1996.
12. BURDER, J., *Feldspar & Nepheline Syenite*, Historical Minerals, August, 1990.
13. ROBİNS, J., *Feldspar & Nepheline Syenite Filling a need*, Industrial minerals, September, 1986.
14. TEZCAN, İ., ERDOĞAN, F., *Türkiye'nin Endüstriyel Hammadde İhracatı (1994 - 1995 - 1996)*, Kalemaden A.Ş., 1996.
15. KULAKSIZ, S., *Kaman Kuzeydoğusu Nefelinli Siyenitlerin Ön Teknolojik Değerlendirilmesi*, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İkinci Seramik Teknik Kongresi, II. Bildiriler Kitabı, İstanbul, 1987.
16. ERCİYES, T., *Karo Seramik Üretim Teknolojisi*, Teknik Yayınlar Serisi.
17. Sacmi, *From Technology Through Machinery To Klins*, technological notes on the manufacture of ceramic tiles.
18. AKKURT, İ., *Seramik Karo Üretiminde Kaliteyi Etkileyen Faktörler*, Kalebodur Seramik Sanayi A.Ş.
19. RYAN, W., RADFORD, C., *Whitewares Production, Testing and Quality Control*, Pergamon Pres, 1987.
20. ARCASOY, A., *Seramik Teknolojisi*, Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları, No: 2, İstanbul, 1983.
21. GÜNER, Y., *Seramik*, İstanbul, 1987.
22. TANIŞAN, H., METE Z., *Seramik Teknolojisi ve Uygulaması*, Söğüt, 1988.