

13718

T.C.  
MİMAR SİNAN ÜNİVERSİTESİ  
Sosyal Bilimler Enstitüsü  
Uygulamalı Sanatlar Anasanat Dalı  
Seramik-Cam Programı

SERT PORSELEN ÇAMUR VE SIR ARAŞTIRMALARI

(Yüksek Lisans Eser Çalışması)

T. C.  
Yükseköğretim Kurulu  
Dokümantasyon Merkezi

8809 MELTEM KAYA

Danışman: Öğr. Grv. Mustafa ÖZKAN

İstanbul, Mayıs - 1990

## - İÇİNDEKİLER -

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| ÖZET .....   | V            |
| SUMMARY .....  | VI           |
| GİRİŞ .....  | 1            |
| <br>   |              |
| I- PORSELEN .....  | 3            |
| <br>   |              |
| 1.1- Porselenin Tanımı .....   | 3            |
| 1.2- Porselenin Tarihçesi .....  | 4            |
| 1.3- Porselenin Çeşitleri .....  | 16           |
| 1.3.1- Yumuşak Porselen .....  | 19           |
| 1.3.1.1- Seger Porseleni, Amerikan Sofra Eşyası Çinisi,<br>İngiliz Elektriksel Porseleni ..... | 20           |
| 1.3.1.2- Frit Porseleni, Belleek Çinisi, Amerikan İnce Çinisi .....                            | 20           |
| 1.3.1.3- Dişçi Porseleni (Dental Porselen) .....   | 20           |
| 1.3.1.4- Bisküvi Porselen (Parian) .....   | 20           |
| 1.3.1.5- Jasper .....  | 20           |
| 1.3.1.6- Bazalt .....  | 21           |
| 1.3.1.7- Kemik Porselen (Bone China) .....   | 21           |
| 1.3.2- Sert Porselen .....   | 21           |
| 1.3.2.1- Fildişi Porselen .....  | 24           |
| 1.3.2.2- Kobalt Porselen .....   | 24           |
| 1.3.2.3- Seladon Porseleni .....   | 24           |
| 1.3.2.4- Pembe Porselen .....  | 25           |
| 1.3.2.5- Siyah Porselen .....  | 25           |
| 1.4- Porselenin Özellikleri .....  | 25           |
| 1.4.1- Fiziksel Özellikler .....   | 25           |
| 1.4.1.1- Yarı Saydamlık (Transparantlık) .....   | 25           |
| 1.4.1.2- Pişme Rengi .....   | 27           |
| 1.4.1.3- Porselenin Sertliği .....   | 30           |
| 1.4.1.4- Isısal (Termal) Genleşme .....  | 30           |
| 1.4.1.5- Termal Şok Mukavemeti .....   | 31           |

|   |           |
|---|-----------|
| 1.4.1.6- Mekanik Özellikler .....                                   | 31        |
| 1.4.1.7- Porselenin Hijyenik Özellikleri .....                      | 32        |
| 1.5- Elektrik Özellikler .....                                      | 32        |
| 1.6- Kimyasal Özellikler .....                                      | 32        |
| 1.6.1- Porselenin Sırı Asitlerden Etkilenmez .....                  | 32        |
| 1.6.2- Porselenin Sırı Alkalilerden Etkilenmez .....                | 33        |
| 1.7- Porselene Sofra Eşyası Nitelikleri Kazandıran Özellikler ..... | 33        |
| <br>  |           |
| <b>II- SERT PORSELEN ÜRETİMİ .....</b>                              | <b>35</b> |
| <br>  |           |
| 2.1- Porselen Üretimindeki Hammaddelerin Tanımı ve Özellikleri ...  | 35        |
| 2.1.1- Plastik Hammaddeler .....                                    | 35        |
| 2.1.1.1- Kaolin ve Killer .....                                     | 36        |
| 2.1.1.1.1- Killerin Fiziksel Özellikleri .....                      | 38        |
| 2.1.1.1.1.1- Plastiklik .....                                       | 38        |
| 2.1.1.1.1.2- Kuru Direnç .....                                      | 38        |
| 2.1.1.1.1.3- Döküm Yeteneği .....                                   | 39        |
| 2.1.2- Plastik Olmayan Hammaddeler .....                            | 40        |
| 2.1.2.1- Özsüzleştiriciler .....                                    | 40        |
| 2.1.2.1.1- Kuvars .....   | 40        |
| 2.1.2.2- Eriticiler .....   | 43        |
| 2.1.2.2.1- Feldspat .....   | 43        |
| 2.1.2.3- Yardımcı Hammaddeler .....                                 | 45        |
| 2.1.2.3.1- Bentonit .....   | 45        |
| 2.2- Porselen Çamurunun Hazırlanması .....                          | 46        |
| 2.3- Porselen Çamurunun Şekillendirilmesi .....                     | 47        |
| 2.3.1- Döküm ile Şekillendirme Yöntemi .....                        | 47        |
| 2.3.1.1- Boş Döküm ile Şekillendirme .....                          | 51        |
| 2.3.1.2- Dolu Döküm ile Şekillendirme .....                         | 52        |
| 2.3.1.3- Dolu-Boş Döküm ile Şekillendirme .....                     | 53        |
| 2.3.1.4- Basınçlı Dökümle Şekillendirme .....                       | 53        |
| 2.3.2- Torna ile Şekillendirme Yöntemi .....                        | 54        |
| 2.3.2.1- Şablon Torna ile Şekillendirme .....                       | 54        |

|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 2.3.2.2- Otomatik Torna ile Şekillendirme ..... | 55           |
| 2.3.3- Presle Şekillendirme Yöntemi .....       | 56           |
| 2.4- Kurutma .....                              | 57           |
| 2.4.1- Kurutma Hataları .....                   | 60           |
| 2.5- Bisküvi Pişirim .....                      | 60           |
| 2.5.1- Bisküvi Pişirim Hataları .....           | 63           |
| 2.6- Porselen Sırları .....                     | 65           |
| 2.6.1- Tanım ve Tarihçe .....                   | 65           |
| 2.6.2- Fiziksel Özellikler .....                | 67           |
| 2.6.3- Bileşenler ve Görevleri .....            | 68           |
| 2.6.3.1- Alkaliler ( $K_2O$ ve $Na_2O$ ) .....  | 70           |
| 2.6.3.2- Kalsiyum Oksit ( $CaO$ ) .....         | 71           |
| 2.6.3.3- Kalsiyum Fluorür ( $CaF_2$ ) .....     | 71           |
| 2.6.3.4- Magnezyum Oksit ( $MgO$ ) .....        | 71           |
| 2.6.3.5- Baryum Oksit ( $BaO$ ) .....           | 72           |
| 2.6.3.6- Stronsyum Oksit ( $SrO$ ) .....        | 72           |
| 2.6.3.7- Silisyum Dioksit ( $SiO_2$ ) .....     | 72           |
| 2.6.3.8- Alüminyum Oksit ( $Al_2O_3$ ) .....    | 72           |
| 2.6.4- Porselen Sırının Hazırlanması .....      | 75           |
| 2.6.5. Sırlama Yöntemleri .....                 | 76           |
| 2.6.5.1- Püskürtme Yöntemi .....                | 76           |
| 2.6.5.2- Daldırma Yöntemi .....                 | 77           |
| 2.7- Sır Pişirimi .....                         | 77           |
| 2.7.1- Sır Pişirim Hataları .....               | 80           |
| 2.7.2- Pişmiş Porselen Bünye .....              | 82           |
| 2.8- Renkli Porselen Sırları .....              | 84           |
| 2.8.1- Mavi ve Yeşil Renkler .....              | 84           |
| 2.8.2- Kahverengi .....                         | 85           |
| 2.8.3- Sarı ve Krem Renkler .....               | 85           |
| 2.8.4- Siyah Renk .....                         | 86           |
| 2.8.5- Kırmızı ve Pembe Renkler .....           | 86           |
| 2.8.6- Spineller .....                          | 87           |

|  |     |
|--|-----|
| III. SERT PORSELEN ÇAMUR VE SIRININ UYGULAMALI OLARAK<br>ARAŞTIRILMASI ..... | 88  |
| 3.1- Sert Porselen Çamur Denemeleri .....                                    | 88  |
| 3.1.1- Sert Porselen Çamur Renklendirme Denemeleri .....                     | 95  |
| 3.2- Sert Porselen Sır Denemeleri .....                                      | 97  |
| 3.2.1- Sert Porselen Sır Renklendirme Denemeleri .....                       | 98  |
| SONUÇ .....  | 101 |
| KAYNAKÇA .....   | 103 |
| ŞEMALAR .....  | 106 |
| TABLolar .....   | 107 |
| RESİMLER .....   | 108 |

## Ö Z E T

Porselen ilk bulunuşundan günümüze kadar kullanımdaki sürekliliğini koruyan üstün nitelikli bir malzemedir. Günlük kullanımdaki sofraya eşyası ürünlerinin üretiminden bir çok teknik ürünün üretimine kadar çok geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Bu çalışma, sert porselen sofraya ve süs eşyası ürünleri üretimi üzerine, teorik ve uygulamalı araştırmaları kapsamaktadır.

Birinci bölümde, porselenin tanımı, tarihçesi, çeşitleri ve karakteristik özellikleri üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde, sert porselen üretimi ele alınarak endüstriyel porselen üretimi aşağıdaki başlıklar altında irdelenmiştir:

- . Hammaddelerin tanımı ve özellikleri
- . Çamur hazırlanması
- . Şekillendirme
- . Kurutma
- . Bisküvi Pişirim
- . Sırlama
- . Sır Pişirim

Üçüncü bölümde ise, teorik bilgilere dayalı olarak yapılan uygulamalı çalışmalar "Sert Porselen Çamur ve Sırının Uygulamalı olarak Araştırılması" başlığı altında yer almıştır.

Yapılan çamur ve sır araştırmaları sonucunda beyazlık, yarı saydamlık, gözeneksizlik gibi karakteristik özellikleri taşıyan sert porselen ürünleri geliştirilmiştir. Ayrıca çamur ve sır oksitler ile renklendirilerek - yüksek sır pişirim derecesinin ( $\sim 1400^{\circ}\text{C}$ ) renk olanaklarını kısıtlamasına rağmen - değişik renk tonlarında ürünler elde edilmiştir.

## S U M M A R Y

Porcelain has been a superior material from its first manufacture on until now and has been used throughout time. It is used in daily life for tableware as well as for goods used in the technical field.

The present paper covers theoretical and practical researches about manufacture of tableware and artware of hard porcelain.

Part I covers the definition of porcelain, its history, types and qualities.

In Part II the production of hard porcelain is described. Industrial porcelain is defined under following headings:

- . Definition of raw material and its particulars
- . Body preparation
- . Shaping
- . Drying
- . Bisquit firing
- . Glazing
- . Glost firing

In Part III under the heading "Practical researches on hard porcelain body and glaze" practical work is described based on theoretical informations.

Due to researches on body and glaze it has become possible to produce hard porcelain goods of a specific whiteness, transparency and unporousness. Although during firing at high temperatures ( $\sim 1400^{\circ}\text{C}$ ) the variety of colours obtained with oxides are limited, goods of different colour shades can be obtained nowadays.

## GİRİŞ

### 1. SORUNUN BELİRLENMESİ

Çağımızda üstün nitelikleri, önemi ve yaygınlığı tartışılmaz bir malzeme olan PORSELEN; ilk olarak Uzak Doğu'da Çinliler tarafından pekişmiş bir çini çamurunun geliştirilmesi ile bulunmuştur.

Avrupa'da - ticaret yolu ile ulaşarak büyük bir hayranlık uyandıran - Çin porselenini üretmek için çeşitli araştırmalar başlatılmıştı. Karşılaşılan büyük zorluklardan biri hammaddelerin farklı olması, diğeri ise porselen yapım tekniğinin bilinmemesiydi.

Günümüze dek süregelen bu araştırmalar sonucunda porselen üretim teknolojisinde büyük gelişmeler kaydedilmiş olmakla beraber, hammaddelerin üretimdeki belirleyici özelliği halen önemini korumaktadır.

### 2. AMAÇ

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki uygun hammaddeleri kullanarak sert porselen çamur ve sırlarının araştırılması ile beyazlık, yarı saydamlık, gözeneksizlik gibi karakteristik nitelikleri taşıyan daha kaliteli sert porselen ürünler elde etmektir. Bunun yanısıra hem farklı görsel etki yaratmak ve hem de üretim hatalarının giderilmesine yardımcı olmak amacıyla çamur ve sırların renklendirilmesi de çalışmada yer almıştır.



### 3. ÇALIŞMANIN SINIRLILIKLARI

Porselen terimi birçok değişik bünyeyi kapsamına almaktadır. Bu çalışmada porselen tanımı ve tarihçesine genel olarak değinildikten sonra, konu sert porselen üretimi üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Çeşitli ülkelerde üretilen sert porselen ürünlerin kalitelerini belirleyen en önemli faktörler; kullanılan hammaddelerin saflık derecesi, şekillendirme yöntemi ve pişirim teknolojisidir. Bu araştırmanın uygulama çalışmaları, Türkiye hammadde ve üretim koşulları içinde, döküm ile şekillendirme yöntemi seçilerek sofraya ve süs eşyası ürünleri üzerinde yapılmıştır.

### 4. YÖNTEM

Çalışmada yöntem olarak teorik ve uygulamalı bir yol izlenmiştir. Birinci bölümde, genel olarak porselen, tarihçesi ve özellikleri; İkinci bölümde ise sert porselen üretimi ele alınmıştır. Teorik verilere dayalı olarak yapılan uygulamalı laboratuvar araştırmaları ve bunların sonuçları "Sert Porselen Çamur ve Sırının Uygulamalı Olarak Araştırılması" başlığı altında Üçüncü bölümde yer almıştır. Uygulama çalışmaları, Üniversite imkanlarının kısıtlı olması nedeniyle, sert porselen sofraya ve süs eşyası üretimi yapılan bir fabrikada gerçekleştirilmiştir.

## BÖLÜM I

### 1. PORSELEN

#### 1.1. Porselenin Tanımı

Porselen (Alm. Porzellan, Fr. Porcelaine, İng. Porcelain).

Porselenin vatani Çin olmakla birlikte, bu seramik ürünün adı Çin kaynaklı değildir. "Çince'de porselene Yao adı verilir"(1).

"Çinlilerin kullandığı porselen tanımı, vurulduğunda berrak bir çınlama sesi çıkaran her mamüle verilen bir addı; beyaz ya da yarı saydam olmaya-bilirdi. Anlaşılsın diye en basit olarak beyaz yarı saydam mamüller porseleni ... ifade etmektedir"(2).

Başka bir kaynakta şu tanımlama yer almaktadır: "Çince'de porselen terimi, hafifçe vurulduğunda çınlama sesi çıkaran madde anlamına gelen "tz'ü" dur; sertlik ve tınlama Çin işlerinin başlıca özelliğini oluşturmaktadır"(3).

Porselen sözcüğü Portekizceden gelir (Porcellana). Porcellana Portekiz-

- (1) Ateş Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", İstanbul 1983, Marmara Üniv.Güz. San.Fak. Yayınları, s.132.
- (2) Emmanuel Cooper, "A History of World Pottery", 2.B., New York 1981, Larousse and Co.Inc., s.49.
- (3) Peter Lane, "Studio Porcelain", Pennsylvania 1980, Chilton Book Company, s.13.

ce'de, Afrika ve Asya'nın bazı bölgelerinde, bir cins beyaz, küçük deniz salyangozu kabuğunun adıdır(4). Marco Polo'nun bu kabukla olan benzerlikten dolayı mamüle "porselen" (porcelaine) ismini verdiği söylenmektedir(5).

"Seramik Sözlüğü"nde porselen; "Kaolin, kuvars, feldspat ve beyaz kil ile belirli oranlarda yapılan karışımla hazırlanan sıvı ve gazları geçirmez yarı saydam, genel olarak beyaz renkte vitralaşmış seramik mamülünün genel adı" olarak tanımlanmaktadır(6).

Çeşitli kaynaklarda yer alan porselen tanımlamaları sonuçta porselenin belirgin nitelikleri gözönüne alınarak yapılmaktadır. Tüm bu tanımlamaların sonucunda seramik grubunun üstün nitelikli bir ürünü olan porselen "Kaolin, beyaz pişen kil, kuvars ve feldspatın uygun oranlardaki karışımından oluşmuş; gözeneksiz, yarı saydam, ince ve beyaz renkte, vitralaşmış (pekişmiş) seramik mamül" olarak tanımlanabilir.

## 1.2. Porselenin Tarihçesi

İlk gerçek ya da sert porselen (hard-paste), Çinliler tarafından Tang döneminde (M.S.618-906) bulundu ve geliştirildi. Bununla birlikte "proto-porselen" olarak tanımlanan sert, yarı porselenimsi mamül bundan bir kaç yıl önce Han sülalesi dönemi (M.S.25-220) sonları boyunca üretilmiş ve daha sonraları yavaş yavaş incelenerek gerçek porselene dönüşmüştür(7).

Çin porseleni, Avrupa'daki durumun tersine pekişmiş bir çini çamurunun geliştirilmesiyle olmuştur. Beyaz pişen hammaddeleri işleme geliştikçe ve daha yüksek sıcaklıklarda pişirim olanaklarının sağlanmasıyla daha beyaz ve yarı saydam mamüller üretilmiştir.

---

(4) Nurdan Erbahar, "Çin Porselenleri", İstanbul 1984, Yapı ve Kredi Bankası: Topkapı Sarayı Müzesi:11, s.3.

(5) Peter Lane, "Studio Porcelain", s.13.

(6) Faruk Şahin, "Seramik Sözlüğü", İstanbul 1983, Formül Matbaası, s.29.

(7) Peter Lane, a.g.e., s.11.

"Gerçek porselen Çin kili (kaolin) ve Çin taşı (petuntse) karışımının 1250°-1300°C arası sıcaklıkta pişirilmesiyle yapılmıştır... Bu tekniğe muhtemelen T'ang çömlekçileri hakim idiyse de, onlar tarafından kullanılmadı; tamamen Sung ve Ming çömlekçilerinin geliştirmesine bırakıldı"(8).

Sung sülalesi döneminde (M.S.960-1279), çömlekçiler porselen yapım sanatında gittikçe uzmanlaştılar. Amaçlarından biri güçlülük ve dayanıklılık bakımından yeşil yeşim taşına benzer nitelikte porselen yapmaktı. Bunu da başardılar. İnce beyaz ve mavi porselenler yapmışlardır(9). Ting mamülü özellikle saray tarafından himaye edilmiş ünlü Sung ürünlerinden biridir. Bu ince beyaz porselen teknik olarak mükemmeldi ve görsel olarak büyüleyici bir sadeliğe sahipti(10).

Ch'ing pai mamülleri gerçek porselenlerdi ve Ting mamüllerinin güneysel kopyalarıydılar. Soluk mavi ya da soluk yeşil sırlı bu mamüllerin bisküvisi yüksek, sır pişirimi daha düşüktü. Formlar oldukça zarifteler. Bu mamüle çok uyan Çinlilerin bir çömlek tanımı: "Yağmurdan sonraki gökyüzü gibi mavi, ayna gibi berrak, kağıt gibi ince, müziksel bir yeşim taşı gibi tınlaması olan" şeklindedir(11). Ayrıca bu dönem seladonları ile de ünlüdür. Bu isim 17.yüzyıl Fransız oyununda devamlı yeşil giysiler giyen bir karakter olan Celadon'dan gelmektedir. Seladonların en önemli grubu, kuzeyde yapılmış ve kuzey seladonları olarak bilinen, transparant koyu parlak zeytin yeşili sırlı ve üzeri ince çiçek desenleriyle dekorlanmış mamüllerdi. Bunların güneyde yapılanları içinde Lung-ch'uan seladonları en ünlü ve büyük grubu oluşturmaktaydı. Japonya, Orta Asya, İran, Hindistan, İran Körfezi, Mısır ve Afrika'ya ihraç edilmişlerdir(12).

---

((8) E.Cooper, "A History of World Pottery", s.49.

(9) E.Cooper, "Seramik ve Çömlekçilik", Çev. Ömür Bakırer, 1.B., İstanbul 1978, Remzi Kitabevi Yayınları, s.23.

(10) E.Cooper, "A History of World Pottery", s.50.

(11) A.g.e., s.52-53.

(12) A.g.e., s.51-52.

Yuan sülalesi dönemi (M.S.1280-1367) boyunca, Shu-fu olarak adlandırılan, ince beyaz porselenlerin gelişiminin devamı olan, yeni bir mamül üretilmiştir. Shu-fu porseleni, Ching-te-Chen yakınlarında üretilen opak açık mavimsi-yeşil renkte sırlı porselendi ve ince Ming porselenlerinin öncülerindendi(13).

Ming sülalesi döneminde (M.S.1368-1644) ise çömlek üretiminde önemli gelişmeler olmuştur. Saf beyaz porselen devlet kontrolünde kurulmuş İmparatorluk fabrikasında üretilmiş, sır-altı ve sır-üstü renklerinin birlikte kullanımıyla renk ortaya çıkarılmış ve tek renkli sırlın yerini almıştır. Bu dönemde dekorasyonda yeni teknikler bulunarak çok renkli dekorasyonlu porselenler üretilmiştir. Dönemin mavi-beyaz porselenleri oldukça ünlüdür. Orta-Doğu'dan kobalt ithal edilerek dekorasyonda kullanılmıştır. Beyaz sırlı bünye ve mavi boyalı dekorasyon oldukça hayranlık uyandırıyor-du. Bu dönemin porselenleri teknik açıdan tekrarlanamayan bir üstünlüğe sahip olmuşlardır(14).

Ch'ing sülalesi döneminde (M.S.1644-1912), Swatow, Yi-hsing ve Blanc-de-Chine üç önemli mamül grubunu oluşturmaktaydı. Swatow mamülü, 17.yy. boyunca yapılmış; sonraları yeşil ve kırmızı renkli sır-altı ve sır-üstü dekorasyonun birlikte kullanıldığı, ince dekorlu, kalıplaşmış yerel özellikler taşıyan porselendi. Büyük miktarda Japonya'ya ihraç edilmişlerdi. Geç 17.yy. ve 18.yy.da yapılan Yi-hsing ve Blanc-de-Chine mamülleri de büyük miktarlarda Avrupa'ya ihraç edilmişlerdir. Yi-hsing'ler sırlanmamış mamüllerin en büyük grubunu oluşturuyorlardı. Blanc-de-Chine ise oldukça pekişmiş, yarı saydam ve süt beyazı renkli düşük dereceli bir porselen bünye olarak çok değişik bir üründü(15).

Çinliler yüksek pişirimli mamüllerinin sırrını sıkı bir şekilde korudular. Kore'de ve Tayland'da da göze çarpan işler yapılmasına rağmen, bu ülkelerin porseleni geliştirmesi 10.yy.dan sonradır(16).

(13) E.Cooper, "A History of World Pottery", s.53.

(14) A.g.e., s.53-55.

(15) A.g.e., s.56-57.

(16) Peter Lane, "Studio Porcelain", s.15.

Kore çömlekleri Çin kültürünü yansıttıkları gibi Japonya'ya Çin etkilerini taşımışlardır. Birçok mamülün Çin'de yapılanlarla olan benzerliklerine rağmen, Koreli çömlekçiler farklı bir şekilde kendilerine özgü teknikleri ve üslupları geliştirdiler ve ulusal kültürlerini yansıttılar. Koryo sülalesi zamanında (M.S.918-1392), Koreli çömlekçiler kendi üsluplarını geliştirmeye başladılar ve 100 yıllık bir geçiş döneminden sonra Sung sülalesinin tekniklerinin ve üsluplarının izlerini taşıyan mamüller yapıldı. Bunların içinde Çin'in kuzey seladonları ile benzerlik gösteren çeşitli seladon sırlı mamüller oldukça güzeldi. Ancak genelde mavimsi kalaylı bir sır kullanılmıştı. Çin'in zarif Ch'ing pai mamülleri gibi Ting mamülleri-ne benzer porselenler de yapılmaktaydı(17).

Yi sülalesi döneminde (M.S.1392-1910), Koryo seladonları beyaz porselenin yanısıra yapılmaya devam etmiş ve teknik açıdan çok az gelişme olmuştur. Asyalı bu ülkelerde Çin etkileri açıkça görülebildiği halde kendilerine özgü kişiliklerini kazanmışlardır. Koreli çömlekçiler Çin etkileri taşıyan kendi üsluplarını geliştirirken, Japon çömlekçiler Çin'den etkilenmekle birlikte daha yumuşak ve natüralistik bir anlayışa sahip olarak mamüller ürettiler(18),(19).

Japonya'da, 17.yy.da Arita yakınlarında porselen kilinin bulunmasına kadar porselen yapılamadı. Bundan hemen sonra Arita'da porselen üretimi başlar. Japon porselenlerinde üslup erken Kore (Yi sülalesi) rehberliğinde hızla olgunlaşmıştır ve daha sonraları Çin'in Ming sülalesinin renkli porselenlerinin kuvvetli etkileri görülür(20),(21).

Edo dönemi boyunca (M.S.1615-1868), Arita, porselen üretiminin merkezi olmuş ve Japon mamülleri Ching-te-Chen'e eşdeğer hale gelmiştir. Japonların mavi-beyaz porselenleri teknik açıdan Ming mamüllerine benzerdi; ancak oldukça farklı bir tarzda boyanmışlardı.

---

(17) E.Cooper, "A History of World Pottery", s.57-58.

(18) A.g.e., s.58.

(19) P.Lane, "Studio Porcelain", s.15.

(20) E.Cooper, a.g.e., s.61.

(21) Herbert H.Sanders, "The World of Japanese Ceramics", 7.B., Tokyo 1972, Kodansha International Ltd., s.44.

17.yy.'ın ortalarında, Kakiemon Sakaida adlı bir çömlekçi tarafından, porselen üzerine sır-üstü renkli dekorasyon mükemmelleştirildi. Ve bu teknik tüm Arita bölgesi boyunca yayıldı. Bu tip dekorasyonlu ilk Arita porselenleri batıya İmari limanından ulaşmış ve bu nedenle Batı'da "İmari mamülü" olarak bilinmiştir. İmari mamülü, sır-altı mavi porselenlerdi. Renkli dekorasyon tekniği Kakiemon mamüllerinde kullanılmıştır. Yumuşak kırmızılar, sarılar ve maviler mavi ve beyaz porselenlerin simetrik desenlerinde kullanılmışlardır. Bu mamüllerin çoğu İngiltere'de Derby ve Worcester'daki fabrikalar tarafından kopya edilmişlerdir. Bu zamanın diğer mavi ve beyaz mamülleri ile renkli dekorasyonlu porselenleri, Mikawachi'de üretilmiş olan Nabeshima (İmari olarak da bilinir) ve Hirado'dur. Kutani'de de sır-üstü renkli dekorasyonlu porselen üreten fırınlar kurulmuştur. Arita ve Kutani, yüzlerce yıl ileri gelen porselen üretim merkezleri olmuştur(22),(23).

Porselen teknikleri Japonya'da her yerde yavaş yavaş gelişmiş ve 17.yy.ın başlarında Seto'da, sır-üstü renkli dekorasyonlu porselen üretimi başlamıştır. 19.yy.ın başlangıcında, Seto, porselen üretiminde Arita'dan sonra ikinciydi. 19.yy.ın ortalarına doğru, başlarda sadece üst sınıf için olan porselen üretimi tüm sınıftan insanların yaşamlarının bir parçası haline gelmişti(24).

1295 yılında, Marco Polo'nun Çin'den Venedik'e dönüşünde beraberinde getirdiği porselenlerin Avrupa'ya ulaşan ilk porselen örnekleri olduğu kabul edilmektedir(25).

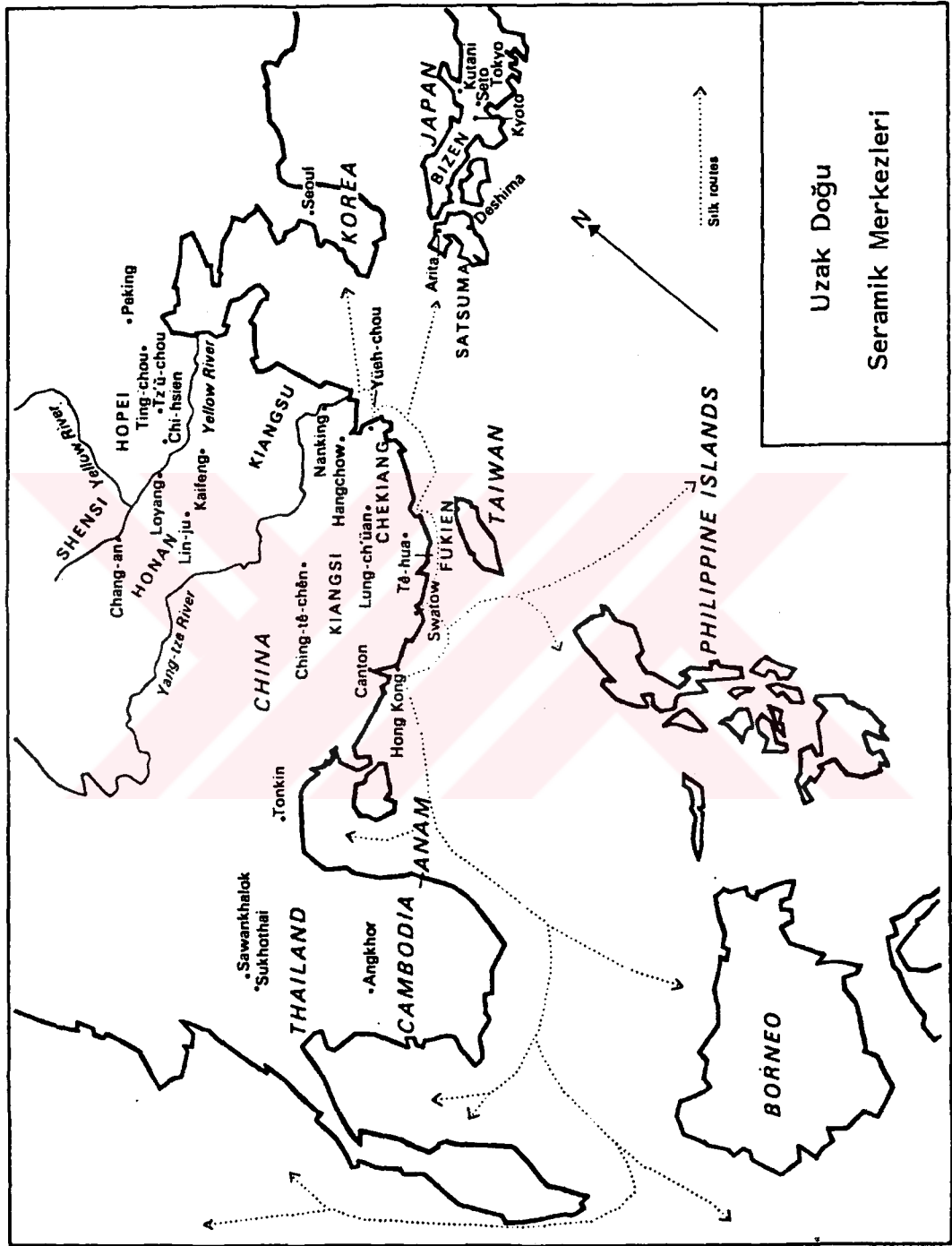
Avrupa'ya ilk gelen Çin kaynaklı porselenler büyük bir hayranlık uyandırmış ve Çin porselenlerini taklit etmek için çalışmalar başlamıştı. Karşılaşılan en büyük zorluklar hammaddelerin farklı olması ve Çin porselen yapım tekniğinin bilinmemesiydi. Çin yazılı kaynaklarında, porselen yapımı hakkında felsefi açıdan söz edilmekteydi; bu yüzden Avrupa'da kimyasal ve minerolojik kaynaklar hakkında bilgi elde edilemedi.

(22) E.Cooper, "A History of World Pottery", s.61.

(23) H.H.Sanders, "The World of Japanese Ceramics", s.44,53.

(24) A.g.e., s.53.

(25) Hugh Tait, "Porcelain", London 1962, Paul Hamlyn Ltd., s.7.



RESİM 1



## UZAKDOĞU

### ÇİN

#### T'ANG SÜLALESİ (M.S.618-906)

İlk sert porselen yapımı.  
Ching-te-Chen merkez.

#### SUNG SÜLALESİ (M.S.960-1279)

Teknik gelişmeler,  
Ting mamülü; ince beyaz porselen,  
Ch'ing pai mamülü; soluk mavi veya so-  
luk yeşil sırlı porselen.  
Seladon yapımı. Lung-ch'uan seladon-  
ları.

#### YUAN SÜLALESİ (M.S.1280-1367)

Shu-fu porseleni; opak açık mavimsi-  
yeşil sırlı porselen.

#### MİNG SÜLALESİ (M.S.1368-1644)

Teknik ve estetik olarak mükemmellik.  
Mavi-beyaz porselen üretimi  
Porselen üzerinde sır-altı ve sır-üstü  
renklerin birlikte kullanımını ile çok  
renkli dekorasyonun geliştirilmesi.

#### CH'ING SÜLALESİ (M.S.1644-1912)

Swatow, Yi-hsing, Blanc-de-Chine ma-  
mülleri.

### JAPONYA

17.yy.Arita yakınlarında porse-  
len kili bulunması ve porselen  
üretimine başlaması.

Kore ve Çin porselenlerinin  
teknik ve dekorasyon etkileri  
görülür.

Arita, Kutani ve Seto porselen  
üretim merkezleri.

Mavi-beyaz porselen üretimi.

17.yy. ortalarında, Kakiemon  
Sakaida, porselen üzerine sır-  
üstü renkli dekorasyonu gelişt-  
tirir.

İmari mamülü.

Kakiemon mamülü.

### KORE

#### KORYO SÜLALESİ (M.S.918-1392)

Sung porselenlerinin etkilerini  
taşıyan porselen mamüller üreti-  
mi.

Mavimsi-kalaylı sırlı seladon  
üretimi

#### Yİ SÜLALESİ (M.S.1392-1910)

Teknik açıdan az gelişme görü-  
lür.

Beyaz porselen yapımı yanısıra  
seladon üretimi devam eder.

Avrupa'da porselen yapımı üzerine ilk denemeler birbirini etkileyen cam ve topraklı maddelerin çeşitli karışımları üzerine yoğunlaşmıştı. "Lattimo"ya da süt camı Romalılardan bu yana yapılmaktaydı. Venedikliler, kalay-oksit katkısıyla opaklaşmış beyaz bir cam olan "sahte porselen"i ("porcellana contrefatta") üretirlerken, 16.yy.ın son yarısında Floransa'da, 1575'de, Medici Ailesinin yönetiminde bir çeşit yumuşak porselen kum, kaya kristali ve beyaz kilden yapılıyordu. Bu camımsı maddeler karışımın ya da bünyenin Doğu'nun gerçek ya da sert porseleninden daha düşük sıcaklıklarda erimesini sağlıyordu(26).

1609 yılında kurulan "Doğu Hindistan-Hollanda Şirketi" büyük miktarlarda seladon ile mavi-beyaz Çin porselenlerinden (Ming dönemi) ithal etti. Hollanda'da bu porselenlerin desenlerini taklit etmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Delftli çömlekçiler, beyaz kalay sırlı alçak derecede pişen mamül üzerine Çin üslubuna oldukça benzer desenler üretmeye başladılar. Mamüllerinde kobalt mavisi fırça desenleri kullanmışlardır. Daha sonraları porselene benzer parlak yüzeyler oluşturmak için bazı parçalara şeffaf kurşunlu bir sır katı daha atılarak "Kwaart" olarak adlandırılan daha iyi imitasyonlar oluşturuldu. Delftli çömlekçiler hiç bir zaman porselen üretmeye çalışmadılar, çömlekçi mamüllerinde benzer desenleri sundular(27).

1618-1648 yılları arasında Avrupa'da savaşlar nedeniyle yaşanan sıkıntılı günler porselen yapımı için araştırmalara da kısıtlama getirir. Bu sıkıntılar atlatıldıktan sonra Avrupa'ya yeniden Doğu porselenleri akını başlar. Bu arada araştırmalar da yeniden başlatılmıştır(28).

İngiliz çömlekçiler de porselenin hammaddelerini arıyorlardı ve muhtemelen Fulham Çömlekçilikten John Dwight, 1671'de, "porselen, Çin ya da İran mamülü olarak bilinen saydam toprak mamülü (earthenware) yapmak için patent alarak başarıya en yaklaşan kişi oldu. Ama gerekli ısıyı sağlayıp, kontrol edebilme olanağına rağmen, "petuntse" maddesine dikkat etmemesi çalışmalarında yanılığa düşmesine neden olmuştur(29).

(26) P.Lane, "Studio Porcelain", s.16.

(27) A.g.e., s.15-16.

(28) H.Tait, "Porcelain", s.11.

(29) P.Lane, a.g.e., s.18.

Bundan iki yıl sonra 1673'de, Rouen'de, Louis Poterat adlı Fransız seramikçisinin porselen üretimi için patent aldığı görülür. Ancak sırrını kimseye kaptırmamak için tek başına çalışan Poterat'ın ölümüyle (1696) tüm araştırmalar da karanlıklara gömülür. Bu arada Avrupa'nın çeşitli yerlerinde diğer araştırmacılar da faaliyet göstermektedirler. 1695 yıllarında, Fransa'da St.Cloud kentinde, Réamur ve Morin tarafından cam kullanılarak yumuşak porselen (pâte-tendre) yapılmıştır. Paris yakınlarında St.Cloud'da yeni bir porselen fabrikası kurulmuş ve bu fabrikada "Çinlilerinkine kadar mükemmel" porselen üretilmiştir(30).

Çinlilerin tarzında yüksek ısıda pişirilmiş gerçek porselenin üretimi - genelde sert porselen olarak da bilinir - Avrupa'da ilk defa 18.yy.ın başlarında yapılabildiği görülmüştür. Saksonya Elektörü II.Augustus'un himayesinde Tschirnhaus ile Böttger sert porselen yapımı için araştırmalara başlarlar. Başarıya ulaşılmasına çok yakinken Tschirnhaus'un ölümü ile Böttger tek başına çalışmalara devam eder. 1709'da, Johann Friedrich Böttger adlı Alman kimyacısı sert porselen yapımının sırrını bulmuştur. Bu buluşun temelleri üzerine 1710'da Dresden yakınlarında Meissen'de "Saksonya Kraliyet Porselen Fabrikası" kurulur, önceleri Kraliyet ailesi için üretim yapılan fabrikada 1713'te ticari üretim başlamıştır(31),(32),(33).

Porselenin kompozisyonunu ve diğer teknik bilgileri korumak için alınan sıkı önlemlere rağmen, Meissen üretiminin sırrını koruyamadı. 1720'lerden başlayarak rakip hareketler Viyana ve Venedik'te başladı ve kısa zamanda Meissen formülünü uygulayan bir fabrikalar zinciri oluştu. Avrupa'nın diğer yerlerinde de porselen üretimi krallar ve prensler tarafından desteklenerek devam etti. Viyana-Augarten (1720), Main-Höchst (1740), Fürstenberg (1743), Berlin (1750), Frankenthal (1755), Münih-Nymphenburg (1758), St.Petersburg (1756), Kopenhag (1772)(34),(35).

---

(30) H.Tait, "Porcelain", s.11,12.

(31) P.Lane, "Studio Porcelain", s.17.

(32) E.Cooper, "A History of World Pottery", s.131.

(33) H.Tait, a.g.e., s.12-13.

(34) P.Lane, a.g.e., s.17.

(35) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.132.

1700'lerden önce yumuşak porselen (pâte-tendre) ya da suni porselen Fransa'da yapılmaktaydı. Bu mamüller, gerçek porselenin yapılmaya başlamasından bir süre sonra da ilgi alanlarını korudular. Ancak gerçek sert porselen (pâte-dure), Alençon ve Limoges yakınlarında kaolin yataklarının bulunmasıyla Fransız endüstrisinin hızlı bir gelişmeye girdiği, 1768 yılına kadar geliştirilemedi. Sevres'te kral tarafından kurulan ve diğer Fransız fabrikalarını geride bırakan "Kraliyet Fabrikası"nda zaman zaman sert ve yumuşak porselen üretilmiştir(36).

İngiltere'de yumuşak porselen 1745 gibi erken bir tarihte üretilmeye başlamıştır, ancak burada kraliyet himayesi görülmez. İlk yumuşak porselen fabrikası, 1745'te, Nicholas Sprimont tarafından Chelsea'da kurulur. Plymouth'lu, Wiliam Cookworthy, Çin kili (kaolin) ve Cornish stone'nun (petuntse yerine kullanılan) Cornwall'deki büyük yataklarını buldu ve İngiltere'de, 1768'de, ilk gerçek porseleni üreten kişi oldu, bu Böttger'in başarısından 60 yıl sonraydı. Sert porselen yapımında başarılı olan üç İngiliz fabrikası Plymouth, Bristol ve New Hall'deydiler(37),(38).

Bu arada İngiltere'de "çıkartma tekniği" bulunarak porselenler bu teknikle daha seri olarak dekorlanabilmişlerdir. Wedgwood'da alçak derecede pişen mamüller (earthenware) üzerine bu tekniği uygulamaya başlar. İngiliz seramik endüstrisini ilgilendiren esas yenilik, 18.yy.ın sonlarına doğru, Josiah Spode tarafından bir çeşit melez porselenin geliştirilmesiydi. Gerekli sert porselen maddelerine kalsine edilmiş kemik küllerinin eklenmesiyle "kemik porselen" ("bone china") olarak bilinen, beyazlık ve ışık geçirgenlik özelliklerini taşıyan, porselen üretildi(39),(40).

Sonuç olarak, Avrupa'da Doğu etkisiyle önceleri form ve dekorasyonda görülen etkiler daha sonraları porselenin teknik olarak da aynen yapılması çalışmalarını kapsar. Bu arada daha düşük derecede pişirilen yumuşak por-

---

(36) P.Lane, "Studio Porcelain", s.17.

(37) A.g.e., s.18.

(38) E.Cooper, "A History of World Pottery", s.132.

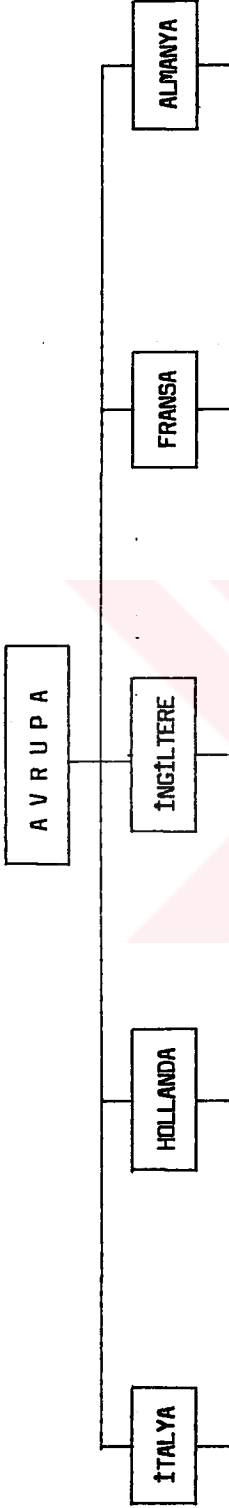
(39) H.Tait, "Porcelain", s.35.

(40) P.Lane, a.g.e., s.18.

selen bulunur ve sonunda gerçek sert porselen yapımı gerçekleştirilir. Zaman içinde, Avrupa porselen geleneği kendi kimliğini kazanır. Günümüzde de çeşitli porselen türlerinin üretimi Avrupa'da daha da gelişmiş olarak devam etmektedir.



RESİM 2. Avrupa'daki ünlü porselen fabrikaları.



**İTALYA**  
1295'de Marco Polo ile ilk porselen örnekleri gelir. Taklit çalışmaları başlar. Venedikliler, sahte porselenleri ("porcellana contrefatta") üretirler. 1575'de, Medici Ailesi bir tür yumuşak porseleni üretir.

**HOLLANDA**  
Doğu Hindistan-Hollanda şirketi porselenleri tüm Avrupa'ya bu ülke limanlarından ulaştırmıştır (Amsterdam ve Antwerp). Delft mamülü olarak adlandırılan, dekorasyon ve görünüm olarak porselene benzer, mamüller üretilirdi. Teknik olarak porselen yapılmamıştır.

**İNGİLTERE**  
1671'de John Dwight, saydam earthenware üretiminde başarılı olur. 1745'de, yumuşak porselen üretimi gerçekleştirilir. 1768'de, William Cookworthy sert porselen yapımında başarılı olur. Porselen üzerine "çıkartma tekniği" ile dekorasyon gerçekleştirilir. 1794'te, Josiah Spode "kemik porselen" üretimini gerçekleştirir.

**FRANSA**  
1673, Louis Poterat, porselen üretimi için çalışır, ancak sonuçsuz kalır. 1695'de St.Cloud'da, Re'amur ve Meun yumuşak porseleni üretirler. 1768'de sert porselen üretimi gerçekleştirilir.

**ALMANYA**  
1709'da ilk sert porselen üretimi gerçekleştirilir. (Friedrich Böttger tarafından). 1710'da, Meissen'de "Saksonya Kraliyet Fabrikası" kurulur.

Türkiye'de ilk porselen yapımı girişimleri, Osmanlı devrinde, İstanbul'da başlamıştır. İstanbul'da 18.yy.dan itibaren Galata, Eyüp ve Balat'taki küçük atölyelerde porselen de yapılmaktaydı. Batı tekniğinde ilk porselen üretiminin Sultan Abdülmecid (1839-1861) zamanında yapıldığı belirtilir. Beykoz'da kurulan fabrikanın İstanbul'daki gerçek anlamda ilk porselen fabrikası olduğu kabul edilir ve mamüller "Eser-i İstanbul" damgalıdır(41). Bu fabrikada Viyana ve Saksonya porselenleri örnek alınarak ilk yerli porselenler üretilmiştir. Damgaları olmazsa onlardan ayırt edilemedikleri söylenmektedir(42).

Eser-i İstanbul fabrikasının kapanmasından sonra Sultan II.Abdülhamid, Fransızların yardımıyla 1890-1891 yıllarında, Yıldız Sarayı dış bahçesinde yeni bir fabrika yaptırır. Bu fabrikada üretilen porselenlerin tümü damgalı ve tarihlidir(43). Fabrika 1962 yılında "Sümerbank Yıldız Porselen Sanayii Müessesesi" adıyla yeniden üretime başlamıştır.

1954 yılından sonra Türkiye'de porselen ve seramik sanayiinin kurulması çalışmaları başlamıştır. Özel teşebbüsün yanında devlet de harekete geçer. Sümerbank Yıldız Porselen Fabrikası 1961, İstanbul Porselen Fabrikası 1963, Sümerbank Yarımca Seramik Fabrikası 1968, Kütahya Porselen Fabrikası 1977 yılında işletmeye açılmışlardır. Bu fabrikalar günümüzde de daha gelişmiş olarak üretimlerine devam etmektedirler(44).

### 1.3. Porselen Çeşitleri

Porselen pişme sıcaklığına göre ikiye ayrılır:

- . Sert Porselen (Fr. pête-dure, İng. hard-paste)
- . Yumuşak Porselen (Fr. pête-tendre, İng. soft-paste)

---

(41) Nedret Bayraktar, "İstanbul Cam ve Porselenleri", İstanbul 1982, Yapı ve Kredi Bankası: Topkapı Sarayı Müzesi: 8, s.3.

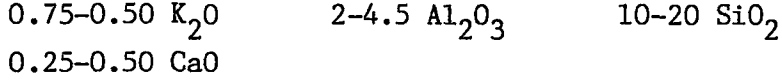
(42) A.g.e., s.4-5.

(43) A.g.e., s.5-6.

(44) Hans Friedl, "Porselen", 8.B., 1973, İstanbul Porselen Sanayii A.Ş., s.79-80.

Porselen literatürde üç ayrı şekilde sınıflandırılmaktadır.

A. Seğer'e göre: SK 7-16 (1230°-1460°C) arasında olgunlaşan ve aşağıdaki Seger formülüne uygun seramik bünyelerdir.



B. Pişme Metodlarına göre:

a. Yumuşak Porselen

|                         |                     |                    |
|-------------------------|---------------------|--------------------|
| <u>Bisküvi Pişirimi</u> | <u>Sır Pişirimi</u> | <u>Tek Pişirim</u> |
| Oksidatif               | Oksidatif           | Değişken           |

b. Sert Porselen

|                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| <u>Bisküvi Pişirimi</u> | <u>Sır Pişirimi</u> |
| Oksidatif               | Redüktif            |

C. Genel Sınıflandırma:

a. Sert Porselen;

Yüksek-Temperatür Porseleni, SK 12 (1350°C) ve üzeri.

Alçak-Temperatür Porseleni, SK 12 (1350°C)'nin altında.

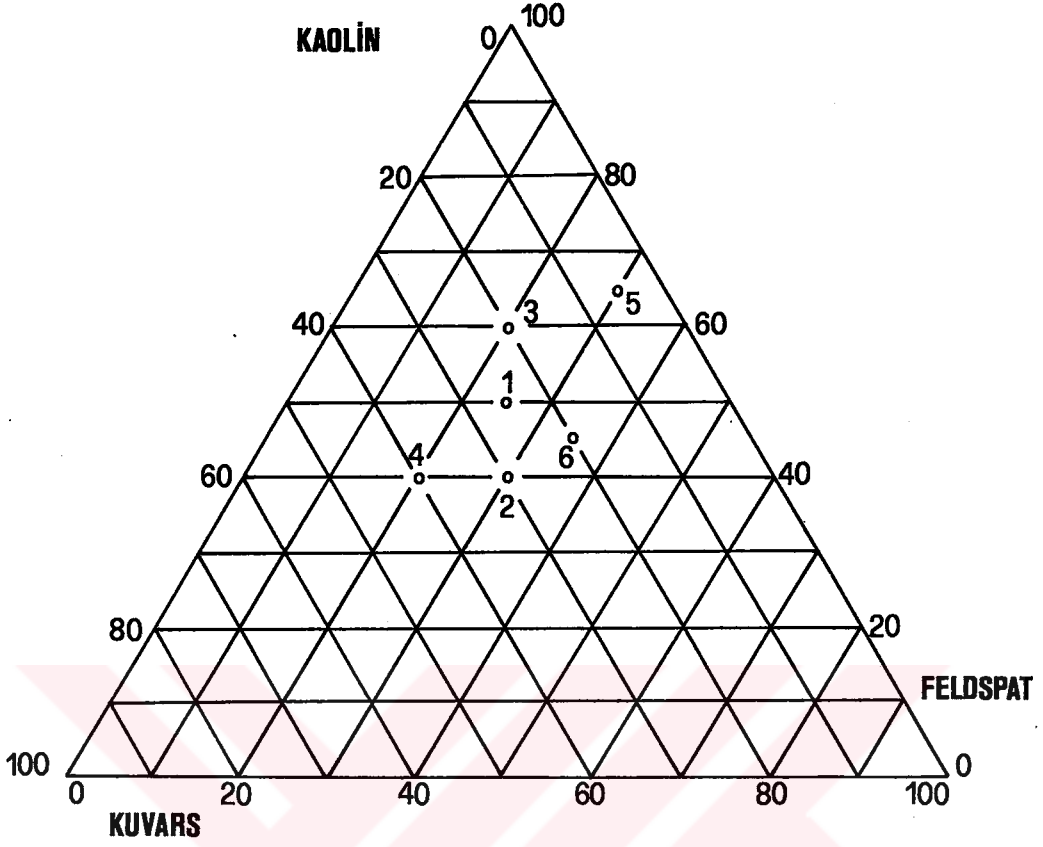
b. Yumuşak Porselen; SK 11 (1320°C)

Seger Porseleni, Amerikan sofrası çinisi, İngiliz elektriksel porseleni, Frit porseleni, Belleek çinisi, Amerikan ince çinisi, Dental porselen, Parian, Jaspas, Bazalt, Kemik porselen(45).

---

(45) Güner Sümer, "Seramik Sanayii El Kitabı", Eskişehir 1988, Anadolu Üniversitesi Yayını, s.11-12.

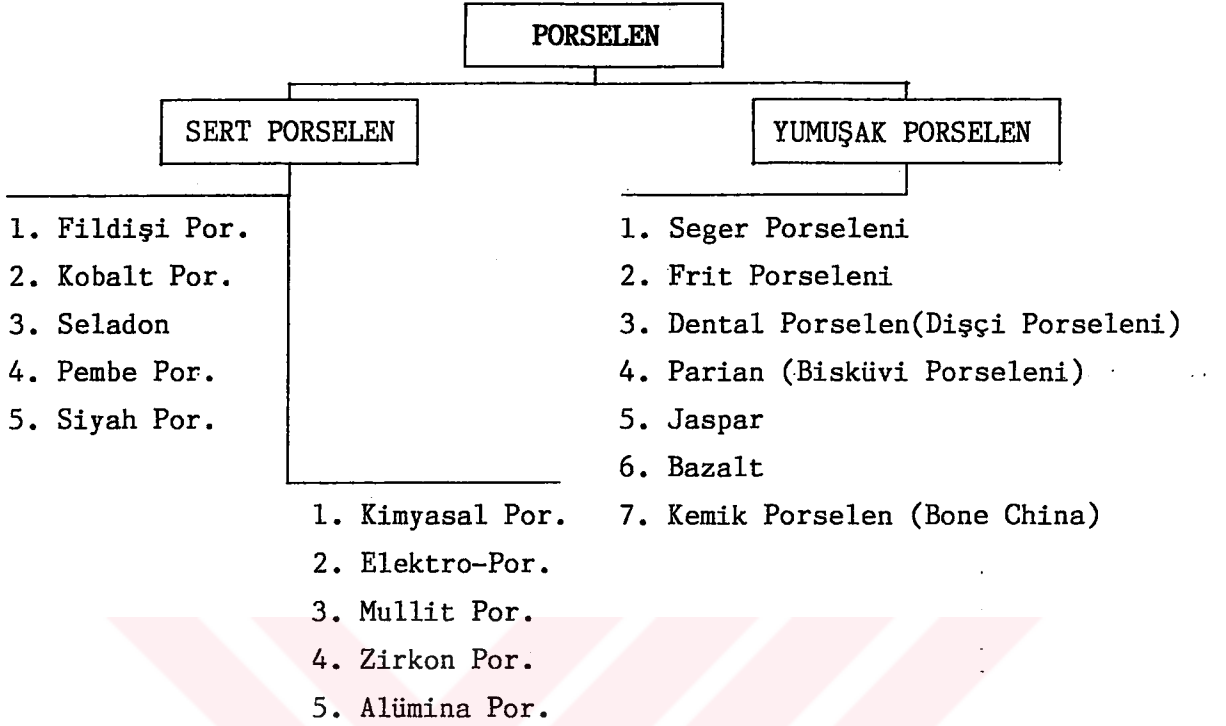




RESİM 3. Kuvars-Feldspat-Kaolin sistemi üçgen diyagramı.

Noktalara göre porselen türleri:

1. Sert porselen,
2. Yumuşak porselen,
3. Teknik porselen,
4. Mekanik dirençli elektroporselen,
5. Yalıtma güçlü elektroporselen,
6. Sağlık gereçleri porseleni.



ŞEMA 3- Porselen Çeşitleri

### 1.3.1. Yumuşak Porselen

Yumuşak porselen terimi vitralaşmış, beyaz ve yarı saydam olan birçok farklı bünyeyi kapsamaktadır. SK 12 (1350°C) nin altında vitralaşırlar. Çoğu bisküvi pişiriminde vitralaşır ve sır pişirimi daha düşük sıcaklıklarda yapılır. Sert porselene oranla daha fazla feldspat içerir ve daha düşük pişme sıcaklığı gerektirirler(46). Çin, Japonya ve İngiltere'de üretilmektedir. Bir yumuşak porselen hamuru genel olarak;

- % 25-30 kil minerali
- % 0-20 kuvars
- % 40-60 feldspat
- % 0,5-2 mermer ~ dolomit

içermektedir. Harmanlarında kullanılan hammaddelere göre alt sınıflara ayrılırlar.

(46) Felix Singer ve Sonja S.Singer, "Industrial Ceramics", London 1979, Chapman and Hall Ltd., s.451.

#### 1.3.1.1. Seger Porseleni, Amerikan Sofra Eşyası Çinisi, İngiliz Elektriksel Porseleni

Kaolin, plastik kil (ball clay), flint ya da kuvars ve feldspat (yerine pegmatit ya da nefelin syenit kullanılabilir) karışımından elde edilen bünyelerdir.

Seger porseleni diğer yumuşak porselenlerden sert porselen gibi pişirilmesiyle ayrılır. Bisküvi pişirimi SK 010 (900°C) ve sır pişirimi SK 8-10 (1250°C- 1300°C)(47).

#### 1.3.1.2. Frit Porseleni, Belleek Çinisi, Amerikan İnce Çinisi

Yüksek yüzdede fritle birlikte daha düşük miktarlarda kil, kuvars ve bazen de mermer ( $\text{CaCO}_3$ ) karışımından oluşmuş, düşük derecede pişirilmiş, yüksek bir yarı saydamlığa sahip bünyelerdir. Bu yarı saydamlık karışım-daki yüksek frit yüzdesinden dolayı oluşmaktadır.

#### 1.3.1.3. Dişçi Porseleni (Dental Porselen)

Yüksek oranda feldspat ile çok düşük oranda flint ve kil içerir. Bünye kendiliğinden sırlanır(48).

#### 1.3.1.4. Bisküvi Porselen (Parian)

Sırsız biblolar v.b. gibi mamüllerde kullanılan kendiliğinden sırlanan porselenlerdir. Yüksek oranda feldspat ve bazen de frit içerir.

#### 1.3.1.5. Jaspar

% 50'sinden fazlası baryum sülfat ve bununla birlikte kil ve flintten ( $\text{SiO}_2$ ) oluşmuştur. Bünye boyalarını son derece güzel gösterir ve bisküvi mamül olarak kullanılır.

---

(47) F.Singer ve S.S.Singer, "Industrial Ceramics", s.451,454.

(48) A.g.e., s.454.

### 1.3.1.6. Bazalt

Koyu renk (siyah) bir bisküvi bünyedir(49). Bu bünye "Mısır siyahı" olarak da adlandırılır. İngiltere'de yapılmıştır.

### 1.3.1.7. Kemik Porselen (Bone China)

Kemik porselen İngiltere'de 1794'te Josiah Spode tarafından yapılmıştır; halen İngiltere'de ince mamül yapımında kullanılmaktadır. En iyi bilinen özelliği ışık geçirgenliğidir. Sert porselene oranla daha çok çeşitli sır-altı renkleri uygulanabilir ve yumuşak sıra dolayısıyla sır-üstü renkler sert porselene oranla daha iyi nüfuz ederler. Diğer ince Avrupa sofrası eşyası mamüllerinden daha yüksek bir çarpma mukavemetine sahiptir. Geleneksel bünye kompozisyonu;

kemik külü % 50,  
kaolin % 25,  
cornish stone % 25 şeklindedir.

Az miktarlarda plastik kil (ball clay) ve flint ( $\text{SiO}_2$ ) ilave edilerek, cornish stone yerine feldspat, kemik külü yerine apatit konularak bu geleneksel harmanda değişiklikler yapılabilir(50).

### 1.3.2. Sert Porselen

Genellikle Avrupa ülkelerinde üretilmektedir, yumuşak porselene göre daha fazla kaolinit ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  içerdiğinden yüksek derecelerde pişirilmektedir(51). Gerçek sert porselen Çinlilerin sofrası ve süs eşyası mamülleri taklit edilerek geliştirilmiş, yüksek oranda potasyum alümina silikatları içeren, son derece beyaz, yarı saydam, tamamıyla vitralaşmış bir bünyedir. Porselenin mukavemet, refrakterlik (ısıya mukavemet), elektriksel izolasyon gibi teknik özellikleri anlaşılabilir mutfak eşyası (fırın mamülleri), kimya ve laboratuvar araçları, elektrik izolatörleri için özelleş-

---

(49) F.Singer ve S.S.Singer, "Industrial Ceramics", s.455.

(50) A.g.e., s.457-458.

(51) Yüksel Güner, "Seramik", İstanbul 1987, Gençlik Kitabevi, s.192.

miş bünyeler geliştirildi. Bunlar için beyazlık ve yarı saydam olma önemli değildir.

Avrupa sert porseleni esas olarak kaolin, potasyum feldspat ve kuvars karışımından oluşmuştur(52).

Sert porselen bisküvi pişirimi 900°-1000°C arasında gerçekleştirilir. Böylece bisküvi daha sonraki üretim aşamalarına hazırlanır. Sert porselen sır pişirim sıcaklığı SK 9 (1280°C)-SK 16 (1460°C) arasındadır. Sır pişiriminde yalnızca sır erimekle kalmaz, bisküvi yapısında da önemli değişiklikler olur. Bisküvi sertleşir, sıkılaşır, su emme özelliği ortadan kalkar. Sert porselen bünyeler üretim aşamasındaki değişikliklerden diğer vitrifiye bünyelerden daha fazla etkilenirler. Üretimde şunlara dikkat edilmelidir: (a) Hammadde kompozisyonları (demir kirlilikleri); (b) Hammadde rutubet yüzdesi; (c) Tane büyüklüğü; (d) Suda çözünen tuzlar ve pH değeri; (e) Hazırlanan bünyenin nem oranı. Hammaddelerin kompozisyonları ve genel karakterleri farklıdır ve bunlardan üretilen porselenlerin özellikleri de değişiklik gösterir. Özellikle safsızlıklar çok önemli ve istenmeyen etkiler yaratırlar(53).

Kilcevheri, feldspat ve kuvars mineralojik yapıları porselen türleri(54):

---

(52) F.Singer ve S.S.Singer, "Industrial Ceramics", s.464.

(53) A.g.e., s.464-465.

(54) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.140.

| Ürünün Adı   | Kilcevheri | Feldspat | Kuvars | Pişme SP | Sıcaklığı °C | Sır türü                  |
|--|------------|----------|--------|----------|--------------|---------------------------|
| Sert porselen  | 50         | 25       | 25     | 14       | 1400         | Sert por.                 |
| Kap-kaçak porseleni                                  | 47-50      | 23-20    | 27-30  | 13-14    | 1380-1400    | Sert por.                 |
| Otel porseleni                                       | 50-55      | 22-23    | 28-22  | 14-15    | 1400-1430    | Sert por.                 |
| Ateşe dayanıklı porselen (labor. ve teknik porselen) | 60-70      | 20       | 20-10  | 14-15    | 1400-1430    | Sert por.                 |
| Kuvarssız porselen                                   | 70         | 30       | -      | 14       | 1400         | Sert por.                 |
| Bisküvi porselen (sert)                              | 45         | 28       | 27     | 12-13    | 1350-1380    | -                         |
| Elektroporselen (yüksek gerilim)                     | 40         | 20       | 40     | 12-13    | 1350-1380    | Sert por.                 |
| Elektroporselen (Alçak gerilim)                      | 50         | 25       | 25     | 12-13    | 1350-1380    | Sert por.                 |
| Yumuşak porselen                                     | 35-42      | 35-30    | 23-30  | 8-9      | 1250-1280    | Yum. por.                 |
| Vitreous China (Sıhhi tesisat porseleni)             | 45         | 30       | 25     | 8-9      | 1250-1280    | Akçini (Yumuşak porselen) |
| Diş porseleni (Düğme, inci vb.)                      | 5-10       | 70-80    | 20-10  | 9-10     | 1280-1300    | -                         |
| Parian porseleni                                     | 35         | 35-40    | 30-25  | 7-8      | 1230-1250    | Akçini                    |
| Bisküvi porselen (yumuşak)                           | 35         | 35-40    | 30-25  | 7-8      | 1230-1250    | -                         |

Sert porselen terimi içinde yer alan, hammadde ve çamur reçetelerine göre farklılıklar gösteren özel bünyelerden üretilmiş mamüller de bulunmaktadır. Bunlar genellikle endüstride teknik amaçlarla kullanılırlar. Elektrik porseleni (alçak ve yüksek gerilim izolatörleri üretimi), alümina porselen (değirmen bilyaları, aşınmaya karşı dayanıklı buji başlıkları üretimi), zirkon porseleni (değirmen iç kaplamalarında), kimyasal porselen (sırlı ya da sırsız laboratuvar gereçleri üretiminde), mullit porseleni bu tip sert porselen çeşitlerindedir.

Sert porselenin çamur ve sırası çeşitli metal oksitlerinin katkısıyla boyanabilir. Böylece fildişi porselen, kobalt porselen (mavi boyalı), seladon porseleni (yeşilimsi boyalı), pembe porselen ve siyah porselen elde edilebilir. Yüksek sır pişirim sıcaklığı nedeniyle sır-altı dekorasyon ola-

nağını kısıtlamaktadır(55).

#### 1.3.2.1. Fildişi Porselen

Bu terim, genellikle sadece bisküvi pişirimi yapılmış, ancak çok sert tahta aletlerle cilalanmış sert porselen biblo ve süs eşyası mamülleri için kullanılmaktadır. Bu tip porselen üretimi Rosenthal tarafından yapılmaktadır(56).

#### 1.3.2.2. Kobalt Porseleni

Bir cam eriyiği içine kobalt-oksit katılarak sır pişirimi yapılmış beyaz porselenin üzerine işlendiği porselenlere bu ad verilmektedir. Ürün daha sonra 1400-1500°C'de tekrar pişirilmektedir. Kobalt dekorlar seramik sanatının en eski süsleme yöntemlerindedir. Eski Çin porselenlerinde bu dekorlama yöntemine rastlanmakta ve mavi renkli bu dekorlar sır üstüne eklenen renklerle (örn. kırmızı) zenginleştirilmektedir. Gerçek kobalt porselenin özelliklerinden biri dekorlu alandan dekorsuza geçişte kesin bir çizgi bulunmamasıdır(57).

#### 1.3.2.3. Seladon Porseleni

Porselen çamur veya sırasına çeşitli krom karışımları eklenerek yeşilimsi tonun oluşturulduğu porselenlerdir.

İlk seladon porseleni Çin'de Sung sülalesi döneminde üretilmiştir. 17. yüzyılda, Fransız oyunundaki daima gri-yeşil kostüm giyen karakterden dolayı mamüle bu isim verildiği bilinmektedir.

Seladonlar mavimsi yeşilden, gri-yeşil, zeytin yeşili ve martı-grisine kadar çeşitli renklerde dirler. Çinliler yeşil ya da mavi porselen anlamına gelen "Ch'ing tz'ü" terimini tüm renk tonlarını tanımlamakta kullanmışlardır(58).

---

(55) H.Friedl, "Porselen", s.3.

(56) A.g.e., s.7.

(57) A.g.e., s.7.

(58) P.Lane, "Studio Porcelain", s.14.

#### 1.3.2.4. Pembe Porselen

"Rosa porselen" de denilen bu tip porselen, belirli mangan tuzlarının (manganın suda çözünmeyen tuzları) ve çoğunlukla altın bileşimlerinin harmana katılması ve porselenin bilinen sır pişirim derecesinde pişirilmesi ile üretilen bir porselendir(59).

#### 1.3.2.5. Siyah Porselen

"Porcelaine noire" adıyla bilinen siyah porselen ilk kez 1970'lerde Rosenthal tarafından üretilmiştir. Bu tür bir anlamda 11.yy.da Peru'da ünlü "Chimu-Seramik"leriyle başlayan uzun bir gelişim zincirinin sonucudur. 18.yy.da Wedgwood da aynı konuya eğilmiş ve mamüllerine "siyah bazalt" adını vermiştir.

Porcelaine noire gerek harman yapısı, gerek bisküvisinin sağlamlığı ve pişme derecesiyle (yaklaşık 1300°C) gerçek anlamda siyah porselendir. Renk veren oksitlerin karışımları kullanıldığı için ışık geçirgenlik özelliği bulunmamaktadır(60).

### 1.4. Porselenin Özellikleri

#### 1.4.1. Fiziksel Özellikler

##### 1.4.1.1. Yarı Saydamlık (Transparantlık)

Porselenin en önemli özelliklerinden biri ışık geçirgenliğidir. Yani porselen ışığa tutulduğunda ışığı gösterir. Porseleni tanımlarken bu özellik "yarı saydamlık" sıfatıyla verilmektedir. Yarı saydamlık geçen ışık miktarının bünye içinde dağılan ışık miktarına oranıdır. Normal sert porselen, 1,5 mm. kalınlığında, gelen ışığın % 5'ini geçirir"(61).

Işık porselene değdiğinde, ışığın bir kısmı yansıma yolu ile tam sınır yüzeyde kaybolur (% 4). Diğer bir kayıp faktörü de absorpsiyondur, fakat

(59) H.Friedl, "Porselen", s.5.

(60) A.g.e., s.5.

(61) G.Sümer, "Seramik Sanayii El Kitabı", s.236.



bu düşük  $Fe_2O_3$ 'li porselenlerde daha azdır. Işığın şiddetinin asıl kayba uğradığı yer tane sınırlarında ışığın dağılması (dispersiyon) ile olur. Bu dağılma tane sınırlarını oluşturan fazların kırılım indisleri arasındaki fark çoğaldıkça artar.

Işık geçirgenliği  $D_d$ , ışık şiddeti  $J$  ve ışığın kırılımı  $J_0$  alınırsa:

$$D_d = \frac{J}{J_0}$$

Işık geçirgenliği et kalınlığına da bağlıdır.  $D_1^d$  = kalınlık.

$$D_d = D_1^d$$

$D_1$ 'in değeri transparantlığın miktarını gösterir. Kalınlık genelde 1 mm. dir. Bünyeden geçen ışığın diğer taraftan çıkma derecesi  $D_d$ 'nin logaritması alınarak bulunur(62).

$$\log D_d = d \cdot \log D_1$$

Transparantlık kristal faz oranı arttıkça azalır. Kristal faz yüzdesi sabit kalır, tane iriliği küçülürse transparantlık azalır, çünkü yüzey ve buna bağlı olarak tane sınırları artar.

Cam fazın artışı, yüksek feldspat oranı ve yüksek sıcaklıklarda pişirime transparantlığı yüksek porselen elde edilir. Eğer sıcaklık çok fazla olursa sekonder porlanma olur ve transparantlık azalır. Pişirme sırasında kristobalite dönüşen kuvarslar çok iyi transparantlık verir. Reçetede toprak alkaliler yer aldığı anda erime fazında viskozite düşer ve çözülme daha hızlı olur, böylece transparantlık da iyi olur. Ancak bunların reçeteye az miktarlarda girmesi gerekir(63).

---

(62) K.H.Schüller, Handbuch der Keramik "Porzellan", Germany, s.9.

(63) A.g.e., s.9-10.

$Al_2O_3$  oranı yüksek porselenlerde transparantlık azalır. Çünkü bunlarda korund oluşur ki, bu kırılım indisi yüksek bir fazdır. Kemik porselenin transparantlığı fazladır, çünkü bundaki cam fazın kırılım indisi 1.56' - dir. Porselendeki cam fazın kırılımı 1.49, kuvarsın 1.55, mullitin 1.65' - dir. Kristal yüzdesi sabit olunca artan mullit ve kuvars oranı transparantlığı azaltır. Küçük gözenekler transparantlık üzerine olumsuz etki yaparlar.

Yarı saydamlığın artmasına etki eden faktörler:

- Feldispatik cam miktarı,
- Feldispattaki  $K_2O$  yüzdesi,
- Kuvars tanelerinin iriliği (Harmandaki kuvars ve feldspat tanelerinin iriliği 10-25 mikron olduğunda transparantlık max. değerine ulaşır.),
- % 1 den fazla olmamak koşuluyla dolomit veya talk ilavesi (Bunların ilavesiyle ince öğütülmüş harman cam fazın viskozitesini düşürür ve homojenliği sağlar, gözenekler kaybolur.),
- Olgunlaşma temperaturü,
- Kuvars veya feldspatın kalsine edilmesi.

Yarı saydamlığın azalmasına etki eden faktörler:

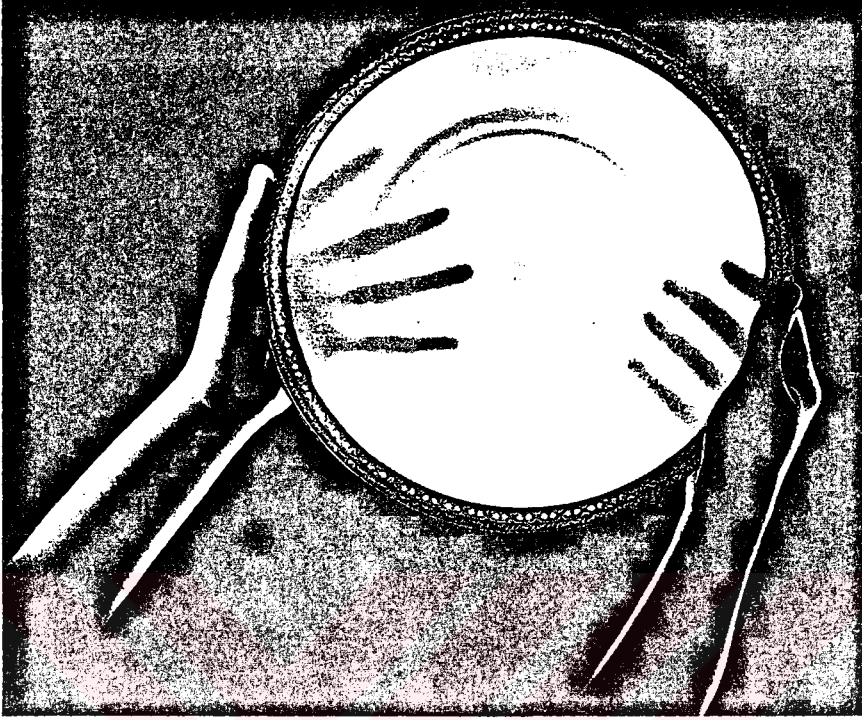
- Kristobalit ve mullit kristallerinin miktarı,
- Kapalı gözeneklerin miktarı,
- Fe, Mn ve Ti miktarları(64).

#### 1.4.1.2. Pişme Rengi

Özellikle sofraya ve süs eşyası mamüllerinde beyazlık önemli özelliklerden biridir. Renk "beyazlık miktarı" denilen bir ölçü ile gösterilir. Standart olan kabul edilen  $BaSO_4$  plakanın dağıttığı ışıkla, numune porselen parçanın dağıttığı ışık spektrofotometrede ölçülür. Standartın aydınlığı % 100 olarak kabul edilerek porselenin beyazlık miktarı saptanır. İyi bir porselenin beyazlık miktarı % 70 ve üzeri olmalıdır.

---

(64) G.Sümer, "Seramik Sanayii El Kitabı", s.236.



RESİM 4- Kemik porselenin karakteristik yarı saydırlığı.

Beyazlık için hammaddelerin seçimi ve pişirim atmosferi önemlidir. Mutfak porselenlerinde oluşan sarılığı önlemek için çamur kompozisyonuna çok az kobalt oksit katılır(65).

Hammaddelerde bulunan demir sadece rengi etkilemez, transparantlığı da azaltır. "Transparantlık değerinin % 7 olması için hammaddedeki  $Fe_2O_3$  % 0,35'in, hamurdaki  $Fe_2O_3$  % 0,5'in altında olmalıdır (R.Rieke ve W. Faust, 1929)"(66).

$Fe_2O_3$  oda sıcaklığında, hematit stabil (kalımlı) olan evrededir. Rengi kırmızı-kahverengi arasındadır. Bu renk mamüldeki dağılıma derecesine bağlıdır. Sıcaklık arttıkça 3 değerlikli  $Fe_2O_3$  indirgenir.  $Fe_3O_4$  ve  $FeO$  siyah renklidirler. 2 değerlikli olan beyaz ile yeşil veya mavi arasında,

---

(65) K.H.Schüller, Handbuch der Keramik "Porzellan", s.10.

(66) A.g.e., s.10.

3 değerlikliler renksiz veya kahverengidirler. Sıcaklık artışıyla 3 değerlikli demir, 2 değerlikli demire indirgenir. Redüktif atmosferde gri bir renk elde edilir, koyu (kalın) redüksiyonda bu renk mavileşir.

Beyazlığa etki eden en önemli faktör pişirme rejimidir. 1000°-1350°C arasında redüktif bir atmosfer gereklidir. Böylece kompozisyondaki Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, beyaz veya çok açık mavi tonda demir silikatlara dönüşür. Olgunlaşma sıcaklığı ile 1000°C arasında oksidatif atmosferden kaçınılmalıdır. Bu sürede fırın atmosferi nötralle, çok az redüktif arası olmalıdır.

"Rieke ve Faust'a" göre istenen beyaz renk, karışım % 0,58'den daha az Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerirse elde edilebilir. Bunun üzerinde Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerirse sarımtrak renk oluşur. Sırdaki Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> % 0,24'ü geçmemelidir.

Hammaddelerde titana da dikkat etmelidir, çünkü demirin etkisini artırır. Oksidatif olmayan atmosferde % 0,68 TiO<sub>2</sub> tek başına bir sorun yaratmaz. Ancak oksidatif atmosferde % 0,2 TiO<sub>2</sub> bile sarımtrak renk için yeterlidir. Krauss'a göre FeO ve TiO<sub>2</sub> porselende birlikte bulduklarında FeO.TiO<sub>2</sub> kimyasal formülüyle gösterilen koyu siyah renkli spinel meydana getirirler. Bu porselenin rengini esmerleştirir. Bunu gidermek için Krauss borik asit ilavesini önerir. Bu asit ilavesiyle renk daha az esmer olur.

Bunların dışında oksidatif pişirimden "hava sarısı" ve karbon birikiminin tam yanmaması ya da sülfür formasyonu sonucu "duman sarısı" denilen renk hataları olabilir.

Ayrıca filterpres kekleri vakumpres tarafından tam yoğrulamazlarsa mamlde yer yer koyuluklar görülür. Bunun nedeni demir ve titan oksidin ayrışmasıdır(67).

---

(67) G.Sümer, "Seramik Sanayii El Kitabı", s.237.

#### 1.4.1.3. Porselenin Sertliği

Porselen sertlikleri 1-7 arasında değişen tüm maddeleri çizebilir. Çatal, bıçak gibi kullanım gereçleri ise porseleni çizemezler. Tüm zarif görünümüne rağmen porselen normal çelikten daha serttir. Otel porselenlerindeki çizilmeler ise bulaşık makinalarındaki yıpranmadan oluşmaktadır. Kuvarstan oluşan ve suya karışan tanecikler bu çizilmeye neden olurlar. Çünkü kuvarsin sertlik derecesi porselenden daha yüksektir (Mohs'a göre kuvarsin sertliği:7)(68).

#### 1.4.1.4. Isısal (Termal) Genleşme

Düşük bir termal genleşmeye sahip olması porselenin önemli özelliklerinden biridir. Özellikle mutfak, izolatör ve laboratuvar porselenlerinin üretiminde bu özellik son derece önemlidir.

Genleşmeye en büyük katkıda bulunan mikrodokusal elemanlar mullit kristalleri ve feldispatik cam fazıdır(69).

Porselende ısısal genleşme  $20^{\circ}$ - $600^{\circ}$ C arasında ( $4.10^{-6}/^{\circ}$ C ve  $6.10^{-6}/^{\circ}$ C) diğer seramiklere oranla düşüktür. Bu da istenen bir özelliktir. Pişirme ısısı yükseldikçe genleşme de küçülür. Kuvarsin genleşme katsayısı yüksek olduğundan genleşmeyi etkiler, ancak sıcaklık yükseltilir ve bu sıcaklıkta pişirim uzatılırsa bünyedeki serbest kuvars azaltılarak genleşmede düşürülebilir.

Sıcaklık değişimiyle kuvars ve kristobalitin değişimi istenmez. Bu yüzden kimyasal ve teknik porselenlerde kuvars % 10'dan az olmalıdır. Diğer hammaddeler genleşmede bu kadar etkili olmazlar.

Kil yüzdeleri yüksek porselenler, kuvars yüzdeleri yüksek olan porselenlere oranla ısı değişimi açısından daha iyidir. Çünkü pişirimdeki mullit oranı daha yüksektir. Porselenlerde ısı iletkenliği de önemlidir(70).

(68) H.Friedl, "Porselen", s.7-8.

(69) G.Sümer, "Seramik Sanayii El Kitabı", s.237-238.

(70) K.H.Schüller, Handbuch der Keramik "Porzellan", s.10.

Mullit miktarı yükselttilirse termal genleşme düşürülebilir. Genleşme katsayısı  $K_2O/Na_2O$  oranı ve serbest kuvars miktarına bağlıdır(71).

#### 1.4.1.5. Termal Şok Mukavemeti

Ortam sıcaklığındaki ani değişimler porselen mamülün iç ve dış kısımlarının farklı bir şekilde ısınmalarına neden olur. Bunun sonucunda porselen bünyede denge halinde olmayan gerilim ve basınçlar oluşur. Porselenin çekiye mukavemeti bu gerilim ve basıncı karşılayacak yükseklikte değilse mamül çatlak veya kırılır.

Termal şok mukavemeti aşağıdaki formülde görüleceği gibi çeşitli faktörlerin bir fonksiyonudur.

$$K = \frac{R}{aE} \sqrt{\frac{Y}{cd}}$$

R = Çekiye mukavemet

a = Lineer genleşme katsayısı

E = Elastik modülü

Y = Termal geçirgenlik

c = Spesifik ısı

d = Yoğunluk

Porselen mutfak, laboratuvar, izolatör ve termokupl tüpleri gibi mamül-lerin termal şok mukavemetinin yüksek olması için alçak bir genleşme katsayısı ile birlikte yüksek bir çekiye mukavemete sahip olmaları gerekir(72).

#### 1.4.1.6. Mekanik Özellikler

Bu özellik sofrta, süs ve otel porselenleri için bir anlam taşımazsa da elektro-teknik ve teknikte kullanılan porselen ürünler için önemlidir (Örn.: Porselen izolatörler).

---

(71) G.Sümer, "Seramik Sanayii El Kitabı", s.238.

(72) A.g.e., s.238.

Mekanik dayanımın çeşitleri vardır. Uygulamada en çok kullanılan çekme dayanımıdır. Kuvarı yüksek olan porselenlerde bu dayanım yüksektir.

Porselende mukavemette mullit oranı ve mullitin oluşum şekli rol oynar. % 70 kaolinit içeren reçetelerden yapılmış porselenlerin normal porselenlere göre mukavemetleri yüksektir. Normal porselenlerde sekonder mullitler büyüdükçe mukavemet azalır.

#### 1.4.1.7. Porselenin Hijyenik Özellikleri

Porselen kolay yıkanır, bu yüzden temizlenmesi kolaydır. Düzgün yüzey sırası bakterilerin girmesini olanaksızlaştırır. Her yıkamadan sonra temiz ve kullanılabilir haldedir. Hatta porselenin bakteri kültürlerinin üremesine izin vermediği tesbit edilmiştir.

#### 1.5. Elektrik Özellikleri

Porselen elektriksel akımı izole ettiği için alçak ve yüksek gerilim hatlarında kullanılmaktadır (izolatörler). Isı değişimlerinden etkilenmemesi, yüksek izolasyon yeteneği porselenin elektriksel dirençlerde kullanılmasına olanak verir.

Elektro-teknik sanayinde elektrik ve manyetik özellikleri nedeniyle özel porselen bünyeler kullanılmaktadır. Bu özellik sofraya, süs ve otel eşyası mamülleri için gerekli değildir.

#### 1.6. Kimyasal Özellikler

##### 1.6.1. Porselenin Sırası Asitlerden Etkilenmez

Porselen sırası herhangi bir kurşun-oksit katılmamış feldspat sıradır. Bu yüzden kurşun verme veya sır yüzeyinin asitlerce bozulması olasılığı yoktur. Porselen sıranın sadece fluork asit etkileyebilir ki, günlük yaşamda karşılaşılamayacak bu asit bazı kimyasal proseslerde kullanılır.

Sır-altı ya da sır-üstü dekor, sır tarafından korunduğu için asitlerden etkilenmez. Sır-üstü dekorlarda Ortak Pazar'ın kurşun yasası asitlerden etkilenmeyi ayarlamaktadır. Bu yasa ile, mutfak ve sofras porselenleri dekorlarında, kurşun-oksit kullanımı sınırlanmaktadır." .... % 4'lük asit asetat (sirke asidi) içinde 24 saat kaldığı takdirde asit kabına 2 mg'dan fazla kurşun-oksit veren tabak çanağın üretimi, satılması, elde bulundurulması ve kullanılması yasaktır"(73).

Bu yasaya (1 lt.% 4'lük sirke asidi içinde 100 cm<sup>2</sup> lik yüzey 2 mg'dan az kurşun-oksit vermeli) uyulması için dekorların gerekli yüksek ısılarda pişirilmeleri ve aside dayanıklı boyalarla yapılmaları gerekmektedir. Yeni sır boyaları kurşun içermediklerinden böyle bir sorun yoktur.

#### 1.6.2. Porselenin Sırı Alkalilerden Etkilenmez

Sert porselenin en önemli özelliklerinden biri asit ve baza dayanıklı oluşudur.

Alkaliler (Örn.: Soda çözeltileri) günlük yaşamda karşılaşıldığı şekilleriyle porseleni etkilemezler. Günlük kullanımda karşılaşılamayacak derecede yüksek konsantrasyon ve sıcaklıktaki alkali çözeltileri çok az, gözle farkedilemeyecek kadar, porseleni etkileyip bozabilir(74).

#### 1.7. Porselene Sofra Eşyası Nitelikleri Kazandıran Özellikler

İdeal bir yiyecek kabı sert, oldukça düzgün, sıvıları geçirmeyen ve mekanik etkilere dayanıklı bir yüzeye sahip olmalıdır. Yüksek sıcaklıklarda pişirilen sert porselen bu özellikleri taşır. Günlük kullanımdaki asit ve alkalilerden etkilenmez. Sertliği dolayısıyla çizilmez, bozulmaz, zedelenmez. Su emmesi yoktur, kırılan gövde bile bu özelliği taşır. Temizlenmesi kolaydır.

---

(73) H.Friedl, "Porselen", s.51.

(74) A.g.e., s.50.



Porselen kaplardaki yiyecekler kendi tat ve kokularını % 100 oranında korurlar, üstelik porselene de koku ve tat sinmez.

Porselen yavaş ısınır, ancak çok fazla ısı depolayabilir (Isı kapasitesi demirin iki katıdır). Isıtılan mamül içindekilerle birlikte sıcaklığı uzun süre korumaktadır.

Porselen üretildiği anda tüm bu özelliklere sahiptir ve zamanla kaybetmez, eskimez. Beyaz rengi, ışık geçirgenliği, dayanıklılığı, temiz ve parlak görünümü ve çeşitli dekor olanakları ile porselen sofraya ve süs eşyası mamülleri oldukça güzeldir(75).



---

(75) H.Friedl, "Porselen", s.54-55.

## BÖLÜM II

### 2. SERİ PORSELEN ÜRETİMİ

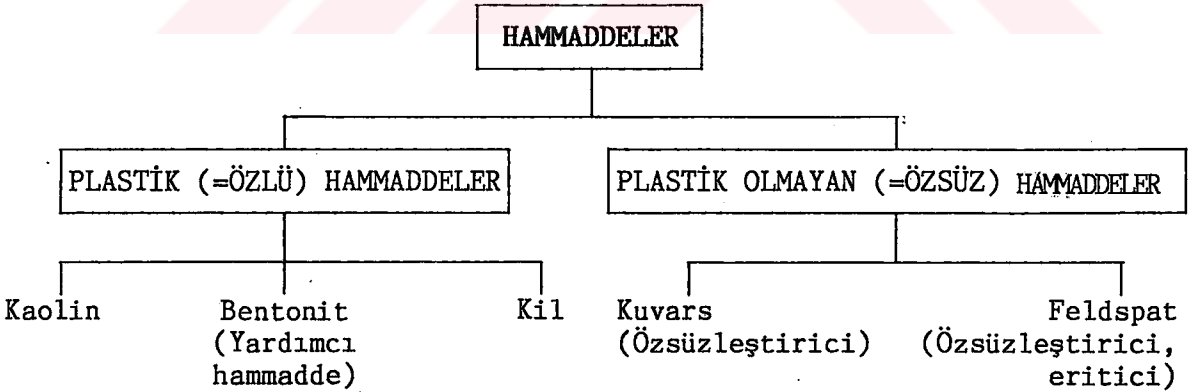
#### 2.1. Porselen Üretimindeki Hammaddelerin Tanımı ve Özellikleri

Porselen üretiminde kullanılan hammaddeleri şöyle sınıflandırabiliriz:

Plastik yapıcılar: Kaolin, kil.

İskelet yapıcılar: Kuvars, bisküvi kırığı, sırlı kırık.

Eriticiler ya da cam yapıcılar: Feldspat, dolomit, mermer.



ŞEMA 4. Porselen üretiminde kullanılan hammaddeler

#### 2.1.1. Plastik Hammaddeler

Su ile yoğrulabilen, kolaylıkla şekillendirilebilen, kurduklarında verilen şekli koruyabilen, az ya da çok kırılmaya karşı direnç gösteren ham-

maddeler plastik (=özlü) seramik hammaddeleri olarak adlandırılırlar. Kaolin ve killeri bu gruba girerler.

Granit, gnays, feldspat, pegmatit gibi primer (=birincil) volkanik kayaların, doğal ve fiziksel-kimyasal etkenler ile aşınıp, bozunup, dağılıp, ufalanıp, sürüklenmeleri sonucu kaolin ve killeri oluşmuştur. Kayalara etki eden faktörler şunlardır: Rüzgar, su, buz, yer kabuğu hareketleri, karbon dioksit, humus asidi, kükürt asitleri, flor ve hidrojen gazları, sıcaklık-soğukluk değişimleri.

Bozunan kayalar oldukları yerde kaldıkları gibi, su ve rüzgar gibi doğal etkenler ile uzaklara da taşınmışlardır. Oluşumlarını ana kayacın olduğu yerde ya da yakın yerlerde tamamlayan oluşumlar (primer oluşum), temiz olarak kalabilmişlerdir. Daha iri taneli, daha az plastik olan kaolin bu oluşum sınıfındadır.

Su ile daha uzak yerlere taşınabilen maddeler (sekonder oluşum), sürtünme ile öğütülerek daha ince taneler olmuşlar, bu sırada çeşitli organik maddeler ve renk veren oksitler ile karışmışlardır. Taşınmanın sona erdiği yerlerde tabakalar halinde çökelmeler olmuş ve kil olarak adlandırılan, kaolinlere oranla daha ince taneli ve özlü maddeler oluşmuştur.

#### 2.1.1.1. Kaolin ve Killeri

Bu kelime Çince'de "kao-liang"'dan gelmekte olup, muhtemelen ilk bulunduğu yere bağlı olarak, "yüksek sırt" anlamını taşımaktadır.

"Kaolinin oluştuğu ana kayacık, kompleks alümina silikatlardan oluşmaktadır. Bu alümina silikatlar ise aşınma sırasında hidrolize olmaktadır. Hidrolize olayı şöyle gelişmektedir: Alkali ve toprak alkali iyonlar çözünür tuzları oluşturarak çözünüp uzaklaşırlar. Geri kalan madde, alüminyum silikat ve değişken bileşik ve strüktürlü silisyum dioksittir. Bu kalan artık madde, eruptif ana kayacıktan daha refrakterdir. Feldspat, glimmer, kvartz gibi henüz ayrışamamış olan kayacık artıkları da kaolinin bünyesinde kalırlar"(76).

---

(76) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.9.

Kaolinin ana kayacının başlıca minerali olan ortoklas % 64,63 SiO<sub>2</sub>, % 18,49 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 16,88 K<sub>2</sub>O içermektedir. Yeraltı ve yerüstü sularının etkisi ile feldspatlar içerdikleri potasın tamamını ve SiO<sub>2</sub>'nin bir kısmını kaybedip, bunların yerine bir miktar H<sub>2</sub>O alarak bileşimi % 39,50 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 46,55 SiO<sub>2</sub>, % 13,95 H<sub>2</sub>O olan kaolinite (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) dönüşürler.

Kaolinit (=kil cevheri) oluşum aşamaları:

1.  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 + 2H_2O \longrightarrow Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot H_2O + 2KOH$   
——feldspat——
2.  $Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot H_2O \longrightarrow Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O + 4SiO_2$
3.  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O + H_2O \longrightarrow Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$   
——Kaolinit——

Genellikle kaolin yatakları demir oksit, silisyum dioksit, kalsiyum karbonat ve silikat türünden mika gibi yabancı maddeler içerirler. Kaolini en iyi kullanılır hale getirebilmek için bu maddelerden temizlenmesi gerekmektedir. Doğada bulunan kaolinler porselen fabrikalarındaki havuzlarda sulandırılarak süspansiyon haline getirilirler. Karışımın içinde bulunan en ince taneli madde kaolindir. Böylece kaolin tanecikleri su içinde süspansiyon olarak kalırken diğer maddeler iri kaolin taneleri ile birlikte dibe çökerler. Süspansiyon halindeki kaolin daha sonra karıştırılıp filterpresden geçirilerek suyun büyük bir bölümünden arındırılır. Kurutma işleminden sonra yaklaşık saf bir kaolin elde edilmiş olur. Kaolinin geçirdiği bu işleme "kaolinin yıkanması" adı verilir. Yıkanmış kaolinlerin porselen çamuruna katılması plastiklik derecesini ve mukavemetini artırır.

Kaolinde aranan en önemli teknolojik özellik ateşe dayanıklılığıdır. Bu özelliğin sağlanmasında humus asidi önemli rol oynar. Ateşe dayanıklılığı düşüren alkaliler, oksitler, toprak alkaliler, mangan ve silisyum bileşikleri kaolinin yıkanması yoluyla atılabilirler ve böylece kaolinin refrakter özelliği artar. İyi bir kaolinin ateşe dayanıklılığı SK 34-35'dir.

Porselen çamurlarında yer alan kaolin ve killerin beyaz pişmesi, kil mi-

nerali oranının yüksek olması ve kaolinitik mineral yapıya sahip olmaları gerekir. Çoğunlukla kaolinler saf ve beyaz olmakta, ancak yeterli plastiklik gösterememektedirler. Bu nedenle az da olsa beyaz pişen özlü killer porselen çamuruna katılarak istenilen plastiklik sağlanabilir(77).

Killer porselen çamuruna plastikliği arttırmak amacıyla katılırlar. Porselen çamurunda kilin kullanımı ile birlikte, çamurun kuru direnci de artar. Porselen üretimine uygun olan ve doğada çok bulunabilen killer, yüksek plastiklik gösterirler, 1300°C de beyaz veya beyaza yakın renkte pişerler. Döküm çamuru olarak üretilen porselen çamurlarının killerin elektrolitler ile iyi bir alışkanlık göstermeleri gerekir(78).

Halloysit ve montmorillonit mineraller içeren kil ve kaolinler, genel olarak porselen çamurlarında fazla oranda kullanılmazlar. Ancak bazı özel durumlarda, porselen çamuruna özlülük kazandırmak amacı ile, % 1-5 arasında bentonit katkısından yararlanılır(79).

#### 2.1.1.1.1. Killerin Fiziksel Özellikleri

##### 2.1.1.1.1.1. Plastiklik

Kil ve kaolinler belli oranda su ile plastiklik kazanabilirler. Killerin plastikliği bazı katkı maddeleri ile arttırılabilir. Bu tip katkılar bentonit, dekstrin ve hümin asidi gibi kolloid çözelti vermeye elverişli maddelerdir.

##### 2.1.1.1.1.2. Kuru Direnç

"Çamur kuruyunca mukavemet kazanır. Bu levha halindeki taneciklerin üst-üste bulunması ve aralarında bir çekim kuvveti olmasından ileri gelir"(80).

---

(77) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.133.

(78) A.g.e., s.134.

(79) A.g.e., s.133.

(80) H.Hüseyin Tanışan ve Zeliha Mete, "Seramik Teknolojisi ve Uygulaması", C.I, Söğüt 1988, Birlik Matbaası, s.17.

Yağlı killer, yağsız killere oranla daha yüksek kuru direnç sağlarlar. Plastiklik arttıkça kuru direnç de artar. Kil taneleri irili ufaklı karışık olarak bulunmalıdırlar. Aynı büyüklükte kil taneciklerinin kuru direnci daha azdır.

Kilin kuruma süresi ve sıcaklığı, kuru direnci etkileyen faktörlerdir. Düşük sıcaklıkta ve yetersiz bir kurutma ile kurutulan killerin kuru dirençleri az olur.

Şekillendirme yöntemi de kuru direnç üzerinde etkilidirler. Döküm yöntemi ile şekillendirilen killer, normal koşullarda kurutulduklarında, torna ve pres yöntemleri ile şekillendirilen killere oranla daha yüksek bir kuru direnç gösterirler.

#### 2.1.1.1.1.3. Döküm Yeteneği

Kil ve kaolinler su ile karıştırıldıklarında önce plastik kıvama, daha fazla su ilave edildiğinde ise akıcı kıvama gelirler. Killerin akıcılık durumuna "viskozite" denir.

Akıcılığı sağlamakta elektrolitler (soda, su camı (sodyum silikat), sodyum hidroksit gibi) ilave edilerek su miktarı düşürülebilir. Fazla elektrolit katkısı çamurda akıcılığı ters yönde etkileyerek azaltır ve pelteleşme başlar. Her kil ve kaolin, özelliklerine göre, farklı elektrolitlerle akıcılık kazanırlar. Denemeler yolu ile en uygun elektrolit ve bunun kullanım yüzdesi bulunur.

Sular bünyelerindeki tuz, sülfat, anyon ve katyonlara göre çeşitli sertlik derecelerine sahiptirler. Sertliği fazla olan sular akıcılık üzerinde olumsuz etki yaparlar. Seramik sanayiinde sertliği az olan sular kullanılır.

## 2.1.2. Plastik Olmayan Hammaddeler

### 2.1.2.1. Özsüzleştiriciler

Anorganik özsüz hammaddeler, seramik çamurunu özsüzleştirerek plastikliğini azaltırlar. Genelde çamurun kuru direnç, kuru küçülme ve pişme küçülmesini azaltırlar, su emmeyi arttıırırlar.

"... Özsüzleştirilmiş bir çamur, özlü bir çamura oranla daha kısa sürede ve daha az kuruma hatası göstererek kurur.

Pişmekte olan üründe de önemli roller oynayan özsüz seramik hammaddeleri, çamurun pişme özelliklerini ve pişme sıcaklığını da etkiler. Çamura katılan özsüz maddenin türüne ve oranına bağlı olarak, çamurun pekişme sıcaklığı genelde yükselirse de, ortaya çıkan daha geniş bir zinterleşme intervali (=pekişme aralığı), çoğu seramik ürünler için bir avantaj olarak kabul edilir.

Bazı özsüz hammaddeler ise, örneğin feldspat, pegmatit, kalsiyum karbonat, kemik külü gibi maddeler, büyük ölçüde pişme sıcaklığının ve katkı oranlarının da etkisi ile, çamurun içinde eritici özellik göstererek onun erken zinterleşmesini sağlarlar"(81).

#### 2.1.2.1.1. Kuvars

"Bir seramik yapının kil gibi plastik ve dolgu özelliği olan hammaddeler yanında kuvars gibi plastik olmayan ve yapıyı yüksek sıcaklıklarda ayakta tutacak bir hammaddeye de gereksinimi vardır. Kuvars, yapının kuruma küçülmesini azaltır. plastikliği düzenlemeye yardımcı olur ve pişme sırasında deformasyon olmaksızın gaz çıkışına izin verir"(82).

"Yeryüzünün bilinebilen kısmının % 25'ini oluşturur. Oksijenden sonra dünyada en çok rastlanan silisyumun bir bileşimidir. Kimyasal formülü

---

(81) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.12-13.

(82) H.H.Tanişan ve Z.Mete, "Seramik Teknolojisi ve Uygulaması", s.18.

$\text{SiO}_2$  olup mol ağırlığı 60'dır. Sertlik derecesi Mohs'a göre 7'dir"(83).

Doğada kristal (ametist, kuvarsit, kuvars ve kristal kuvars kumu) ve amorf (flint, sileks taşları, kizelgur) olarak bulunur.

Ana kayalar içindeki kuvars tek başına dış etkenlerden etkilenmemesine rağmen, ana kayanın doğal etkenlerle bozunması sonucu açıkta kalan kuvars sularla yıkanıp sürüklenerek, başka yerlerde tek başına çökebilir. Çoğunlukla bu çökme işlemi ham kaolinle birlikte olur ve bu olay da kaolinin içindeki "serbest kuvarısı" oluşturur(84).

Flint, çok az su ve organik madde içeren kuvarstır. Genellikle üzeri kalk ile kaplanmıştır. Flint kırığı karakteristik olarak midye kabuğu dokusunda ve siyah renklidir.

Kuvars, doğada ve ülkemizde en çok bulunabilen seramik hammaddelerindedir. Doğadan çıkarılan ham kuvarsın ön kırılması yapılır, beraberindeki yabancı maddelerden temizlenmesi için yıkanır ve manyetik tutuculardan geçirilir. Bu işlemlerden sonra istenilen tane büyüklüğünde öğütülür. Bu nedenle ekonomik olması açısından kuvars kumu olan şekli daha çok kullanılır.

Silisyum dioksit oda sıcaklığında beta kuvars formundadır. Beta kuvars ısıtılırsa  $573^{\circ}\text{C}$  de alfa kuvars oluşur. Bu reaksiyon geriye dönüşlüdür ve bu sırada kuvars hacimce de büyüme gösterir. Isıtma yavaş olarak sürdürüldüğünde alfa kuvars  $870^{\circ}\text{C}$  de alfa tridimite ve  $1470^{\circ}\text{C}$  de alfa kristobalite dönüşür. Bu dönüşümler,  $1713^{\circ}\text{C}$  de erime ile son bulur.

Tridimit ve kristobalit, soğuma sırasında birden düşük sıcaklık formlarına dönüşürler.  $163^{\circ}\text{C}$  de beta tridimit,  $117^{\circ}\text{C}$  de gama tridimit ve  $230^{\circ}\text{C}$  de de beta kristobalit oluşur. Dönüşümler sonucu ortaya çıkan formların hepsi farklı özgül ağırlıklara sahiptir(85). Aşağıdaki şemada silisyum

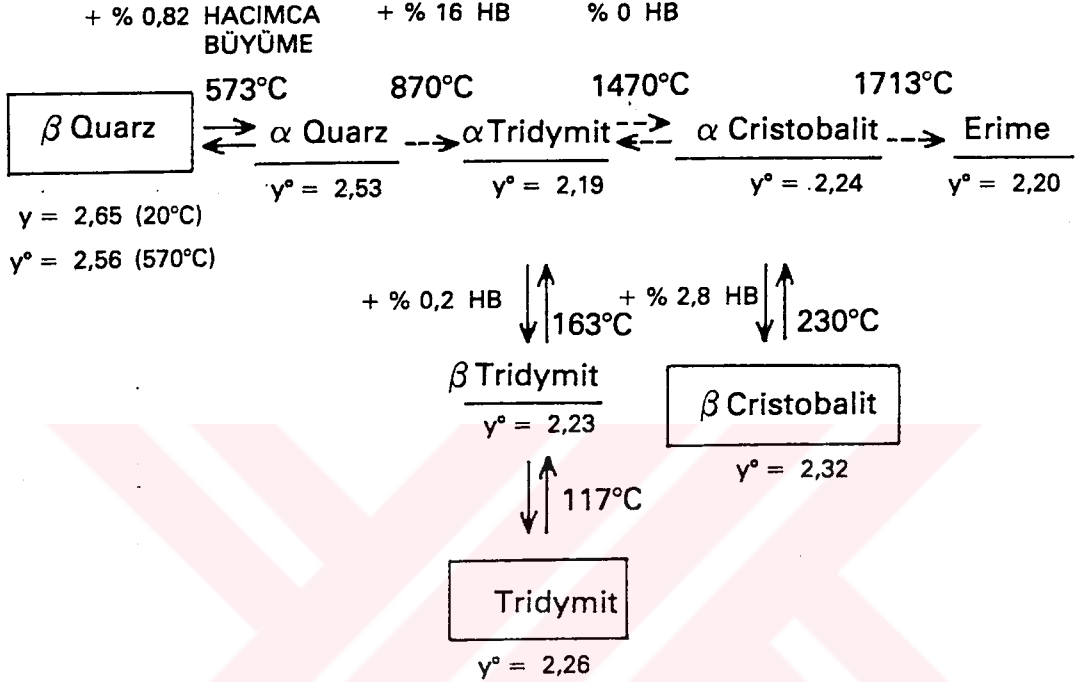
(83) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.13.

(84) A.g.e., s.13.

(85) A.g.e., s.14.



dioksitin modifikasyonları (=değişimleri) ayrıntılı olarak görülmektedir.



ŞEMA 5

Kuvarsın bu değişimleri seramik pişiriminde önemlidir. Dönüşüm sıcaklıklarında hacim değişiklikleri olduğundan bu safhalarda ani sıcaklık değişimlerinden sakınılmalı ve bu noktalardan yavaş geçilmelidir. Aksi halde çatlama meydana gelebilir.

Silisyum dioksit, seramik çamur ve sırlarında önemli görevler yüklenerek geniş kullanım alanı bulur. Seramik endüstrisinde en çok kuvars kumu ve kaya kuvarsı şeklindeki türleri kullanılır(86).

Porselen çamurlarında kullanılacak kuvarsın saf kuvarsit ya da saf, beyaz pişen kuvars kumu formunda olması istenir. Porselen çamurlarında en iyi saydamlık, saf kuvarsla sağlanabilir. Çok saf da olsa kuvars kumu ile, kuvarsit ve geysirit ile elde edilen saydamlık sağlanamaz(87).

(86) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.15.

(87) A.g.e., s.134.

Kuvarsın katkı oranı arttıkça çamurun bağlayıcı özelliği ve kuru direnci azalır. Pişmiş çamurda su emme ve gözeneklilik artar. Kuru ve pişme küçülmesi değerlerinde azalma olur. Katkı oranı çok artarsa küçülme yerine büyüme görülebilir(88).

## 2.1.2.2. Eriticiler

### 2.1.2.2.1. Feldspat

Feldspat, seramik çamur ve sırlarında kullanılan en önemli eriticidir. Feldspat terimi belli sayıda alkali ya da toprak alkali alümina silikatları kapsar. Feldspat volkanik bir kayaç olup, genellikle kuvars ve sık sık da mika ile karışmış olarak bulunur(89).

Özsüz bir hammadde olmasına rağmen, çamurlarda belli bir sıcaklığa çıkıldığında çamurları pekiştirerek, eriticilik özelliği gösterir. Feldspatlarda Na, K, Ca, Li, Ba, Cs gibi oksitler farklı oranlarda yer alırlar(90).

Feldspatlar taşıdıkları alkali oksitlere göre adlandırılırlar:

K -Feldspat (ortoklas)  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

Na-Feldspat (albit)  $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

Ca-Feldspat (anortit)  $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$

Saf potasyum feldspatın (ortoklas) erime sıcaklığı  $1170^{\circ}C$ , sodyum feldspatın (albit) ise  $1120^{\circ}C$ 'dir. Ortoklasın tam erime sıcaklığı  $1280^{\circ}C$  dolaylarına ulaşmaktadır. Yani ortoklas geniş bir erime aralığına sahiptir. Bu yüzden, özellikle porselen çamurlarında, ortoklas daha fazla kullanılır. Albit ve lityum feldspat (spodumen) daha fazla eriticilik özellikleri dolayısı ile öncelikle sırların yapısında önemli rol oynarlar(91).

---

(88) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.15.

(89) F.Singer ve S.S.Singer, "Industrial Ceramics", s.101.

(90) A.Arcasoy, a.g.e., s.15.

(91) A.g.e., s.16.

Feldspat, doğadan feldspat içeren kayalar parçalanarak çıkarılır. Belli irilikte kırılan feldspatlar ön yıkamadan geçirilebilirler. Bu işlemden sonra çeneli kırıcılarda yaklaşık 0,5-2,0 cm boyunda kırılan feldspatlar, daha ince öğütülmeleri için, çamur veya sır değirmenlerine sert maddeler ile konulurlar(92).

Sırlarda ve ince seramik çamurlarında kullanılan feldspatların çok temiz ve yeterince saf olması istenir.

İngiltere'de genellikle feldspat yerine "cornish stone" (china stone ve cornwall stone olarak da adlandırılır) olarak adlandırılan, kısmen kaolinize olmuş potasyum ve sodyum feldspat içeren bir feldspat olup; kuvars, kaolin, mika ve çok az miktarda fluorspar da içeren hammadde kullanılır(93).

Amerika ve Kanada'da, feldspat yerine "Nephelin Syenit ( $K_2O.3Na_2O.4Al_2O_3.9SiO_2$ )" adlı madde kullanılır. Granite benzeyen volkanik bir kayaç olan nephelin syenit, serbest kuvars içermez. Bu da onu granitten ayırır. Esas yapısını nephelin, mikrolin (K-Feldspat) ve albit (Na-Feldspat) oluşturur(94).

Porselen çamurlarında kullanılan feldspatların gaz kabarcığı çıkarmadan erimeleri ve demir lekesi göstermemeleri gerekir. Bazı feldspat türleri camsı-saydam, bazıları da opak erime gösterirler. Feldspatların erimele-  
rindeki saydamlık ya da örtücülük, çamur ve sır içinde etki olarak fark göstermezler (Dişçi porseleni dışında)(95).

Porselen çamurlarında saydamlık feldspat oranı yükseltilerek arttırılmak istenirse, saf potasyumlu feldspatlar tercih edilmelidir.

---

(92) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.16.

(93) F.Singer ve S.S.Singer, "Industrial Ceramics", s.103.

(94) A.g.e., s.106.

(95) A.Arcasoy, a.g.e., s.133.

### 2.1.2.3. Yardımcı Hammaddeler

#### 2.1.2.3.1. Bentonit

Bu kil volkanik küllerden oluşmuştur. Bentonitin ana kil minerali montmorillonittir ( $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O + nH_2O$ ). Oldukça plastiktir, düşük erime noktasına sahiptir.

Bentonitin esas kullanımı plastiklik içindir. Genellikle plastik olmayan killeri plastik duruma getirmek için çamura %4-5 oranında katarak kullanılır. Bu konuda çökelti kaolinlerden daha iyidir.

Bünyesinde montmorillonit ve halloysit minerallerinden çok fazla bulunan killere bentonit adı verilir. "Bu killerin sulanmak için çok fazla suya ihtiyacı vardır. Bu yüzden şekillendikten sonraki kurumaları sırasında çok küçülürler. Kil minerallerini meydana getiren zerreler ince altıgen plakalar şeklindedir. Sulandırılmış kilin çökmesi, plakların yüzmesi ve negatif elektrik yükü olması nedeni ile birbirlerini itme özelliklerinden dolayı, çok yavaş olur. Killer bu özelliği ile sulu seramik çamurlarında süspansiyon malzeme görevi de görürler ve kendileri yavaş çökerken diğer kolay çöken malzemeleri de taşıyarak karışımın çökmesini geciktirirler"(96).

Bentonitler belli bir tane yapısına sahip olmadıklarından çok fazla su emme kapasiteleri vardır. Bu açıdan çok fazla plastik özellik gösterirler. Fiziksel özelliklerine göre iki kısma ayrılırlar.

#### A. Şişen Tip Bentonitler

Bu tip bentonitler, su ile karıştırıldıklarında hacimlerinin 10-20 katı büyürler. Petrol kuyusu sondajlarında, çamurların hazırlanmasında kullanılırlar. Ayrıca bağlayıcı madde olarak da kullanım alanları vardır.

---

(96) Y.Güner, "Seramik", s.11.

## B. Şişmeyen Tip Bentonitler

Bu bentonitler iyon absorblama özelliğine sahiptirler. Bünyelerindeki katyonları diğer cins bir katyonla değiştirebilirler. Bu yüzden döküm kumlarında kullanılmadan önce iyon değişimi yapıp iyi kaliteli bentonit haline getirilebilirler.

### 2.2. Porselen Çamurunun Hazırlanması

Porselen üretiminde hammaddeler çok temiz ve pişme renkleri beyaz olmalıdır. Doğadan elde edilen hammaddelerde genellikle istenilen temizlik ve renk bulunmadığı için hammaddeler temizleme ve zenginleştirme işlemlerinden geçirilirler.

Porselen çamurunda kullanılan sert maddeler olan kuvars ve feldspatın ön ufalanma ve kırılma işleminden geçirilmeleri gerekir. Daha sonra istenilen tane iriliğine getirmek için sulu olarak bilyalı değirmenlerde öğütülürler. Çamurda kullanılan hammaddeler, 63 mikronun altında tane iriliğine sahip olmalıdırlar. Kaolin ince taneli olduğu için öğütmek gerekmez. Suda açılmıyorlarsa, sert maddelerle birlikte öğütülebilirler. Öğütme süresi 10-20 saat arasında değişir.

Öğütme işlemi, içleri seramik astar malzemesi kaplı, silindirik değirmenlerde yapılır. Bilya:Hammadde:Su=1:1:1 oranındadır. Değirmenin içine konulan bilyaların çapına ve yoğunluğuna göre öğütmenin yapısı değişir.

Kaolin, sert hammaddelerle birlikte değirmene konmaz. Sert hammaddeler değirmende öğütülürken, kaolin havuzda karıştırıcılar vasıtası ile sulandırılır. Daha sonra kaolin ve diğer öğütülmüş maddeler homojen olarak karıştırılır. Bu arada su ve elektrolitler de gerekli miktarlarda değirmene konulmalıdır.

Değirmenden alınan sulu çamur  $\text{cm}^2$  sinde 2500-3600 ilmek bulunan eleklerden elendikten sonra, manyetik tutuculardan geçirilerek (demir safsızlıkları varsa temizleme işlemi yapılır), filterpreslerde suyundan uzaklaştırılır. Geriye % 20 su kalır.

Porselen üretiminde kullanılan plastik çamurun vakumpresten geçmesi gerekir. Çamur plastik olarak şekillendirilecekse filterpresten sonra vakumpresten geçirilir. Vakumpreste çamurun havası alınır(97),(98).

### 2.3. Porselen Çamurunun Şekillendirilmesi

Porselenin şekillendirilmesinde her türlü şekillendirme yöntemi kullanılabilir (El tornası, şablon torna, döküm ve presle şekillendirme gibi). Bazı durumlarda bir formun üretilmesi için bu yöntemlerin birkaçı birden kullanılabilir.

Döküm yöntemi ile, çok çeşitli kullanım, mutfak ve süs eşyası üretilir.

Plastik çamur ile, şablon tornalar kullanılarak kase, fincan, tabak gibi silindirik formlar üretilir.

"Kuru pres çamuru ile % 5-7 nemlilikte yapılan şekillendirme ile, başta küçük elektrik yalıtım parçaları olmak üzere, çeşitli plâka formları, oval ve yuvarlak tabaklar, çeşitli mutfak eşyaları üretilebilir"(99).

İzolator türünden porselen mamüller ise, genellikle ön şekillendirilmesi yapılmış, deri sertliğindeki çamurun tornalarda bıçaklar ile şekillendirilmesiyle üretilmektedirler.

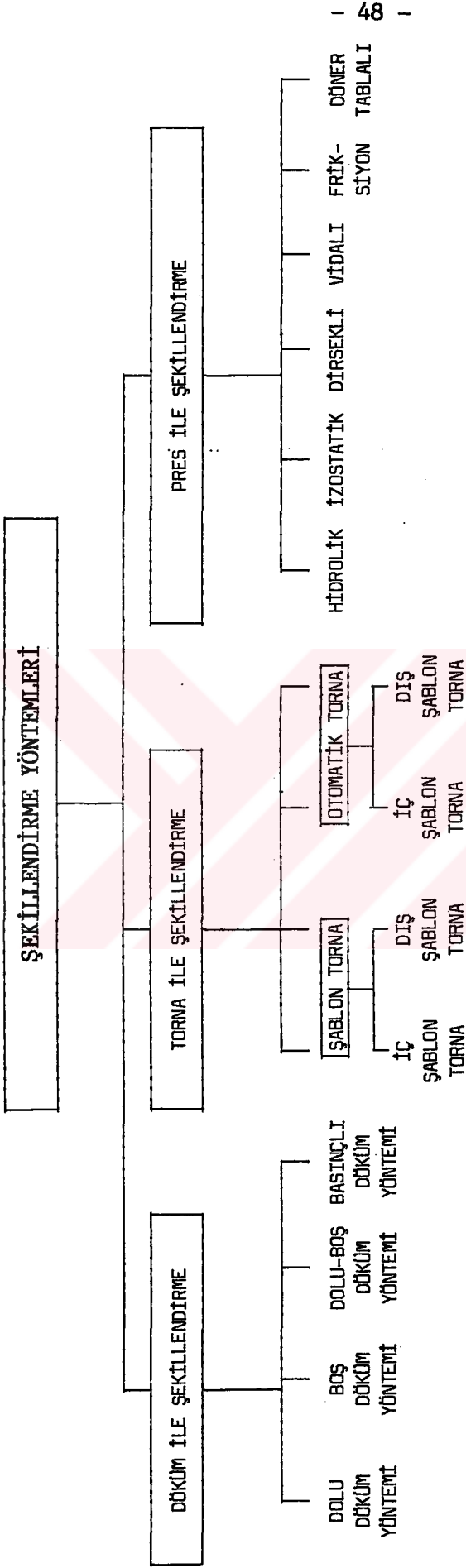
#### 2.3.1. Döküm İle Şekillendirme Yöntemi

Bu yöntemde "döküm çamuru" denilen akışkan bir çamur kullanılır. En çok kullanılan şekillendirme yöntemidir. Diğer yöntemlerle üretilemeyen parçalar bu yöntemle şekillendirilirler. Bazı formlar diğer yöntemlerle üretilmeye elverişli oldukları halde, maliyetin daha düşük olması nedeniyle bu yöntemle üretilirler. Kullanılan alçı kalıplar gözenekli yapıya sahiptirler ve döküm çamurunun suyunu emerek şekillenmeyi sağlar. Çamurun alçı

(97) K.H.Schüller, Handbuch der Keramik "Porzellan", s.2-3.

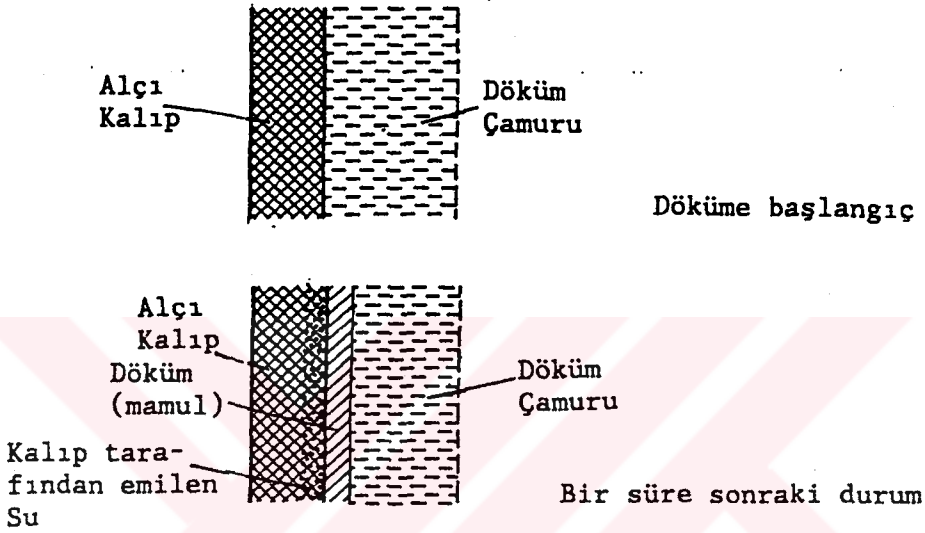
(98) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.134.

(99) A.g.e., s.136.



ŞEMA 6

kalıba temas ettiği yüzeydeki çok az bir çözünmeden dolayı istenilen et kalınlığı oluşurken, üretilen mamül kalıptan kolay çıkar. İstenilen et kalınlığı oluştuğunda, kalıbın içindeki fazla çamur geri boşaltılır. Böylece kalınlık alma işlemi sona erer. Kalıp içindeki çamur henüz yaş ve belli bir yumuşaklığa sahiptir. Kalıp sürekli olarak suyu emdiğinden bir süre sonra şekillendirilen parça kalıptan alınacak sertliğe gelir.



RESİM 5. Döküm olayında alçı kalıp-döküm çamurunun durumu

Döküm çamuru hazırlanmasında gerekli temel bilgiler şunlardır:

- Çamurda kullanılacak hammaddelerin fiziksel, kimyasal, mineralojik ve reolojik özellikleri bilinmelidir (Kimyasal olarak bileşimi, fiziksel olarak tane yapısı ve büyüklüğü, mineralojik olarak içerdiği mineraller ve kristal yapısı, reolojik olarak akışkanlık yeteneği ve bunu sağlayan etkenler).
- Döküm çamurunda olması istenen mineralojik yapının, kullanılan hammaddelerin kimyasal bileşiminden hesaplanması.
- Çamura katılacak suyun oranı, fiziksel ve kimyasal yapısı.
- En uygun elektrolit seçimi ve kullanılacak miktar.
- Çamurdaki sert ve suda dağılmayan maddelerin öğütme süresi, tüm çamurun tane büyüklüğü.
- Döküm çamurunun litre ağırlığı ve viskozitesi.



Döküm çamuru fazla su kullanılmadan akışkan hale gelmelidir. Fazla sulu (% 50'nin üzerinde) bir döküm çamuru kalıpları ıslatır, kalıptan çıkma süresini uzatır, kalıp içinde çatlar. Bu nedenle su belli bir oranda (max. % 40) kalmalı, bunun yerine "elektrolit" denilen ve taneciklerin elektrik yüklerine etki ederek, onları hareketlendiren kimyasal maddeler kullanılmalıdır. Bunlardan bazıları: Amonyak, kalsine soda, sodyum hidroksit, su camı (sodyum silikat), humus ve tanik asit v.b. gibileridir(100).

"Her kil, kaolin veya çamurun elektrolitlerle akışkan duruma gelmesi akışkanlıkta büyük rol oynar"(101). Bu yüzden çamurda kullanılacak hammaddelerin herbirinin ayrı olarak hangi elektrolit ile hangi oranlarda akışkanlık kazandığı saptanmalıdır. Bu işlem, "uygun elektrolitin saptanması" işlemidir.

Genelde çamurlar binde 3-7 arasında uygun elektrolit katkısı ile akıcı kıvama gelirler. Elektrolitin çamura olan akışkanlık etkisini saptamak amacıyla akışkanlığı süre ve miktar olarak ölçen aygıtlar kullanılır (Lehmann, Gallenkamp, Brookfield aygıtları).

Genellikle çamurların belli oranlarda elektrolit katkısı ile başlayan akışkanlığı, katkı arttıkça hızlanır. Sonuçta bu katkı ile öyle bir noktaya ulaşılır ki, artık çamurun akma süresi uzamaya başlar ve daha da arttırılan katkı ile çamur koyulaşır, akmaz hale gelir.

Elektrolit katılan bir döküm çamuru karıştırıldığı an akışkan ve hareketlidir. Çamur hiç karıştırılmadan bir süre bırakıldığında, bu akışkanlık ortadan kalkabilir ve çamur donmuş bir görünüm alır. Akışkan çamurun, hareketsiz bırakıldığında, akışkanlığını kaybederek pıhtılaşması ve çamur karıştırıldığında tekrar eski haline dönmesi olayı "tikotropi" olarak adlandırılır(102). Döküm çamurlarında tikotropi az da olsa gereklidir.

---

(100) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.75-76.

(101) A.g.e., s.76.

(102) A.g.e., s.76-78.

Litre ağırlığı değerleri, porselen çamurlarında, bileşimlerine bağlı olarak 1800 gramın hemen altında veya üzerinde olur. Sert porselen döküm çamurlarında kullanılan su miktarı % 28-30 arasında değişir.

"Porselen döküm çamuru yapımında, oldukça sık uygulanan yöntemde sert maddeler, kvartz, feldspat ve kaolin sıra ile bilyalı değirmenlerde, bol su ile öğütülürler. Havuzlara boşaltılan çamur, buradan filterpreslere basılarak suyundan uzaklaştırılır.

Bu arada uzaklaşan su ile birlikte, kaolinden gelebilen ve dökümde kullanılan elektrolitle uyuşmayan bazı zararlı suda çözünebilir tuzlar atılır. Filterpresten alınan çamur pideleri, pervaneli açma havuzlarında gerekli su ve elektrolit katkısı ile döküm çamuruna dönüştürülür"(103).

İyi bir döküm çamurunda olması gereken özellikler şunlardır:

- Et kalınlığı oluşma hızı sabit olmalı,
- Homojen olmalı (yani katı madde ve su homojen dağılmış olmalı),
- Katı maddeler çökmemeli,
- Tikotropisi düşük olmalı,
- Litre ağırlığı 1700-1900 arasında olmalı (Porselen çamurlarında 1680-1710 gr/lt. olmalı),
- Dökümden sonra kalıptan kolaylıkla çıkabilmeli,
- Döküm sonrası mukavemeti yüksek olmalı.

### 2.3.1.1. Boş Döküm ile Şekillendirme

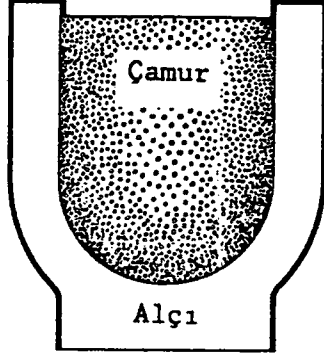
Bu yöntemle çaydanlık, vazo, biblo gibi formlar ile bazı teknik malzemeler şekillendirilirler.

"Alçı kalıp parçaları arasındaki elde edilmek istenen biçimin bir yüzeyi ile sınırlanan boşluğa, sıvı haldeki çamur doldurulup, alçı kalıbın suyu emmesiyle istenilen et kalınlığının oluşmasına değin bekletildikten sonra fazla çamurun kalıptan boşaltılması sonucu mamülün elde edilmesine boş

---

(103) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.80.

dökümle şekillendirme yöntemi denir"(104).



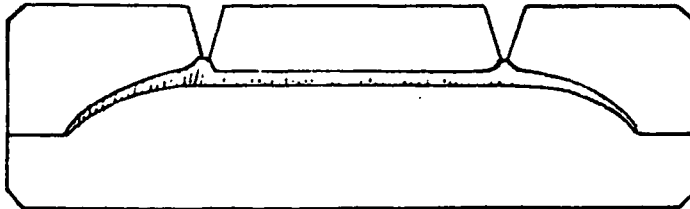
RESİM 6. Boş döküm yöntemi ile şekillendirme.

#### 2.3.1.2. Dolu Döküm ile Şekillendirme

Bu yöntemle genelde plaka, kulp gibi dolu biçimler, dairesel olmayan tabaklar (kayık tabak v.b.) ve diğer yöntemlerin uygulanmadığı dairesel tabaklar şekillendirilebilir.

"Alçı kalıp parçaları arasında elde edilmek istenen biçim kadar olan boşluğa, sıvı haldeki çamurun doldurulup kalıbın çamurun suyunu emmesi sonucu mamülün oluşturulması yöntemidir"(105).

Bu yöntemde çamuru tekrar geri boşaltmak gerekmez. Bu nedenle yöntem dolu, masif ya da kapalı döküm olarak da adlandırılmaktadır.



RESİM 7. Dolu döküm yöntemi ile şekillendirme.

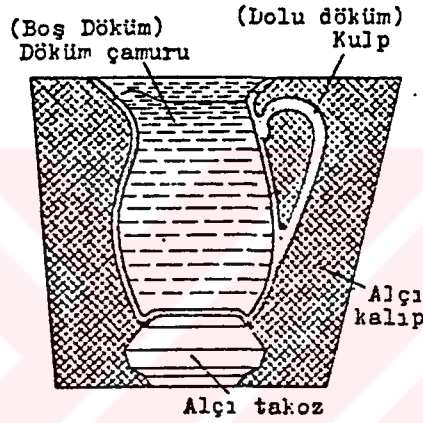
(104) Hande Kura, "Endüstriyel Seramik Tasarımında Biçim ve Üretim Yöntemleri", (basılmamış sanatta yeterlik tezi, M.S.Ü.Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uygulamalı Sanatlar Anasanat Dalı), s.80.

(105) H.Kura, a.g.e., s.110.

### 2.3.1.3. Dolu-Boş Döküm ile Şekillendirme

Sosluk, yumurtalık gibi sofr a eşyaları ile bazı teknik malzemeler ve sıhhi tesisat mamüllerininin tümü bu yöntemle üretilmektedirler.

Yöntem, hem dolu hem de boş döküm birarada bulunduğu, genellikle komplike formların şekillendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir.



RESİM 8. Dolu-boş döküm yöntemi ile şekillendirme.

### 2.3.1.4. Basıncılı Dökümle Şekillendirme

Bu yöntem, sofr a eşyası ve sıhhi tesisat mamülleri üretiminde geliştirilmekte olan bir yöntemdir. Kalıp içindeki sulu çamur üzerine basınç uygulanarak kalıp tarafından emilen suyun hızını arttırma yoluna gidilmiştir. Ancak alçı kalıp bu basınca yeteri kadar dayanıklı değildir. Bunun için, sentetik malzemeler (epoksi, poliüretan v.b.) ile yapılan kalıplarla, basınca dayanım ve yüzey aşınmasının geciktirilmesi sağlanmıştır. Bu tür kalıplara 10-18 atü ile sulu çamur preslenmekte ve suyun kalıba hızla geçmesi sağlanmaktadır(106).

(106) Y.Güner, "Seramik", s.62.

## 2.3.2. Torna ile Şekillendirme Yöntemi

### 2.3.2.1. Şablon Torna ile Şekillendirme

Bu yöntemde kullanılan çamur, vakum presten alınan plastik çamurdur. Dairesel formların seri olarak üretiminde uygulanan bir yöntemdir. Çukur ya da düz dairesel formlar bu yöntemle şekillendirilirler. Günümüzde oval formların şekillendirilebildiği şablon tornalar da vardır.

"Plastik çamurun döner alçı kalıpta şekillenebilmesi için "şablon" denilen özel bıçaklar kullanılır. Şekillendirilecek parçaların çapları büyüdükçe, tornanın dönme sayısı küçülür"(107).

Çamurun dönmeye uygunluğu, deforme olmadan tornalanabilme özelliği çamurun plastikliğine bağlıdır. Çamurdaki su miktarı fazla olursa çamur şekillendirilemez. Eğer az olursa çamur dağılabilir.

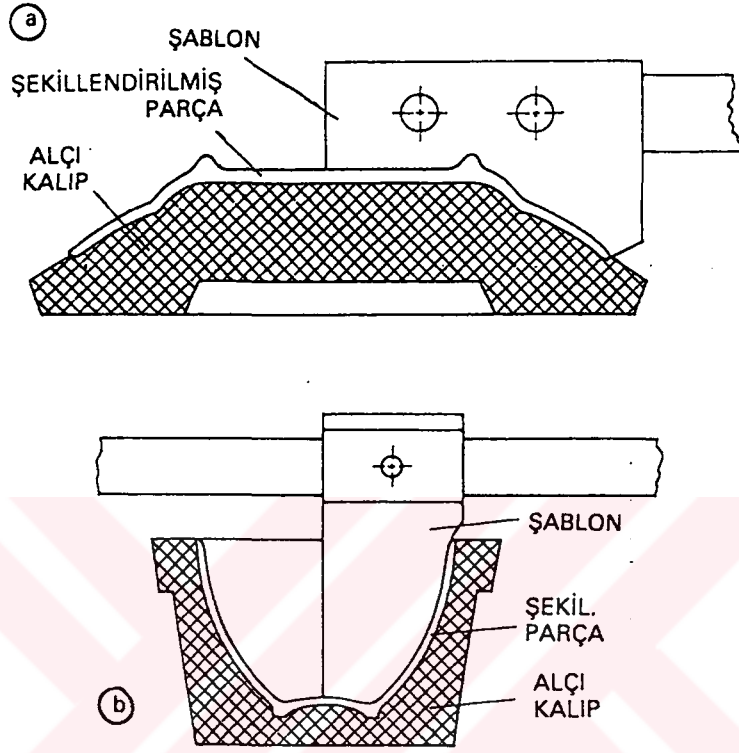
Fabrikasyon üretimde, üretilecek parçanın bir yüzü alçı kalıp, diğer yüzü de şablon tarafından şekillendirilir. Plastik şekillendirmede kullanılan çamur % 15-25 oranında nem içerir.

Bu yöntemle şekillendirme iki gruba ayrılır:

- İç Şablon Torna (Jolleying): İçte şablon, dışta ise alçı kalıp vardır. Bu yöntemle fincan, kase gibi çukur formlar şekillendirilir.
- Dış Şablon Torna (Jiggering): Dışta şablon, içte ise alçı kalıp vardır. Bu yöntemle tabak gibi yayvan formlar şekillendirilir.

---

(107) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.68.



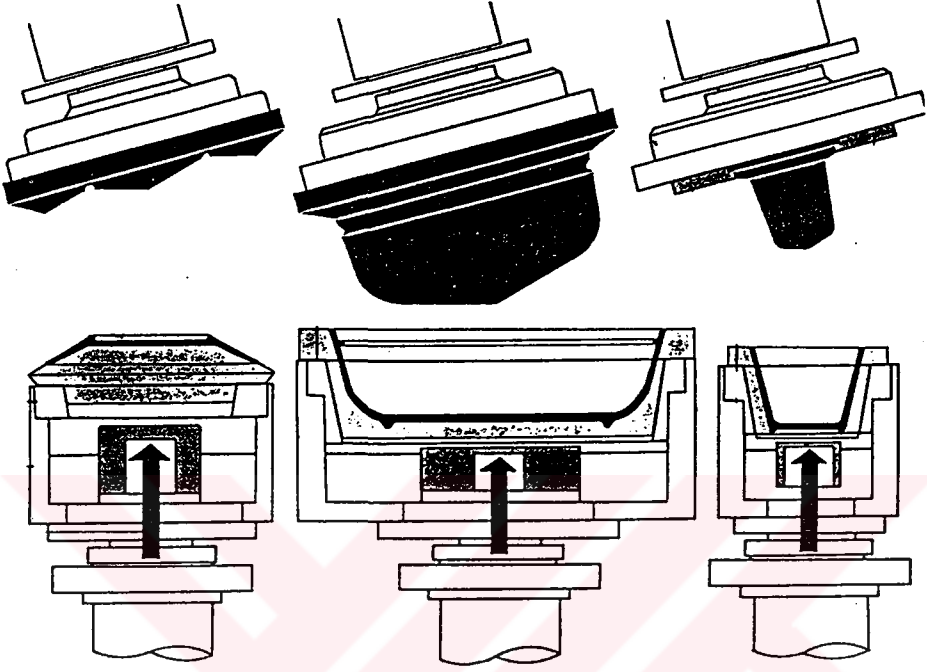
RESİM 9. Dış sıvama (a) ve iç sıvama (b) ile şekillendirme

#### 2.3.2.2. Otomatik Torna ile Şekillendirme

Şablon tornada üretilebilen bazı formlar döner başlı tornalarda daha seri ve kaliteli olarak şekillendirilebilmektedir. Şablon tornada, üretilen formun kesiti şeklindeki metal bıçak plastik çamuru döner kalıba sıvarken; döner başlı tornada, bu işlem çok düzgün yüzeyli bir çelik başlık tarafından yapılmaktadır.

Bu tornalarda da fincan, kase gibi çukur formlar iç tornalama ile, tabak gibi yayvan formlar ise dış tornalama ile şekillendirilmektedir.

Genellikle yüksek kaliteli sofraya eşyası üretiminde kullanılır (porselen v.b.). Elektroporselen üretiminde bazı izolatörlerin şekillendirilmesinde bu tornalar kullanılmaktadır.



RESİM 10. Büyük boyutlu iç ve dış sıvama başlıkları ile şekillendirme prensibi.

### 2.3.3. Presle Şekillendirme Yöntemi

Yarı yaş (plastik) veya kuru (toz-granüle) haldeki çamurun, belirli basınçlar ile, alçı, plastik ya da metal kalıplara preslenerek şekillendirilmesi yöntemidir. Elektroteknik malzeme üretiminden sofraya eşyası üretimine kadar kullanılan bir yöntemdir.

"Çoğu zaman, presleme işleminde kullanılacak olan kuru granüle çamur, şekillendirilecek malzemenin türüne, şekline ve şekillendirmede kullanılan presin türüne göre, su ile az veya çok rutubetlenir, bazı özel yağlarla karıştırılır"(108).

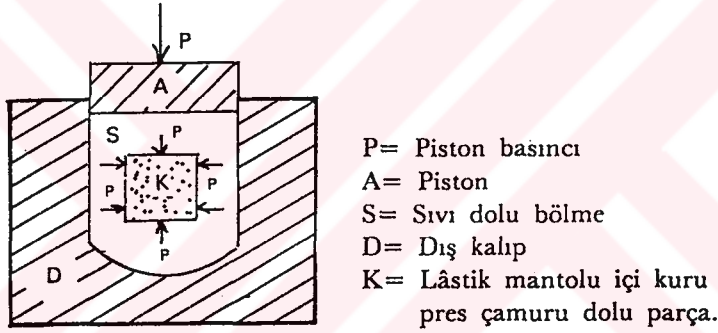
(108) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.66.

Seramik endüstrisinde en çok kullanılan pres türleri: Hidrolik, dirsekli, vidalı, friksiyon, döner tablalı ve izostatik preslerdir.

İzostatik presler dışında diğer preslerde genellikle şekillendirme iki tablo arasında yapılmaktadır. Bunlar üst baskı ve alt doldurma tablalarıdır.

Son yıllarda geliştirilen özel hidrolik presler ile tabak, kase, köşeli tabak gibi sofraya eşyası mamülleri de kuru olarak preslenmektedir.

Ayrıca drybag izostatik şekillendirme ile düz sofraya eşyası da üretilmektedir. Bu sistem de son yıllarda geliştirilmiştir.



RESİM 11. İzostatik presin çalışma prensibi.

#### 2.4. Kurutma

Şekillendirme işlemi sonucu ortaya çıkan yarı üründe birtakım düzeltilmesi gereken kısımlar bulunabilir. Kalıp birleşme yerleri, kalıp yüzeyindeki bozukluklar ürün üzerinde de çizgiler, çapaklar, pürüzler meydana getirmektedir. Bunların kalıptan çıktıktan hemen sonra ya da deri sertliği kıvamındeyken düzeltilmeleri gerekir. Bu işlem "rötuşlama" adını alır. Rötuş elle yapılabildiği gibi bazı mekanik sistemler de kullanılmaktadır.

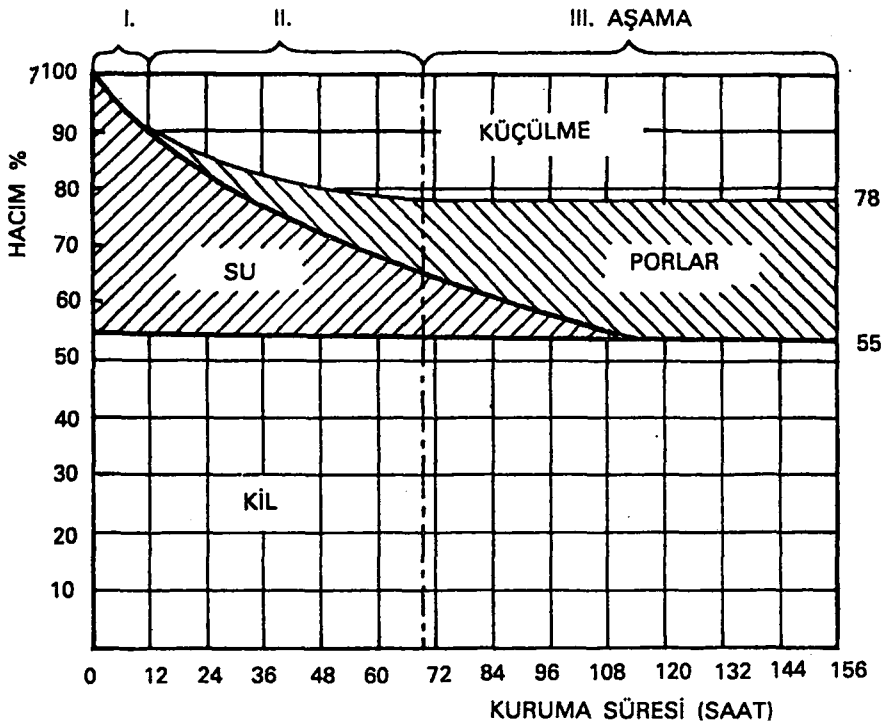
Şekillendirme işlemi sona ermiş ve rötuşlaması yapılmış olan yarı ürünün, yapısındaki serbest suyun uzaklaştırılması için, kurutulması gerekir. Pişirim öncesi üründe kalan su uzaklaştırılmazsa, pişirim sırasında gözleklerdeki su ısınarak, ani hacim genişlemeleri oluşturur ve ürün çatlar ya da parçalanabilir.



Kurutma fiziksel bir süreç olup, rutubetli üründen şekillendirme suyunun uzaklaştırılıp kurutulması işlemi olarak tanımlanabilir.

Bir seramik çamurundaki yoğrulma suyu -kil taneciklerinin yüzeylerini film şeklinde saran "yüzey suyu", çamurdaki suyun büyük bir kısmını oluşturan ve tanecikler arasında bulunan "gözenek suyu", kurutma sırasında çamurdan en güç ayrılan ve kil taneciklerinin içine emilme yolu ile giren "emme suyu" olmak üzere üç şekilde bulunur. Kurutma işlemi, bütün bu suların çamurdan uzaklaştırılması için yapılır. Bu nedenle kurutma havası sıcak olmalı ve kuruyacak malı ısıtarak içindeki suyun buharlaşmasını sağlamalıdır.

Kuruma ilk olarak yüzeyde başlar, gözeneklerden gelen su yüzeyden buharlaşarak uzaklaşır. Bu sırada kurutma sıcaklığı arttırılmamalıdır. Aksi halde, yüzey çabuk kuruyacak, içeriden gelen suyun geçmesini engelleyecek şekilde küçülecektir. Sonuçta, gerilimler oluşarak kuruma çatlakları ve deformasyonlar ortaya çıkacaktır. Gözeneklerden uzaklaşan su ile birlikte küçülme görülür, çünkü kil tanecikleri birbirlerine yaklaşırlar. Daha sonra tanecik yüzey ve emme suyu uzaklaşır.



RESİM 12. Bourry kuruma diyagramı.

- I. Çamurdan suyun buharlaşarak uzaklaşması ile hacimsel küçülme oluşur.
- II. Çamur küçülmeye devam eder ve gözenekler oluşur.
- III. Hacim küçülmesi sona erer. Oluşan gözenekler buharlaşan su miktarı ile orantılıdır.

Kurutmayı etkileyen faktörler şunlardır:

- Çamurun tane büyüklüğü ve bunun dağılımı,
- Çamur yapısındaki hammaddelerin mineral türleri ve bünyede eriyen tuzların olup olmadığı,
- Moleküllerin yapısal düzeni,
- Ortamın rutubet koşulları ve hava sıcaklığı,
- Kurutmaya giren ürünlerin boyut, şekil ve su oranlarında beraberlik.

Seramik bünyelerin kurutma sonucu dirençleri artar, esneklikleri azalır. Kuru mamül ortamdan su çeker, ancak bu çok düşük bir orandadır ve çamuru yeniden plastik hale getirmeye yeterli değildir.

Kurutma yöntemleri de çeşitlidir. Bunlar:

- Açık havada kurutma
- Odalı kurutucular
- Işımalı kurutucular
- Band kurutucular
- Salıncaklı kurutucular
- Döner masalı kurutucular
- Döner silindirik kurutucular
- Püskürtmeli kurutucular
- Valsli kurutucular
- Kanatlı kurutucular
- Jefremow yöntemi kurutucular.

Porselen ürünlerin kurutulması salıncaklı kurutucularda yapılmaktadır. Bu tip kurutucular, büyük işletmelerde kullanılan, kontinü (=sürekli) ça-

lısan kurutuculardır. Şablon tornalarda şekillendirilmiş parçalar, içinde ya da üzerinde şekillendirildikleri alçı kalıpları ile kurutulabilirler. Bu kurutmanın sıcaklığı, kalıplara zarar vermemek için, 60°C nin üzerinde olmamalıdır.

Porselen ürünlere, kontinü ve periyodik çalışan kurutma odaları, kurutma band ve kanallarında da kurutma işlemi uygulanabilir.

#### 2.4.1. Kurutma Hataları

Farklı et kalınlıklarına sahip bir parçanın kurutulmasında, ince kısımlar daha çabuk kuruyacağından geç kuruyan kalın kısımlarla aralarında gerilim farkı doğacak ve bu kısımların birleşme yerlerinde "kuruma çatlakları" oluşacaktır.

Hareketsiz zemin ve raflarda kurutulan büyük boyutlardaki parçalarda deformasyon ve eğilmeler görülebilir. Çünkü parçanın yalnızca yüzeyi kuruyacaktır ve kurutma yetersiz olacaktır. Bunlarda tek taraftan kurutma nedeni ile kılcal çatlaklar da olabilir.

Çamurun yapısındaki çözünebilir tuzlar, kurutma sırasında yüzeye taşınarak, "renk lekeleri" oluşturabilirler.

#### 2.5. Bisküvi Pişirim

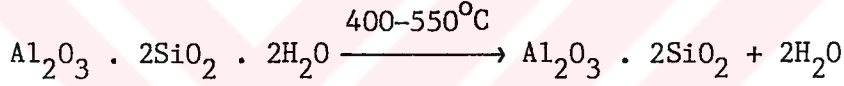
Kurutulmuş porselen mamüller, çeşitli fırın tiplerinde, bol havalı ve oksitleyici atmosferde, 800°-950°C arasında bisküvi pişiriminden geçirilirler. Parçalar tünel fırınlarda raf kullanılmadan üstüste dizilerek de pişirilebilirler.

Bisküvi pişirimin amacı, ham ürünün mukavemet kazanmasını sağlamaktır. Aksi halde ince sofraya eşyası mamülleri, sırlama sırasında yumuşayarak mekanik zorlamaya dayanamayacaklardır. Bisküvi pişirim ile hamurda organik temizlenme olur, organik safsızlıklar yanar ve gaz veren bileşikler bozunur.

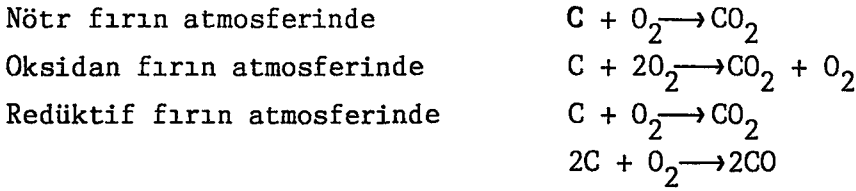
Ürünlerin bünyelerinde bulunan serbest su pişirim öncesi kurutma ile uzaklaştırılır. Ancak bazı fırınlarda ve sırsız pişirimlerde fırında pişirimden önce serbest su uzaklaştırılmaktadır. Bu periyod, yavaş ve dengeli bir ısı artışı ile sürdürülmelidir.

Kurutma ile bünyedeki kil minerallerinin içerdiği higroskopik su uzaklaştırılmaz. Pişirimin ilk safhalarında bu higroskopik su bünyeyi terkeder. Bu olay 200°C de başlayarak 300°C de son bulur.

Yaklaşık 400°C de higroskopik suyun uzaklaştırılması ile bünyede oluşan gözeneklerden kimyasal bağlı su kolaylıkla uzaklaştırılır. Bu olay 550°C ye kadar devam eder.

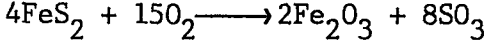
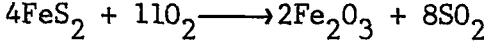


Çamur bileşiminde kullanılan kaolinler ve killerde karbon bulunmaktadır. Pişmiş bünyede kalması istenmeyen karbon, pişirim sırasında 400°C de yanarak, CO<sub>2</sub> halinde hamurdan uzaklaşır.

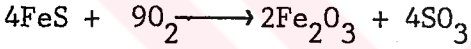
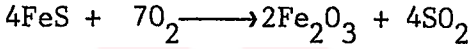
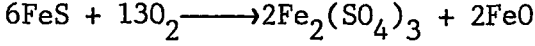
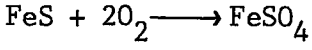
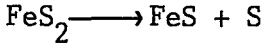


Karbonun yanabilmesi oksijenle olduğundan, ilk anda yüzeydeki karbonlar yanarken; ürünlerin iç kısımlarındaki karbonlar bünyeden uzaklaşan suyun oluşturduğu gözeneklerden giren oksijenle yanarak uzaklaşırlar. Bu olay 1000°C ye kadar devam eder.

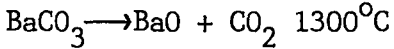
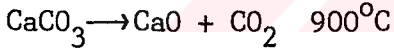
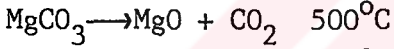
Hammaddelerde bulunan pirit (FeS<sub>2</sub>) 425<sup>o</sup>-510<sup>o</sup>C ısıda bozunarak Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> şekline dönüşür. Bol oksijenli ortamda aşağıdaki reaksiyon oluşur.



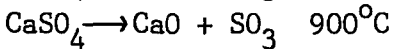
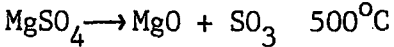
Yeterli oksijen olmayan fırınlarda  $425^\circ\text{C}$  de pirit yine bozunur. Ancak demir sülfür ve kükürt buharları oluşur, sülfürler oksijene bağlı olarak kimyasal değişimlerini sürdürürler. Kükürt buharları ise oksijen ile birleşerek  $\text{SO}_2$  ve  $\text{SO}_3$ 'e dönüşür.



Hammaddeler içinde bulunan  $\text{MgCO}_3$  ve  $\text{BaCO}_3$  gibi karbonatlar bağımlı oldukları metal oksit cinsine göre değişik ısılarda bozunarak metal oksitler ve  $\text{CO}_2$ 'e dönüşürler ( $400^\circ\text{C}$ - $1000^\circ\text{C}$  arasında).

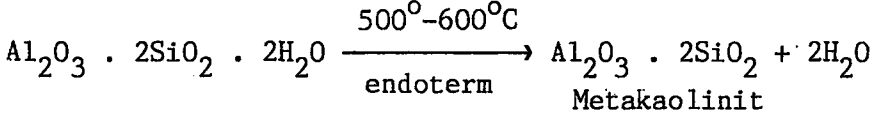


Hammaddelerin içindeki sülfatlar  $500^\circ\text{C}$ - $1000^\circ\text{C}$  arasında bozunurlar.

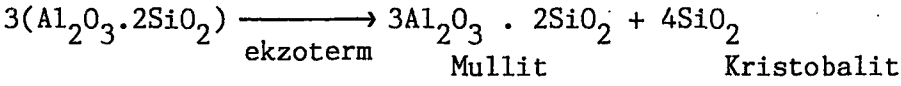


Hammaddelerden gelen demir oksitler de fırın atmosferinden etkilenirler.  $1000^\circ\text{C}$ - $1100^\circ\text{C}$  de renkli olan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , redüksiyonlu atmosferde indirgenir ve oksijen vererek açık renk veren demir oksit haline dönüşür.

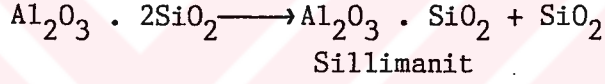
Organik maddelerin yanışı ve karbonatlar ile sülfatların bozunması ekzoterm reaksiyonlardır.  $500^\circ\text{C}$ - $600^\circ\text{C}$  arasında kaolinitin kristal suyu uçar.



Metakaolinit 830°C üzerindeki ekzoterm reaksiyon sonucu mullit ve kristobalite dönüşür.



Metakaolinit ile mullit arasında geçişi oluşturan reaksiyon ile sillimanit oluşur.



Porselen çamurunun yapısında yer alan tüm kuvars, bisküvi pişirim sonunda da çamurda aynı oranda serbest formda bulunmaktadır. Bu, bisküvinin yüksek sıcaklık genişleme katsayısı değerine sahip olduğunu gösterir.

Porselen ürünler, endüstride tünel fırınlarda bisküvi pişiriminden geçirilmektedirler. Mamüller sırlama işlemine geçilmeden önce soğutulmalıdırlar.

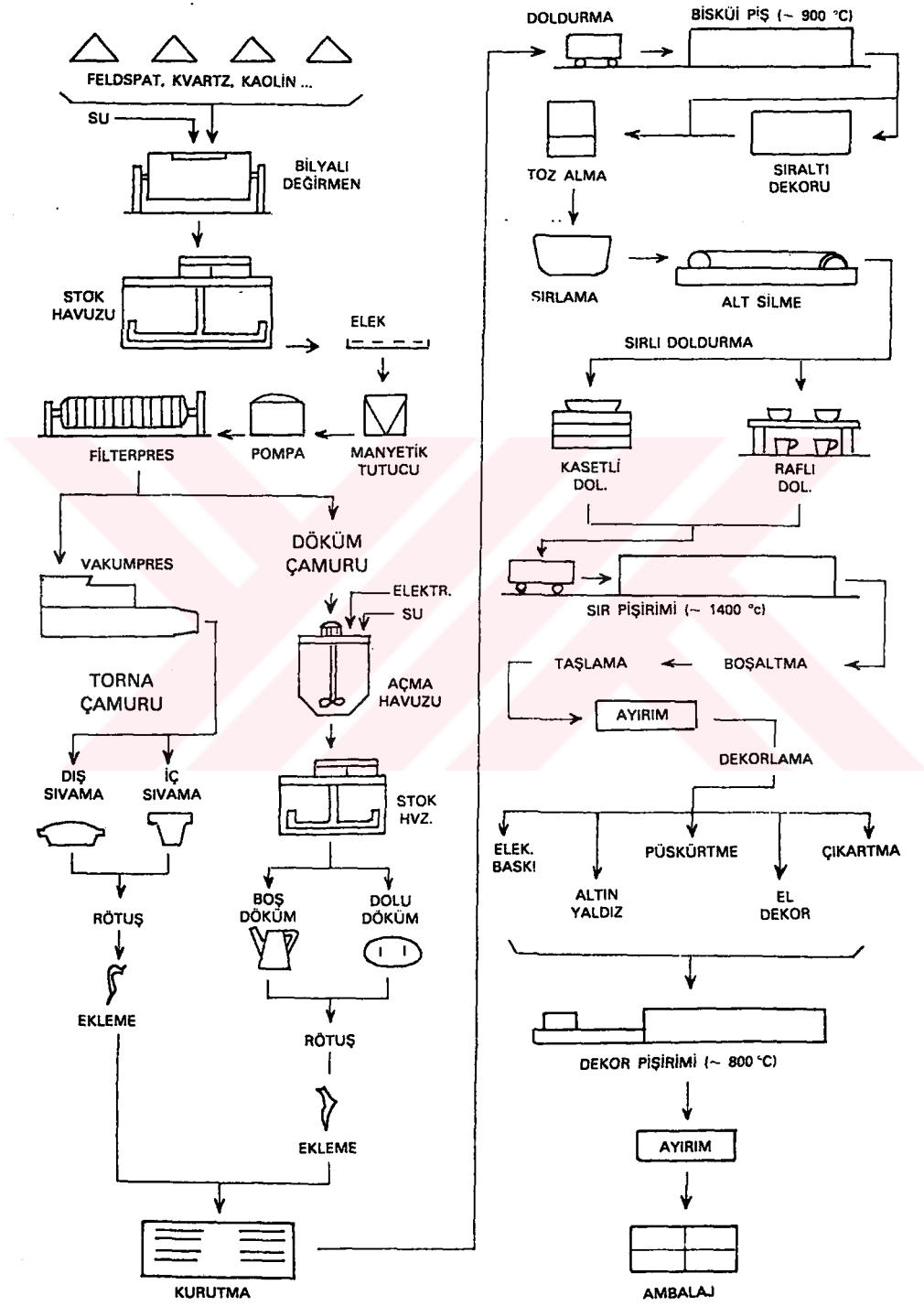
### 2.5.1. Bisküvi Pişirim Hataları

Parçalar fırına doğru yerleştirilmelidir. Özellikle geniş tabanlı parçaların yerleştirilmelerine dikkat edilmelidir. Aksi halde parçanın altı ve üstü farklı küçülme gösterebilir.

Su uzaklaştırma işlemi çok ani yapılırsa, bünyede deformasyonlar oluşur.

Bazı gazlar çamurdan atılmadan sinterleşme olduğunda şişmeler görülebilir.

PORSELEN MUTFAK EŞYASI ÜRETİMİ



ŞEMA 7

Karbonun tamamen yanması ve/veya demirin tamamlanmamış oksidasyonu sonucu siyah lekeli yüzeyler oluşabilir.

Kükürt etkisi nedeni ile griye boyanmış kısımlar oluşabilir.

Çok hızlı ısıtma ve çok hızlı soğutma yapıldığında çatlaklara yol açabilir.

## 2.6. Porselen Sırları

### 2.6.1. Tanım ve Tarihçe

Porselen sırları, yapılarında alkali ve toprak alkalileri bulunduran ham sırlardır. Feldspat, kaolin, kuvars, mermer, dolomit gibi maddeler önemli sır hammaddeleridir.

Porselen sırları Seger formülleri şu sınırlar içindedir:

|                   |        |         |           |      |         |
|-------------------|--------|---------|-----------|------|---------|
| Sert Porselen:    | 1.0 RO | 0.6-1.2 | $Al_2O_3$ | 6-10 | $SiO_2$ |
| Yumuşak Porselen: | 1.0 RO | 0.3-0.5 | $Al_2O_3$ | 3-5  | $SiO_2$ |

Bazik oksitler olarak kullanılabilen oksitler ve bunların mol oranları şu aralıklarda bulunabilirler:

|           |        |          |        |           |             |         |        |
|-----------|--------|----------|--------|-----------|-------------|---------|--------|
| $Na_2O$ : | 0-0,5, | $K_2O$ : | 0-0,5, | $Li_2O$ : | 0-0,1,      | $CaO$ : | 0-0,9, |
| $MgO$ :   | 0-0,6, | $ZnO$ :  | 0-0,2, | $BaO$ :   | 0-0,2(109). |         |        |

Porselen ve yüksek ısıda pişen sırlar, muhtemelen ilk defa Çin'de bulunmuştur. Laufer'e göre, Han dönemi (M.Ö.206-M.S.220) sonrası porselen sırlarının Batı ile çağdaş paralelliği yoktur. Bu tarihten sonra Çinliler çabalarını sırlama işlemini geliştirmeye ve renk seçeneğini zenginleştirmeye yönelmişlerdir. Laufer, bu çağın 3.yüzyılının son döneminde üretilmiş gri renkli, pekişmiş bünyeyi "yarı saydam ... porcelene benzer bir bünye" olarak tanımlamaktadır. Burada kullanılan sırların kimyasal analizi, özellikle modern Çin porseleni ile karşılaştırıldığında oldukça ilginçtir.



TABLO 1. Porselen Sır Analizleri

|                  | A                | B                | C     |
|------------------|------------------|------------------|-------|
| Silisyum dioksit | 54.17            | 68               | 64.96 |
| Alüminyum oksit  | 14.16            | 12               | 12.74 |
| Demir oksit      | 4.38             | Eser             | 0.80  |
| Kalsiyum oksit   | 19.05            | 14               | 8.78  |
| Magnezyum oksit  | 2.04             | Tesbit edilemedi | Eser  |
| Alkaliler        | 5.49             | 6                | 4.25  |
| Fosforik asit    | Tesbit edilemedi | Tesbit edilemedi | 0.16  |

- A. Eski zamanda yapılan sıranın H.W.Nichols tarafından analizi.  
B. A.Salvetat tarafından bildirilen modern Çin porselen sıranın analizi.  
C. Seger tarafından bildirilen modern Japon porselen sıranın analizi.

Mısır'da Badarian döneminde (yaklaşık M.Ö.5000) steatit ve ayrıca (Hindistan'da M.Ö.3000-2750 dolaylarında yapılmış, daha sonraları Mısır'da yapılmış) fayans üzerinde kullanılan sırlar, Batı dünyasında son 250 yıl boyunca çömlekçilerin kullandığı porselen sıranı andıran alkali-toprak alkali-alümina silikatlardı. Porselen sır tekniğinin Mezopotamya ve Hindistan'da ortaya çıktığı ve Mısır'a, çok daha sonra da Uzak Doğu'ya sıçradığı ihtimali bulunmaktadır(110).

Avrupa'da bu tür sıranın gelişmesi, 18.yüzyılın ilk on yılı boyunca, porselenin bulunmasına da rehber olmuştur. Bu yüzyıllarda, Köln dolaylarında, gerçek gre'ler (stoneware) üretilmişti. Gerçek porselen üretimindeki başlıca sorunlar uygun kil kaynakları, uygun eriticiler, mamüllerin şekillendirme ve pişirim tekniği olmuştur(111).

(110) Cullen W.Parmelee, "Ceramic Glazes", Chicago 1948, Industrial Publications Inc., s.147-148.

(111) A.g.e., s.148.

### 2.6.2. Fiziksel Özellikler

Eski Çin'den kalan porselenimsi mamüllerin analizlerinin incelenmesi, havanın etkisiyle kısmen parçalanmış feldispatik kayalardan gelen alkalilerin bugün de olduğu gibi eritici maddeler olarak kullanıldıklarını göstermektedir. Oldukça önemli miktarda kalsiyum oksit bulunması, şüphesiz batı dünyasında yıllardan beri yapıldığı gibi, sıra katılan öğütülmüş kalsit veya mermere bağlıdır(112).

Porselen sırlarında kullanılan kil, toprak alkalileri (genellikle Ca ve Mg karbonatlar) ve ince öğütülmüş silisyum dioksit gibi maddeler tek başlarına oldukça refrakter malzemelerdir. Eritici olarak katılan alkali-alümina silikatlar (feldspat, v.s.), bozunuma uğramak için minimum SK 4, deformasyon için genellikle daha yüksek ısıya ve akışkan hale gelmek için ise daha da yüksek ısılara gereksinim duyarlar. Bu maddeler birlikte karıştırıldıkları ve eritildikleri zaman ötektiklerin oluşumu erime derecesini düşürür, ancak herşeye rağmen porselen sırları bütün sırlar içinde en refrakter olanlarıdır. Erime yeteneği daha fazla olan sırlar olmakla birlikte, yaklaşık olgunlaşma ısısı ortalama SK 8 (1250°C) dir. Endüstrideki üst sınır yaklaşık SK 17 (1480°C) dir(113).

Sonuçta elde edilen sırlar masrafları ve güçlükleri karşılayacak özelliktedirler. Bunlar suda çözünmezler;—hidroflorik, fosforik asit ve sülfürik asitin sıcak buharları hariç— tüm asitlere dayanıklıdırlar. Bu sırlar sert oldukları için çizilmezler. Mekanik olarak sağlamdırlar, normal şartlarda üzerine uygulandıkları bünyenin çekme (gerilim) kuvvetini artırırlar. Büyük oranda uygulandıkları çamur ile aynı maddelerden oluştuklarından ve yüksek ısıda fırınlandıklarından, yüzeyler arası bölgelerdeki fiziksel ve kimyasal denge ve karşılıklı erime dolayısı ile, gerilim minimuma inerek çatlama ve patlamalar oluşmasını azaltır(114).

---

(112) C.W.Parmelee, "Ceramic Glazes", s.148.

(113) A.g.e., s.148-149.

(114) A.g.e., s.149.

Sırın buharlaşması, yüksek ısılarda bile, çok azdır, çünkü bileşenlerin düşük buhar basınçları vardır ve ürün erimiş durumdadır. Bu bakımdan toz, is, alev ve uçan parçacıklarla temasın önlenmesi koşulu ile sırlı mamüller fırında kaset içine konulmadan pişirilebilirler.

Bileşimde indirgenebilir oksitlerin bulunmaması (istisnalar hariç), sırın özelliklerinden biri olup; demir-3-oksiti kuvvetli bir baz olan ve uçuk mavi ya da yeşilimsi renk vererek camsı eriyikte hemen eriyen demir-2-oksite dönüştüren fırınlama yöntemlerinin kullanımına olanak sağlar. Porselen sırnın viskozitesi ve yüzey gerilimi yüksektir. Sır şeffaf, opak veya renkli olabilir(115).

### 2.6.3. Bileşenler ve Görevleri

Sırı oluşturan kimyasal bileşiklerin az sayıda olması bunların kolayca hazırlanabilmelerini ve uygulanmasını sağlar.

Berdell ve Danheim, ötektik maddeler içeren  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  denge sistemindeki bölgeden seçilen sır bileşimlerini incelemiştir (Tablo 2).

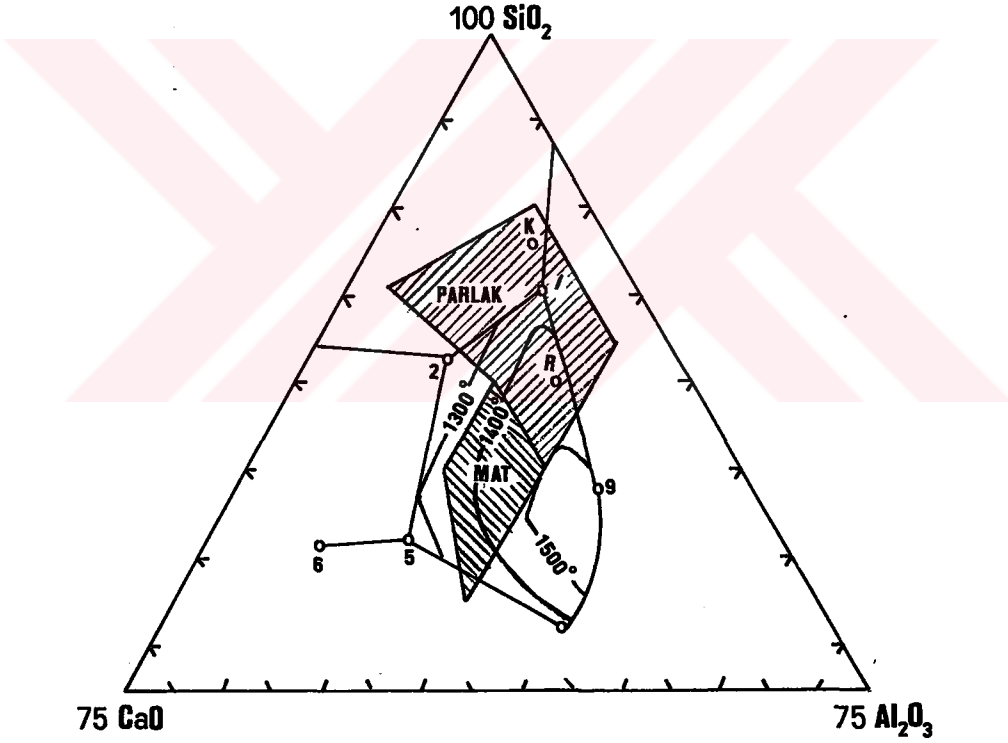
TABLO 2.  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  Sisteminden Sır Bileşimleri

| BİLEŞİM                       | A(e.n.1170°C) | B(e.n.1265°C) |
|-------------------------------|---------------|---------------|
| CaO .....                     | % 23.3        | % 38          |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ ..... | 14.7          | 20            |
| $\text{SiO}_2$ .....          | 62.2          | 42            |

SK 11 ve SK 13'de konumları Resim 13'de gösterilen bir dizi parlak ve mat sır bileşimleri elde edilmiştir. Bileşimler aşağıdaki sınırlar içindedir:

TABLO 3. CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> Sisteminden Sır Sınırları

|                        | PARLAK    | MAT       |
|------------------------|-----------|-----------|
| SiO <sub>2</sub> ..... | % 80-% 50 | % 65-% 35 |
| AlO .....              | 20- 4     | 35- 20    |
| CaO .....              | 25- 5     | 30- 20    |



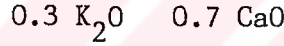
RESİM 13. CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> üçlü diyagramı ve sır bileşimleri.

Bu diyagramdaki sırlara ait çeşitli bilgiler aşağıdaki Tablo 4'de verilmektedir.

TABLO 4.

| No           | Ötektikler |                                |                  | Erime Noktaları | Kon Eşdeğerleri |
|--------------|------------|--------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|
|              | CaO        | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> |                 |                 |
| 1 .....      | 9.8        | 19.8                           | 70.4             | 1345°C          | 13              |
| 2 .....      | 23.3       | 14.7                           | 62.2             | 1170°C          | 4               |
| 5 .....      | 38.0       | 20.0                           | 42.0             | 1265°C          | 10              |
| 6 .....      | 47.2       | 11.8                           | 41.0             | 1310°C          | 12              |
| Sırlar       |            |                                |                  |                 |                 |
| Riddle ..... | 14.0       | 25.6                           | 60.3             | .....           | 17              |
| Kerl. ....   | 8.0        | 16.5                           | 75.5             | .....           | 17              |

Geçen yüzyılın son çeyreğinde, Herman Seger porselen sıri için bulduğu en iyi RO tercihinin:



olduğunu bildirmiştir ve fikirleri seramikçileri yakın zamanlara kadar oldukça etkilemiştir. Geleneksel mol sınırları içinde RO üyelerinin daha uygun bir listesi şöyledir:

- 0.1-0.3 KNaO
- 0.0-0.3 MgO
- 0.0-0.7 BaO
- 0.4-0.7 CaO
- 0.0-0.7 SrO

#### 2.6.3.1. Alkaliler (K<sub>2</sub>O ve Na<sub>2</sub>O)

Sırlarda eritici olarak rol oynarlar. Sodyum ısı genleşmeyi büyük oranda arttırarak katsayısını yükseltir. Viskoziteyi azaltır ve dolayısı ile yumuşama ve erime ısılarını düşürür. Potasyum daha az ölçülerde olmakla birlikte, benzer etkileri gösterir. Sır yapımında potasyum feldspat (K<sub>2</sub>O.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.6SiO<sub>2</sub>) daha çok kullanılır. Sodyum feldspat da

( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ) kullanılmaktadır. Bunlar ucuz, çözünmeyen ve renksiz maddelerdir. Bunlardan başka alkali içeren diğer hammadde türü olarak, fazla miktarda serbest silis ve kil cevheri içeren, pegmatitler de kullanılmaktadır.

#### 2.6.3.2. Kalsiyum Oksit ( $\text{CaO}$ )

Sırlara kalsiyum oksit katmak için genellikle  $\text{CaCO}_3$  yapısındaki mermer, tebeşir ve dolomitten yararlanılır. Feldspat ile uygun oranlarda kullanıldığında porselenin ve diğer sır türlerinin bilinen bazlarını oluşturur. Alkali ve yüksek oranda kalsiyum içeren sırlar daha şeffaf ve daha az viskozduurlar.

Daha fazla kalsiyum içeren sırlar, belirli sır-altı bileşimlere uygulandıklarında, özel renk etkileri yarattıkları için tercih edilirler. RO üyelerinin çeşit ve miktarlarınının uygun seçimi bu durumlarda önemlidir. RO grubunda, alkali üyeler hakim olduğunda, süt benzeri yarı şeffaf bir renk oluşur(116).

#### 2.6.3.3. Kalsiyum Florür ( $\text{CaF}_2$ )

Porselen sırlarına yapılan yararlı bir katkıdır, çünkü erime işlemini kolaylaştırır ve çeşitli renklerin gelişmesinde olumlu etkileri vardır.  $\text{SiO}_2$ 'nin bir kısmı ile reaksiyona girerek dekompoze olup, fluor açığa çıkardığından kullanılabilen miktarı % 6 veya % 7 ile sınırlıdır. Vogt, bir porselen sırlarında kullanılan hammaddelerden gelen % 4,65 fluorun tamamının  $1300^\circ\text{C}$  de oksidan atmosferde pişirilen ve platin üzerine yerleştirilen sır örneğinden kaybolduğunu bulmuştur(117).

#### 2.6.3.4. Magnezyum Oksit ( $\text{MgO}$ )

Sırlarda genellikle magnezitten ( $\text{MgCO}_3$ ) alınarak kullanılır. Dolomit de ( $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ) ucuz bir kaynaktır. Parlaklığı arttırmakla birlikte, olduk-

(116) Cullen W.Parmelee, "Ceramic Glazes", s.152.

(117) A.g.e., s.152.

ça refrakter bir maddedir(118).

#### 2.6.3.5. Baryum Oksit (BaO)

Baryum karbonattan ( $BaCO_3$ ) alınır. Diğer toprak-alkali karbonatlarına oranla dekompoze olması için daha yüksek ısı gerektirmektedir. Ancak erimeyi hızlandıran ve sırnın şeffaflığını arttıran daha güçlü bir eritici- dir. Ayrıca güzel mat sırlar oluşturabilir(119).

#### 2.6.3.6. Stronsyum Oksit (SrO)

Sırlarda genellikle  $SrCO_3$  tan alınarak kullanılır. Sırlarda kalsiyum ok- site benzer özellikler gösterir. Sofra eşyası sırlarında kullanıldığında çizilmeye karşı dayanıklı ve asitlere karşı dirençli olmasından yararlanılır. Ham kurşunsuz sırların hazırlanmasında yararlı bir madde olduğu araştırmalar sonucu bulunmuştur(120).

#### 2.6.3.7. Silisyum Dioksit ( $SiO_2$ )

Sırlarda  $SiO_2$  kaolin, kil, feldspat ve en çok kuvarstan alınır. Cam oluş- turucu olarak görev yapar. Sırda  $SiO_2$  oranının artması ile orantılı ola- rak, sırnın erime sıcaklığı derecesi de yükselir. Sırnın kimyasal maddelere direnci de,  $SiO_2$  nin belirli bir orana yükseltilmesi ile sağlanabilir.

#### 2.6.3.8. Alüminyum Oksit ( $Al_2O_3$ )

Sırlarda  $Al_2O_3$  almak için genellikle kaolin, kil ve feldspatlardan yararlanılır. Erimiş haldeki sırnın içinde bulunan alüminyum oksitlerin fonk- sionları çeşitli ve önemlidir. Belli bir sınıra kadar cam yapıcıdır. Viskoziteyi, erimeyi, dayanıklılığı ve diğer birçok fiziksel özelliği önemli ölçüde etkilemektedir. Silisyum dioksitin bir kısmının yerine alü- minyum oksit konulması ısıl genleşmeyi çok az etkiler. Alüminyum oksitin

(118) C.W.Parmelee, "Ceramic Glazes", s.152.

(119) A.g.e., s.152-153.

(120) A.g.e., s.153.

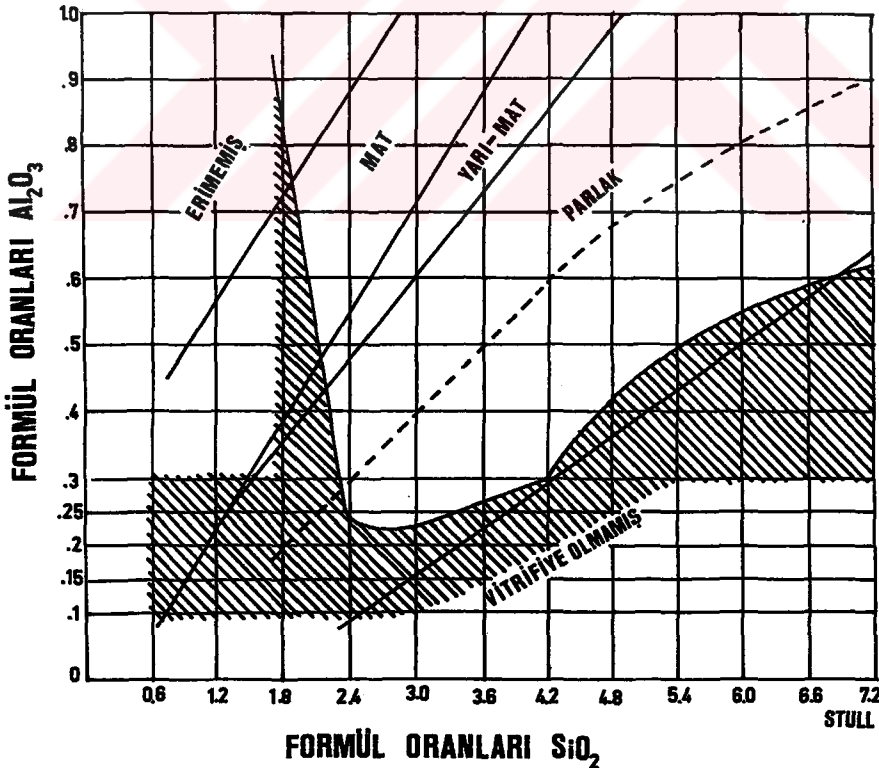
silisyum dioksit ile belli sınırlar içinde değiştirilmesi eriyiği daha akıcı hale getirir, fakat genişleme katsayısı azalır(121).

Steger, bir dizi porselen sırası inceleyerek aşağıdaki bileşimin en az ısıl genişlemeye sahip olduğunu bildirir:

% 79,2  $\text{SiO}_2$ , % 13,4  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , % 49,9 CaO, % 1,2 MgO, % 1,3  $\text{K}_2\text{O}$  (400°C de bu değer yaklaşık % 1 olmuştur)(122).

Sert porselen sıralarının yumuşama başlangıç noktası genelde 750°-900°C'ler arasındadır. Steger, sert porselen sıralarının yumuşama bölgesinin başlangıcının 650°-700°C arasında olduğunu bulmuştur(123).

Porselen mamüllerin normal tipleri için gerekli olan fırınlama şartları altında  $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$  oranı 7:1 ile 10:1 sınırları içindedir. RO grubunun sabit olduğu (0.3  $\text{K}_2\text{O}$  ve 0.7 CaO) durumlarda geniş bir  $\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$  varyasyonu için bu ilişkiler Resim 14'de gösterilmektedir.



RESİM 14. RO sabit,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{SiO}_2$  değişken olan ve Stull'a göre SK 11'de pişirilmiş porselen sıf alanı. Taranmış bölge çatlamış.

(121) Cullen W.Parmelee, "Ceramic Glazes", s.154.

(122) A.g.e., s.155.

(123) A.g.e., s.155.



Yatay eksen  $\text{SiO}_2$  nin formül oranlarındaki varyasyonları, düşey eksen ise  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 'in formül oranlarındaki varyasyonları göstermektedir. Aynı ısı konisinde olgunlaştırıldıkları zaman, çeşitli sır bileşimlerinin durumları "erimemiş", "mat" v.s. gibi açıklayıcı terimlerle gösterilmiştir(124).

Parlaklığı en fazla olan bileşenlerin eksenini Resim 15'deki QT noktali çizgisidir. Eşdeğer sıcaklık eğrileri, sır bileşimlerinin, deformasyon sıcaklıklarını göstermektedir. Stull ve Howatt, "en iyi sırların bulunduğu merkezin yakınında bulunan ve sırların kalitesinin ötektik noktadan uzağa doğru tüm yönlerde azaldığı bir grup ötektiği" yani grupta yer alan bileşimi bulmuşlardır. En iyi sırların genel formülleri şöyledir:

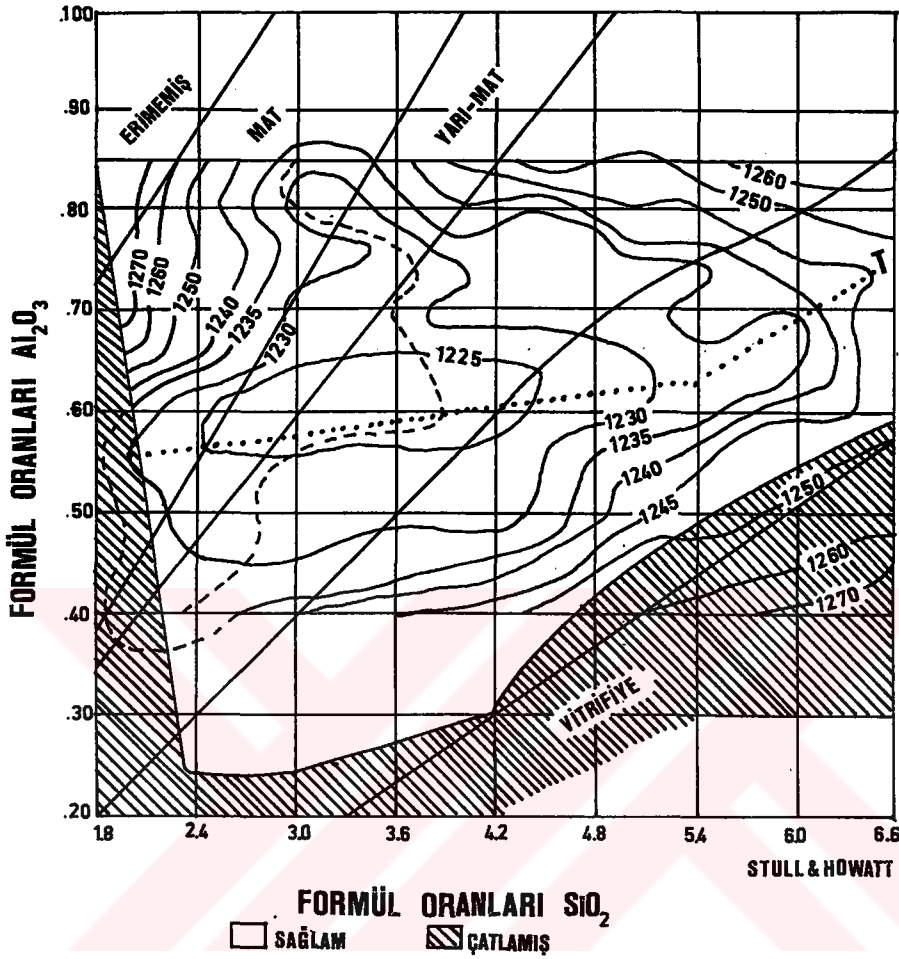
RO: 0.60  $\text{Al}_2\text{O}_3$ :4  $\text{SiO}_2$  Deformasyon sıcaklığı 1220°C  
RO: 0.55  $\text{Al}_2\text{O}_3$ :3,5  $\text{SiO}_2$  Deformasyon sıcaklığı 1227°C  
RO: 0.55  $\text{Al}_2\text{O}_3$ :4,0  $\text{SiO}_2$  Deformasyon sıcaklığı 1230°C  
RO: 0.60  $\text{Al}_2\text{O}_3$ :3.5  $\text{SiO}_2$  Deformasyon sıcaklığı 1222°C

Bu sırların deformasyon ısıları ile gelişme ısıları (SK 9, yani 1250°C de, saatte 20°C hızla) arasındaki fark yaklaşık 1 kon'dur. Bu, kısmen fırındaki pişme hızına bağlıdır(125).

---

(124) Cullen W.Parmelee, "Ceramic Glazes", s.155.

(125) A.g.e., s.156.



RESİM 15. Stull ve Howatt'a göre RO sabit, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve SiO<sub>2</sub> değişken olan porselen sır bileşimlerinin deformaşyon ısıları

#### 2.6.4. Porselen Sırının Hazırlanması

Sert porselenin sırında da çamurunda kullanılan aynı hammaddeler kullanılmaktadır. Ancak içindeki feldspat miktarı oldukça yüksektir, bu nedenle çoğu kez porselen sıırı yerine "feldspat sıırı" deyimi de kullanılmaktadır.

Hazırlanacak sır, reçetedeki hammadde oranlarına göre tartılır. Sır öğütmede bilyalı değirmenler kullanılır ve öğütme sulu olarak yapılır. Sır belli bir inceliğe gelene dek öğütme sürer. Sır cm<sup>2</sup> sinde 9000-10000 delik bulunan eleklerden geçirilir. Elek üzerinde hiç kalıntı bırakmamalı ya da

bu kalıntının oranı en çok % 0,1 olmalıdır.

Sır reçetesi her defasında eksiksiz ve doğru tartılmalı, kullanılan sır hammaddelerinin özellikleri sürekli kontrol edilmelidir. Bu sayede sırlar sürekli olarak aynı özelliklerde hazırlanabilirler. Sır öğütmede, kullanılacak değirmen bilyaları, sır ve hammadde ağırlıkları aynı olmalıdır. Sır yoğunluğu bome (baumé) derecesi türünden saptanarak her defasında aynı yoğunlukta hazırlanıp kullanılmalıdır. Öğütme süresi de devamlı aynı olmalıdır.

Hazırlanan sırlar kullanılmadan önce manyetik tutuculardan geçirilerek hammaddelerden gelen ve hazırlama aşamasında sıranın içine karışan serbest demir tanecikleri sırdan ayrılarak tutulur.

Sırlama işlemine geçmeden önce sırlanacak parçaların tozları alınmalıdır.

#### 2.6.5. Sırlama Yöntemleri

Porselen üretim teknolojisinde sırlama çeşitli yöntemlerle yapılmaktadır. Bunlar püskürtme, daldırma, akıtma yöntemi gibi yöntemlerdir. Ancak porselen sofraya eşyası üretiminde en yaygın olarak kullanılan yöntem daldırma ile sırlamadır.

##### 2.6.5.1. Püskürtme Yöntemi

Daldırma ile sırlamanın olanaksız olması durumunda, (çok büyük parçaların, et kalınlığı ince olan parçaların veya ilk pişirimi yapılmamış parçaların sırlanması) püskürtme ile sırlama yöntemi uygulanır.

Sırlanacak parça üzerine, pistole adı verilen özel püskürtme tabancaları ile sır atılır. Parçanın her tarafına eşit kalınlıkta sır uygulanmasına dikkat edilmelidir. Burada insan faktörü önemlidir. Ancak günümüzde pistole işçisinin tüm hareketlerini aynen uygulayabilen robot pistoleler yapılmıştır.

#### 2.6.5.2. Daldırma Yöntemi

Bisküvi pişirimi yapılmış ince parçalar ile, kalın olmak şartı ile, ham parçalar da bu yöntemle sırlanabilmektedirler.

Parça daldırıldığı sır içinde, sır istenilen kalınlıkta uygulanacak şekilde, belli bir süre tutulur. Daldırma ile sırlamada sırnın yoğunluğu sık sık kontrol edilmeli ve sürekli aynı bameda olan sır kullanılmalıdır. Daldırma sırasında parçanın elle ya da uygun bir yardımcı malzeme ile tutulması sonucu sırlanmadan kalan yerler rötüş fırçası ile sırlanırlar.

Günümüzün ilerleyen teknolojisi sayesinde artık bu yöntemde de otomasyon sağlanmıştır. Sırlanacak parçalar el değmeden seri olarak daldırma yöntemi ile sırlanabilmektedirler.

Sırlama işlemi bittikten ve sırsız yerlere gerekli rötüşler yapıldıktan sonra parçaların pişirim sırasında tabana yapışmaması için ayak ya da bazı parçalarda ağız kısımlarındaki sırlı kesimler silinirler.

#### 2.7. Sır Pişirimi

Porselen oluşumunun en önemli aşaması sır pişirimidir. Günümüzde porselen pişirimi genellikle tünel ve kamaralı fırınlarda yapılmaktadır. Yakıt olarak havagazı, sıvı gaz veya mazot kullanılmaktadır. Tünel fırın, tünel şeklinde olup, pişecek ürünlerin fırın içinde özel arabalar yardımı ile hareket ederek pişirildiği fırınlardır (Bisküvi fırınları yaklaşık 70 m., sır fırınları 85 m. uzunluktadır). Bu fırınlar sürekli çalışmaları için kontinü fırınlar adını da alırlar (Resim 16). Bisküvi pişirim 25-30 saat, sır pişirimi ise 40-50 saat sürmektedir. Tünelin içi baştan sona sürekli olarak pişirilecek ürünlerin yüklendiği arabalarla doludur. Belli zaman aralıkları ile fırın içine yeni arabalar itilir.

Ürün tünel fırına ilk girdiğinde önce yavaş yavaş ısınır. Daha sonra, fırının ortalarına ilerledikçe, brülörler yardımı ile ısıtılan ateş bölgesine ulaşırlar. Bu bölgede ürün için gerekli en yüksek sıcaklık derece-

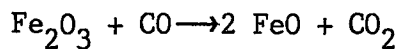
sinde pişirir yapılır. Pişirimi biten ürün yavaş yavaş soğuma bölgesine ilerler. 600°C ye kadar hızlı yapılan soğutma, bundan sonra kritik bölge olan 650°-400°C arasında, çok yavaş bir ısı düşmesi ile devam eder. Daha sonra normal hızda bir soğuma ile dışarıya çıkacak ısıya kadar sıcaklık düşmesi gerçekleştirilir. Seri üretimde en uygun fırın tipi olarak tünel fırınlar kullanılmaktadır.

"Porselende 1250°C de ve daha altında indirgeyici (=redüksiyonlu) atmosferde pişirir yapılmaz. Bunun nedeni "Boudouard"ın karbon dengesi eşitliği adı ile anılan,  $2 \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$  eşitliğinde, açığa çıkan karbonun çamurda yol açtığı gri renktir"(126).

Oksitleyici-nötr atmosferde pişirir yapıldığında porselen kırığı sarımsaktrak bir renk gösterir. Pişirme sıcaklığı düştükçe bu renk daha da belirginleşir. 1200°C de bu rengin sarı-pembeye dönüştüğü görülür. Bunun nedeni, çamurda 3-değerli olarak bulunan demirdir.

Porselende, beyaz pişen çamur elde etmek için, pişirir sıcaklığı 1300°C'nin üzerinde tutulmalıdır. Bu sıcaklıkta 3-değerli demir, indirgen atmosferde, 2-değerli demire dönüşecek ve çamurdaki  $\text{SiO}_2$  ile birleşecektir. Bu arada açığa çıkan oksijen ise çamurda kabarcıklara neden olur. Bu yüzden, indirgeyici pişirir, bünyenin henüz gözenekli olduğu sıcaklık bölgesine kaydırılmalıdır. Redüksiyon bölgesinde yanma az hava ile yapılmalıdır.

İndirgeyici pişirir, porselen çamurunun gözeneklerinin kapanmasından önce, 1050-1100°C den başlayarak yapılır. Böylece 3 değerli tüm demir bileşikleri, 2-değerli şekle indirgenir.



Bu şekilde oluşan  $\text{FeO}$ ,  $\text{SiO}_2$  ile birleşir ve ortaya açık mavimsi-yeşil bir renk çıkmasına yardımcı olur. Bu renk göz tarafından algılanmaz ve kalite

düşürücü etki yapmaz. Bu limitler, çamurda % 0.58  $Fe_2O_3$  ve sırda % 0,20  $Fe_2O_3$  tir. Bu limitlerin üzerinde  $Fe_2O_3$  içeren çamur ve sırlara, ne kadar iyi redüksiyon uygulanırsa uygulansın, mavimsi-yeşil renk göz tarafından algılanacaktır. Redüksiyon sonucu oluşan FeO sinterleşmede önemli rol oynar. Çamur daha iyi ve daha çabuk pekişir. FeO olmazsa, pekişme daha geç ve az olur.

Sert porselen pişiriminde, pişirim aşamalarındaki oksidasyon-redüksiyon zincirine uyulması gerekir:

1. 20-1000°C ağırlıklı oksidasyonlu pişirim,
2. 1000-1100°C tam oksitleyici pişirim,
3. 1100-1300°C tam indirgeyici pişirim,
4. 1300-1450°C nötr pişirim.

"Ön ısıtmada (1.aşama) porselen eşit bir şekilde ısıtılır, bu sırada bisküvi üzerinde biriken karbon, sıcaklığın 800°C ye ulaşması ile kaybolur.

1000-1100°C lerde bol havalı pişirimde çamur karbondan yeterince arındırılır.

Üçüncü aşama, gerek çamurun, gerekse sıran gözeneklerinin henüz kapanmaya başlamadığı bir sıcaklıkta 1050-1100°C lerde başlar, 1300°C ye dek sürer. Böylelikle fırın atmosferinin indirgeyici etkisinin çamur üzerinde görülmesi sağlanır. Tünel fırınlarda normal koşullarda yanma gazlarının % 3-5 CO içermesi gerekir. Bu değer, kamara fırınlarda ortalama % 5-10 dolayındadır"(127).

Pişirimin son aşamasında fırın atmosferi nötrdür. Böylece fırın sıcaklığının maksimum verime ulaşması sağlanır. Bu son pişirim sıcaklığı yarım ile bir saat arasında tutulursa yararlı olur(128).

---

(127) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.138.

(128) A.g.e., s.138.

Porselen pişiriminde tabak kaseti ve fırın plâkaları gibi yardımcı malzemelerin yanısıra, pomze, gerilim halkaları ve pişme dayakları kullanılır. Bu malzemeler (pomze, gerilim halkaları ve pişme dayakları) üretimdeki porselen çamurundan yapılır ve deformasyondan korudukları ürünle aynı küçülmeyi gösterirler(129).

Sır pişirimi de tamamlanan porselen mamüllerin sırsız ayak ve ağız kısımları gerekirse taşlanarak ve polisajla düzeltilir. Taşlama işleminde silisyum karbid zımpara taşları kullanılmaktadır.

### 2.7.1. Sır Pişirim Hataları

Pişme rengi beyaz olan porselenin, özellikle sırsız bölgelerde sarı lekeler ortaya çıkacak şekilde pişmesi bir pişirim hatasıdır. Redüksiyon süresinin kısa tutulması ve bu sırada çamurun gözeneklerini kapayamaması sonucu, "geri oksidasyon" etkisi ile, özellikle ayak gibi sırsız bölgelerde sarı lekeler oluşur(130).

Çamurda krater görünümlü deliklerin nedeni, sinterleşme süresinde çamur ve sır içinde kalan havadır. Bisküvi pişirimi yeterli sıcaklıkta yapılmayan mamüllerin sırlanması sonucu da bu hata görülür(131).

Fırın yakıtı içinde kükürt bulunursa, sır henüz ham iken, sır bileşimindeki CaO ve MgO ile birleşerek bu maddelerin sülfatlarını oluştururlar. Bu sülfatlar da yüksek sıcaklıkta parçalandıklarından, sırda iğne deliği veya yumurta kabuğu görünümü ortaya çıkar.

Döküm çamurundaki sodadan gelen alkali, bisküvi pişirimi yüksek sıcaklıkta yapılırsa silikat olarak bağlanacak ve ince bölgelerde ve köşelerde pekişme meydana gelecektir. Bu bölgeler sırsız az emerek sır hatasına yol açarlar(132).

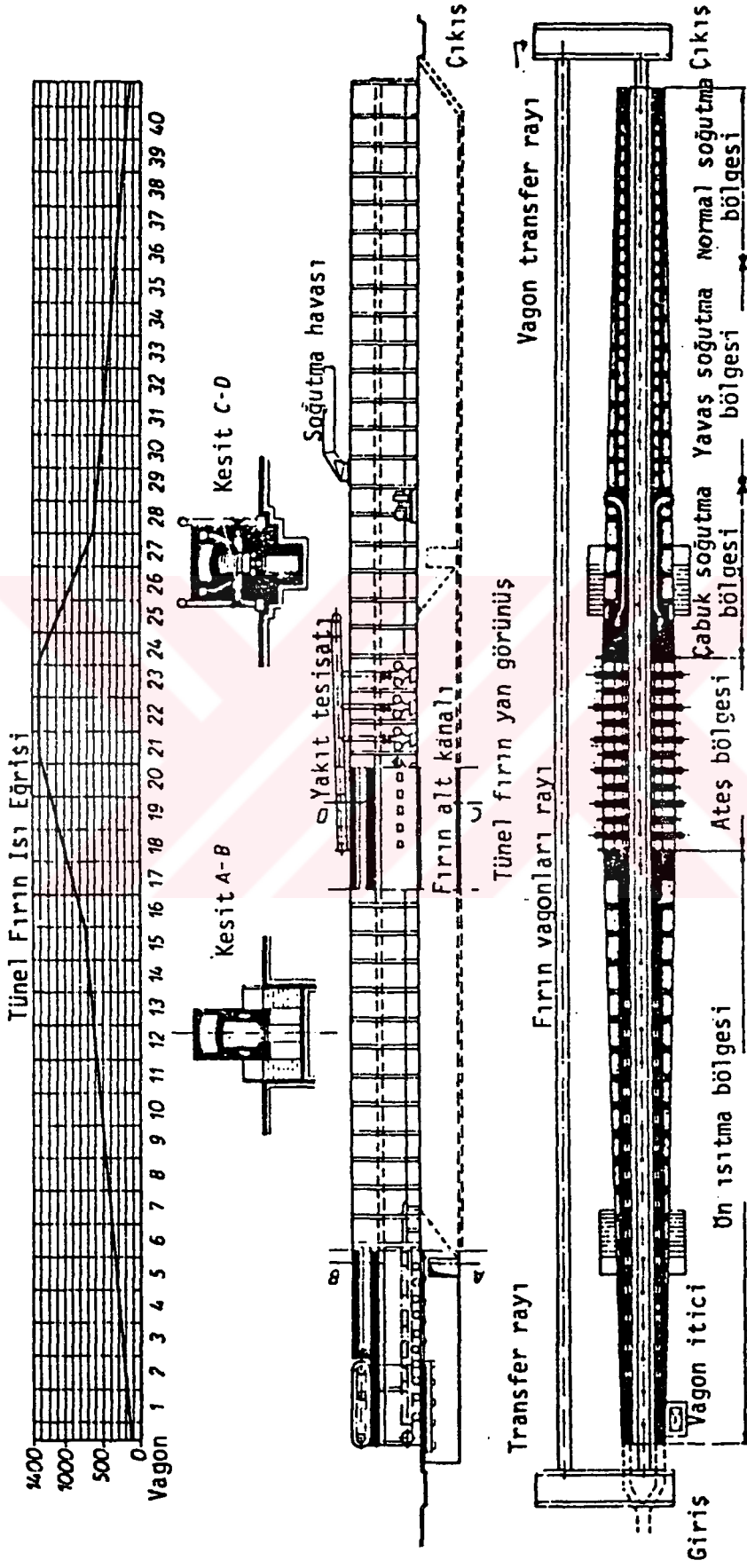
---

(129) A.Arcasoy, "Seramik Teknolojisi", s.139.

(130) A.g.e., s.139.

(131) A.g.e., s.139.

(132) A.g.e., s.139.



Tünel Fırın Ost Görünüş



Tabak kasetlerinde yoğunlaşan buharın parça üzerine damlaması sonucu, bazı mamüllerin ortasında mat sarı veya gri bir leke oluşur. Çünkü fırın içindeki yanma gazlarındaki kükürt ile sülfürik aside dönüşen su, sırdaki  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{MgCO}_3$  ile reaksiyona girerek, bu renk değişimine neden olur(133).

### 2.7.2. Pişmiş Porselen Bünye

Kuvars  $573^\circ\text{C}$  de beta formdan alfa forma geçer. Kaolinit  $500-600^\circ\text{C}$  de kimyasal suyunu kaybederek metakaolinit formuna geçer. Metakaolinit ise  $950^\circ\text{C}$  de bozunur ve  $\text{SiO}_2$  ayrılarak sillimanit oluşur. Bu ise  $1150^\circ\text{C}$  de tekrar  $\text{SiO}_2$  ayrışması ile mullit formuna dönüşür ki, bu primer mullit olarak adlandırılır. Primer mullit pişirimin son safhalarına kadar porselen çamurunda kalır. İlk teorik erime fazı  $985^\circ\text{C}$  den itibaren K-feldspat ile kaolinitten ayrılmış olan kuvarsın ötektiğinden oluşur. Diğer serbest kuvars ise daha yüksek sıcaklıklarda erime fazı içine alınarak çözünür. Feldspatın tamamen erimiş hale gelmesi  $1150^\circ\text{C}$  de olur.

Ötektik yapıdaki erime,  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 'e doymadığı için, sıcaklık yükselmesi ile  $\text{SiO}_2$  ve mulliti bünyesine almaya çalışır. Kuvarsta konsantrasyon farkı kristalden erimeye doğru olmasına karşı, erimenin primer mullite yaptığı etkide alkali iyonlarının konsantrasyon farkı ters yöndedir. Burada alkali iyonları primer mullitin çevresinde bir erime oluştururken, erimede alkali iyonlarının azalmasından ve kuvarsın çözünmesinden dolayı  $\text{SiO}_2$  farklılaşması meydana gelir ve sekonder mullit oluşur. Sıcaklık yükselmesiyle bu mullit çözünür (Şema 8).

Böylece porselen olarak pişmiş bünye şu bileşenlerden oluşur:

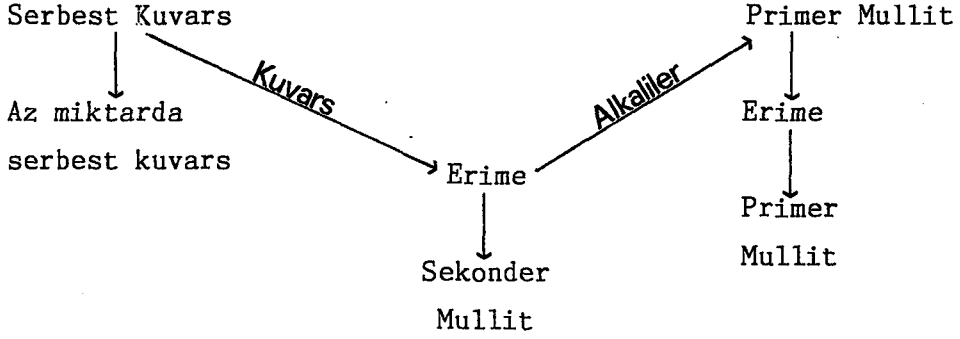
1. Feldspat ve kuvarsın (kaolinitten gelen) meydana getirdiği erime:  
% 40-60 cam faz
2. Primer mullit: % 25-35 mullit faz
3. Serbest kuvars: % 25-25 artık kuvars.

950°C de ötektik

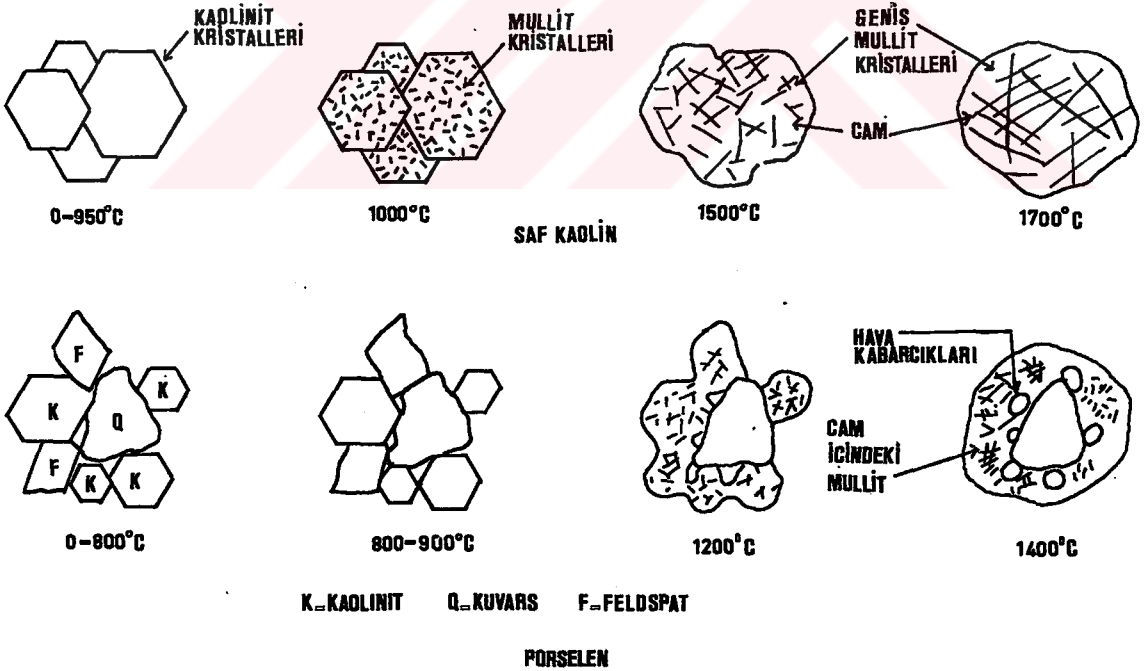
Feldspat + SiO<sub>2</sub> (Kaolinitten ayrılan)

1150°C de

tam erime



ŞEMA 8



RESİM 17. Pişirim sırasında oluşan mikroskopik değişiklikler.

## 2.8. Renkli Porselen Sırları

Porselen sırlarının renk paleti, daha düşük sıcaklıklarda oluşan sırlara oranla sınırlıdır. Hiç kuşkusuz sert ve yumuşak porselenler arasında önemli bir farklılık bulunmaktadır. Kullanılan sırların türünün ve miktarının seçimi önemli olup, genelde potasyum oksit ( $K_2O$ ), sodyum oksite ( $Na_2O$ ) oranla renk gelişiminde daha iyi etkilere sahiptir(134).

Oksidan atmosferde ortaya çıkan renkler, redüksiyon atmosferde oluşan renklere oranla daha çeşitlilik gösterirler. Bazı renklendiriciler redüksiyondan zarar görürler, örneğin mangan oksit bu ortamda kirli gri renk verebilir. Tipik yeşil ya da mavimsi yeşil bakır oksitin oksidasyonu ile elde edilir, fakat bu madde indirgen atmosferde ilginç kırmızı tonları verir(135).

### 2.8.1. Mavi ve Yeşil Renkler

RO grubunda yer alan kobalt oksitin, ( $Co_3O_4$ ) % 3 ile % 5'i ya da  $CoO$ 'nun 0.025 ile 0.10 formül oranları, açık maviden koyu maviye kadar renkleri oluşturacak sınırlardır. Kalsiyum oksit olumlu etki yapar; baryum oksit "Türk mavisi" (turkuvaz) oluşumunu sağlar; fosfor penta oksitin varlığı mor tonunu ve daha parlak olma niteliğini sağlar. En iyi Çin mavilerinin bazıları az miktarlarda demir oksit veya nikel oksitin varlığına bağlanmaktadır(136).

Güçlü bir renklendirici olarak % 1-2 oranlarında krom-3-oksit kullanılabilir, ayrıca oldukça refrakterdir. Maksimum ve minimum formül oranları 0.15 ve 0.015 dir. Bu sınırlar arasında açık yeşilden koyu yeşile doğru renk varyasyonları bulunmaktadır. Çok az miktarlarda kobalt oksit kullanılabilir ve sırların kalsiyum oksit içeriğinin az olması şartı ile, fırınlama için redüksiyon atmosferi yararlı olur. Az miktarda kalsiyum fluorür ilavesi rengi koyulaştırır(137).

---

(134) C.W.Parmelee, "Ceramic Glazes", s.163.

(135) A.g.e., s.164.

(136) A.g.e., s.164.

(137) A.g.e., s.164.

Baryum oksit ile kalsiyum oksit ilavesi rengi koyulaştırır. Baryum oksit, potasyum oksit ile birlikte sarımsı ya da elma-yeşili bir renk verir. Magnezyum oksit ve potasyum oksitler ile birlikte baryum oksit grimtrak bir renk verir. Kalsiyum oksit, magnezyum oksit ve potasyum oksit kahverengi tonlarını oluştururlar, ancak kalsiyum oksit bulunmazsa elde edilen renk açık kahverengidir. Az miktarlardaki çinko oksit gri renk vermekte birlikte, krom-3-oksitle kullanılabilir. Büyük miktarlarda kullanılırsa açık kahverengiler ve kahverengiler meydana gelir. Alüminyum oksit ile krom-3-oksit birlikte aynı etkiyi oluştururlar, kalay oksit ise pembe ve kestane renklerini oluşturmak için kullanılır(138).

Bakır oksit tek başına SK 9'un altındaki sıcaklıklarda mavimsi yeşiller elde etmek için kullanılır. Bunun için sırda yüksek kalsiyum oksit oranı gerekir. Kullanılan minimum ve maksimum oranlar 0.125 ve 0.20 formül oranları arasındadır(139).

### 2.8.2. Kahverengi

Hafif mordan, koyu kahverengiye kadar olan tonlar min. 0.10 ve max. 0.25 formül oranlarındaki mangan oksit ilavesi ile elde edilir. Demir oksit 0.025 formül oranında kullanıldığında açık ten rengi ve 0.10 formül oranında kullanıldığında ise kahverengi renk verir. Nikel oksit, 0.05 ve 0.15 formül oranları arasında, açıktan koyuya kahverengi tonlarını oluşturur. Krom-3-oksit aynı RO'daki potasyum oksit, kalsiyum oksit ve magnezyum oksitle birlikte kullanılırsa kahverengi tonları olduğu gözlenmiştir. Mangan oksit, krom-3-oksit ve demir oksitin formül oranlarınının eşit olarak kullanıldığı karışımla çok koyu kahverengiler elde edilebilir(140).

### 2.8.3. Sarı ve Krem Renkler

Oksitleyici şartlar altında pişirildiklerinde uranyum oksit, sarı renkli sırlar oluşturur; aksi halde bu sırlar gri-siyah renk verirler. Az mik-

(138) Cullen W.Parmelee, "Ceramic Glazes", s.164-165.

(139) A.g.e., s.165.

(140) A.g.e., s.165.

tarda kalsiyum fluorür (fluorspar) ilavesi sarı rengi geliştirir. Açık sarı için gerekli en az miktar uranyum oksit, 0.01 formül oranlarındadır. Rengi yoğunlaştırmak için bu oranın arttırılması gerekir. Titanoksit ya da rutil çok az miktarlarda demir oksit ile % 1-3 arasında değişen oranlarda kullanıldığında krem rengini verir. Rutil kullanıldığında fırında oksitleyici koşullar kullanılmalıdır(141).

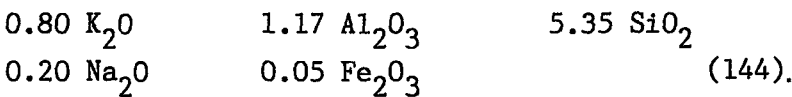
#### 2.8.4. Siyah Renk

Bu renk, kahverengi sıra % 1-2 oranında kobalt oksit veya mavi sıra % 2-4 oranında mangan oksit ilavesi ile elde edilir. Genelde yüksek oranda renklendirme gücü olan iki veya daha fazla oksitin, bunlardan herhangi birinin tek başına hakim olmayacağı görsel bir etki yaratacak oranda karıştırılması prensibi kullanılır. İridyum oksit de siyah renk oluşturur, ancak çok pahalıdır. Uranyum oksit, redüksiyon koşullarında, pişirildiğinde siyah renk verir(142).

#### 2.8.5. Kırmızı ve Pembe Renkler

Kalsine edilmiş krom-kalay pembesi, düşük ve orta sıcaklıklarda pişirilen porselen sırlarında kullanılabilir(143).

Krom-kalay pembesinin elde edildiği pratik sınır yaklaşık olarak SK 9'dur. Demir oksit, yüksek sıcaklıklarda sabit olmayıp, grimsi ve siyah renkler verir. Ancak ateş kırmızılıarı, alkaliler ve muhtemelen diğer toprak alkaliler (kalsiyum oksit hariç) baz olarak kullanıldığında, elde edilebilirler. Bunlar frit halinde kullanılmazlarsa, suda çözünen bir karışım meydana gelir. Aşağıdaki bileşimin SK 8'de iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir:



(141) C.W.Parmelee, "Ceramic Glazes", s.165.

(142) A.g.e., s.165.

(143) A.g.e., s.165.

(144) A.g.e., s.165-166.

### 2.8.6. Spineller

Yüksek ısılarda pişirilmeleri sırasında moleküler değişikliklere daha az uğradıklarından, renklerin spinel şeklinde sunulmaları birçok seramikçi tarafından savunulmuştur. Spinelin formülü,  $RO:R_2O_3$  şeklindedir. Monoksit üye şunlardan birisi olabilir: MgO, ZnO, MnO, NiO, CoO, FeO, CdO. Üç oksitli üye ise  $Al_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  ve diğerleri olabilir. Bu bileşikler kullanıldıklarında oldukça dayanıklı ve güzel renkler elde edilebilirler(145).



---

(145) Cullen W.Parmelee, "Ceramic Glazes", s.166.

## BÖLÜM III

### 3. SERT PORSELEN ÇAMUR VE SIRININ UYGULAMALI OLARAK ARAŞTIRILMASI

Sert porselen çamur ve sır reçeteleri hemen hemen aynı hammaddeler içermektedir. Kullanılan hammaddeler mümkün olduğu kadar saf ve beyaz ya da beyaza yakın pişme rengine sahip olmalıdırlar. Sonuç ürünün rengi üzerinde çamur reçetesinde kullanılan kaolen ve killerin pişme renkleri etkilidirler. Çamur ve sır araştırmalarında, Türkiye'de sert porselen üretiminde kullanılan hammaddeler kullanılmıştır. Hazırlanan çamur ve sırlara sert porselen üretimindeki laboratuvar testleri uygulanmıştır.

#### 3.1. Sert Porselen Çamur Denemeleri

Yapılan çamur denemelerinde hazırlanan reçeteler iki ayrı kaolen kullanılarak uygulanmıştır. İstenilen beyazlığın sağlanması için çinko oksit ( $ZnO$ ) ve zirkon silikat ( $ZrSiO_4$ ) değişik yüzdelerde çamur reçetelerine katılmıştır. Tüm çamurlara ait araştırmalar ve sonuçları bu bölümde yer almaktadır. Denemelerin tümü 2 kg. kuru maddeye göre hazırlanmış ve sonuçları verilmiştir.

Kullanılan hammaddelerin rasyonel analizi şöyledir:

| Hammadde | Kil Minerali | Feldspat Minerali | Kuvars Minerali |
|----------|--------------|-------------------|-----------------|
|          | %            | %                 | %               |
| Kaolen A | 89           | 4                 | 7               |
| Kaolen B | 72           | 4                 | 25              |
| Kil      | 67           | 22                | 11              |
| Feldspat | 1            | 94                | 5               |
| Kuvars   | -            | -                 | 100             |

Deneme 1: % 47 Kil minerali  
% 23 Feldspat minerali  
% 30 Kuvars minerali

Hazırlanan çamur reçetesi;

| Hammadde | %    | HAMUR |      |      | HAMMADDE |      |      |
|----------|------|-------|------|------|----------|------|------|
|          |      | K.M.  | F.M. | Q.M. | K.M.     | F.M. | Q.M. |
| Kaolen A | 41.5 | 37    | 1.7  | 2.9  | 89       | 4    | 7    |
| Kil      | 15   | 10.05 | 3.3  | 1.65 | 67       | 22   | 11   |
| Feldspat | 19   | 0.19  | 1.8  | 0.95 | 1        | 94   | 5    |
| Kuvars   | 24.5 | -     | -    | 24.5 | -        | -    | 100  |

K.M. = Kil minerali

F.M. = Feldspat minerali

Q.M. Kuvars Minerali

Öğütme süresi = 5 saat

Elek Bakiyesi (500 cc) = 3.8 gr (100 din elek üstü)

Kuru madde (100 cc) = 39.3 gr

% Bakiye = % 1.93



| SU     | CAM SUYU | VİSKOZİTE | TİKSOTROPİ | LİTRE AĞIRLIĞI          |
|--------|----------|-----------|------------|-------------------------|
| 550 cc | 11 cc    | 20 sn.    | 0          | 1760 gr/cm <sup>3</sup> |

YORUM: Dökümde akıcılığın iyi olduğu ve tiksotropinin olmadığı gözlemlendi. Pişme rengi beyaz, toplu küçülme % 15 dir. Sırlı bünyenin su emmesi % 0 dir. Her üç sırla da uyum göstermiş ve çatlama görülmemiştir. Sırlı ürün beyaz ve yarı saydamdır..

Deneme 2: % 47 Kil minerali  
% 23 Feldspat minerali  
% 30 Kuvars minerali + % 1.5 ZnO

Hazırlanan çamur reçetesi;

Hammadde %

Kaloen A 41.5  
Kil 15  
Feldspat 19  
Kuvars 24.5  
ZnO 1.5

Öğütme süresi = 5 saat

| SU     | CAM SUYU | VİSKOZİTE | TİKSOTROPİ | LİTRE AĞIRLIĞI          |
|--------|----------|-----------|------------|-------------------------|
| 500 cc | 11 cc    | 21 sn.    | 0          | 1760 gr/cm <sup>3</sup> |

YORUM: Çamurun pişme rengi deneme 1'e oranla daha beyazdır, yarı saydamlık aynıdır. Sır 1 ile donuk görümlü ve çatlaklı yüzey oluştu. Sır 2 ve sır 3 ile parlak görümlü, çatlaksız sonuçlar elde edildi. Sırlı bünyenin su emmesi % 0, toplu küçülme % 15 dir.

Deneme 3: % 47 Kil minerali  
% 23 Feldspat minerali  
% 30 kuvars minerali + % 1,5 ZrSiO<sub>4</sub>

Hazırlanan çamur reçetesi;

Hammadde %

Kaolen A 41.5  
Kil 15  
Feldspat 19  
Kuvars 23.8  
ZrSiO<sub>4</sub> 2.23

Öğütme Süresi = 5 saat

| SU     | CAM SUYU | VİSKOZİTE | TİKSOTROPİ | LİTRE AĞIRLIĞI          |
|--------|----------|-----------|------------|-------------------------|
| 400 cc | 10 cc    | 25 sn     | 0          | 1760 gr/cm <sup>3</sup> |

YORUM: Pişme renginin deneme 1'e oranla daha beyaz olmasına rağmen, yarı saydamlığın azaldığı gözlemlendi. Bunun nedeni reçeteye giren ZrSiO<sub>4</sub> ın etkisidir. Her üç sırla da iyi sonuçlar alınmıştır. Sır 2 ve sır 3 ile sır 1 e oranla daha güzel görünüm elde edildi. Sırlı bünyenin su emmesi % 0, toplu küçülme % 14.5 dur.

Deneme 4: % 47 Kil minerali

% 23 Feldspat minerali

% 30 Kuvars minerali + % 4 ZrSiO<sub>4</sub>

Hazırlanan çamur reçetesi;

Hammedde %

Kaolen A 41.5  
Kil 15  
Feldspat 19  
Kuvars 22.5  
ZrSiO<sub>4</sub> 6

Öğütme süresi = 5 saat

| SU     | CAM SUYU | VİSKOZİTE               | TİKSOTROPİ | LİTRE AĞIRLIĞI          |
|--------|----------|-------------------------|------------|-------------------------|
| 800 cc | 10 cc    | 19 sn.<br>21 sn (5 dk.) | 2          | 1740 gr/cm <sup>3</sup> |

YORUM: ZrSiO<sub>4</sub> ilavesinin artması ile pişme rengi daha beyazlaştı. Ancak yarı saydamlık daha da azaldı. Sırların üçü ile de olumlu sonuçlar elde edildi. Sırlı bünyenin sır emmesi % 0, toplu küçülme % 14.5 dur.

Deneme 5: % 47 Kil minerali  
% 25 Feldspat minerali  
% 28 Kuvars minerali + % 1,5 ZnO

Hazırlanan çamur reçetesi;

Hammadde %

Kaolen A 41.5  
Kil 15  
Feldspat 21  
Kuvars 22.5  
ZnO 1.5

Öğütme süresi = 5 saat

| SU     | CAM SUYU | VİSKOZİTE             | TİKSOTROPİ | LİTRE AĞIRLIĞI          |
|--------|----------|-----------------------|------------|-------------------------|
| 710 cc | 6 cc     | 22 sn<br>23 sn (5 dk) | 1          | 1720 gr/cm <sup>3</sup> |

YORUM: Çamur reçetesindeki feldspat oranının arttırılması ile yarı saydamlıkta artış görüldü. Pişmiş ürünün rengi beyazdır. Her üç sır- la da uyum göstererek iyi sonuçlar verdi. Sırlı bünyenin su emme- si % 0, toplu küçülme % 14.2 dir.

Bu denemenin fizik testleri sonuçları aşağıda verilmiştir:

Bakiye = % 1.08

Plastiklik = % 32.10

Yoğrulma suyu = % 30.50

Kuru mukavemet = 10.23  
Kuru küçülme = % 1.25  
1. pişirim küçülmesi = % 0.86  
2. pişirim küçülmesi = % 12.33  
Toplu küçülme = % 14.2  
1. pişirim porözitesi = % 23.62  
2. pişirim porözitesi = % 0  
Eğilme çapı = 20.9  
(sır 2) Sır gerilimi = 2.00  
(sır 3) Sır gerilimi = 1.50  
Pişme rengi = Beyaz

**Deneme 6:** % 47 Kil minerali  
% 23 Feldspat minerali  
% 30 Kuvars minerali + % 6  $ZrSiO_4$

Hazırlanan çamur reçetesi;

Hammadde %

Kaolen A 37.5  
Kil 15  
Feldspat 25  
Kuvars 19.6  
 $ZrSiO_4$  8.9

Öğütme süresi = 5 saat

| SU     | CAM SUYU | VİSKOZİTE            | TİKSOTROPİ | LİTRE AĞIRLIĞI          |
|--------|----------|----------------------|------------|-------------------------|
| 500 cc | 7 cc     | 20.5<br>21.5 (5 dk.) | 1          | 1760 gr/cm <sup>3</sup> |

**YORUM:** Çamurun pişme renginin beyaz olduğu ve üç sırla da olumlu sonuçlar gözlemlendi. Sırlı bünyenin su emmesi % 0, toplu küçülme % 14.5 dur.

**Deneme 7:** % 47 Kil minerali  
% 23 Feldspat minerali  
% 30 Kuvars minerali + % 1,5 ZnO

Bu çamur reçetesinde kaolen olarak kaolen B denilen ayrı bir kaolen kullanıldı.

Hammadde %

Kaolen B 51.7  
Kil 15  
Feldspat 18.6  
Kuvars 14.7  
ZnO 1.5

Öğütme süresi = 5 saat

| SU     | CAM SUYU | VİSKOZİTE               | TİKSOTROPİ | LİTRE AĞIRLIĞI          |
|--------|----------|-------------------------|------------|-------------------------|
| 800 cc | 10 cc    | 25 sn.<br>26 sn (5 dk.) | 1          | 1680 gr/cm <sup>3</sup> |

**YORUM:** Kaolen B nin kullanımı ile çamurun pişme renginin grimsi olduğu gözlemlendi. Yarı saydamlık azaldı, deformasyon gözlemlendi. Sır 1 ile çatlama oluştu, diğer iki sırla olumlu sonuç elde edildi.

**Deneme 8:** % 47 Kil minerali  
% 25 Feldspat minerali  
% 28 Kuvars minerali + % 1,5 ZnO + % 4 ZrSiO<sub>4</sub>

Hazırlanan çamur reçetesi;

Hammadde %

Kaolen B 51.7  
Kil 15  
Feldspat 20.6  
Kuvars 9.8  
ZnO 1.5  
ZrSiO<sub>4</sub> 5.9

Öğütme süresi = 5 saat

| SU     | CAM SUYU | VİSKOZİTE                | TİKSOTROPİ | LİTRE AĞIRLIĞI          |
|--------|----------|--------------------------|------------|-------------------------|
| 500 cc | 7 cc     | 20,5 sn<br>21.5 sn(5 dk) | 1          | 1760 gr/cm <sup>3</sup> |

YORUM: Pişme renginin grimsi, yarı saydamlığın ise deneme 7 ye oranla daha iyi olduğu gözlemlendi. Pişme sonucu deformasyonlar oluştu. Sırlı bünyenin su emmesi % 0 dir.

Yapılan çamur araştırmalarında deneme 1, deneme 5 ve deneme 6 en iyi sonuçları vermişlerdir. Her üç sırla da uygulamaları yapılmıştır. Sır 2 ve sır 3'ün sır 1'e oranla daha parlak sonuçlar verdiği görülmüştür.

### 3.1.1. Sert Porselen Çamur Renklendirme Denemeleri

Renklendirme çalışmalarında kullanılan oksitler ve oranları şöyledir:

Demir Oksit ( $Fe_2O_3$ ): % 1 - % 2 - % 3 - % 5 - % 7 - % 9 - % 10

Bakır Oksit ( $CuO$ ): % 1 - % 2 - % 3 - % 4 - % 5

Krom Oksit ( $Cr_2O_3$ ): % 1 - % 2 - % 3

Kobalt Oksit ( $CoO$ ): % 1 - % 2 - % 3

Nikel Karbonat ( $NiCO_3$ ): % 1 - % 2 - % 3 - % 4 - % 5



Resim 18- Sert porselen renkli sır uygulamalarından örnekler

### 3.2. Sert Porselen Sır Denemeleri

Hazırlanan sır reçetelerinde aynı hammaddeler kullanılmıştır. Sırlar 2 kg kuru maddeye göre hazırlanarak sonuçları verilmiştir.

#### Sır 1:

0.30  $K_2O$                       0.60  $Al_2O_3$                       5.50  $SiO_2$   
0.20  $Na_2O$   
0.30  $CaO$   
0.20  $MgO$

Sır Reçetesi; % 50.280 K-Feldspat  
% 9.090 Na-Feldspat  
% 7.150 Dolomit  
% 2.130 Mermer  
% 4.00 Kaolin  
% 0.950 Pişmiş kaolin  
% 26.410 Kuvars

Öğütme süresi = 45 saat

(500 cc) Elek Bakiyesi = 0.05 gr (100 din elek üstü)

(100 cc) Kuru Madde = 52.600 gr

% Bakiye = % 0.02

Borne = 37-38

YORUM: Sır akışkanlığının standart sırla aynı olduğu gözlemlendi. Harkot testi sonucu çatlama görülmedi. Genleşme katsayısı  $223.05 \cdot 10^{-7}$  olarak hesaplandı.

#### Sır 2:

0.15  $K_2O$                       0.60  $Al_2O_3$                       5.50  $SiO_2$   
0.15  $Na_2O$   
0.40  $CaO$   
0.30  $MgO$



(500 cc) Elek bakiyesi = 0.09 gr (100 din elek üstü)

(100 cc) Kuru madde = 55.100 gr

% Bakiye = % 0.03

Bome = 37-38

YORUM: Sır akışkanlığının standart sıra yakın olduğu görüldü. Sır 1'e oranla daha parlaktır. Genleşme katsayısı  $199,6 \cdot 10^{-7}$  dir. Tüm çamurlar üzerinde olumlu sonuç verdi. Harkot testi sonucu çatlama görülmedi.

Sır 3:

0.05  $K_2O$                       0.60  $Al_2O_3$                       5.50  $SiO_2$

0.05  $Na_2O$

0.50  $CaO$

0.40  $MgO$

(500 cc) Elek bakiyesi = 0.07 gr (100 din elek üstü)

(100 cc) Kuru madde = 59.100 gr

% Bakiye = % 0.02

Bome = 37-38

YORUM: Sır akışkanlığı standart sırla oldukça yakındı. Tüm çamurlar üzerinde olumlu sonuç verdi. Harkot testi sonucu çatlama görülmedi. Sır genleşme katsayısı  $176,66 \cdot 10^{-7}$  dir.

### 3.2.1. Sert Porselen Sır Renklendirme Denemeleri

Renklendirme denemeleri sır 1'e çeşitli oksitlerin değişik oranlarda katılması ile gerçekleştirilmiştir.

Demir Oksit ( $Fe_2O_3$ ): % 1 - % 3 - % 4 - % 5 - % 6 - % 7 - % 8 - % 9 -  
% 10 - % 15 - % 20 - % 25.

Bakır Oksit ( $CuO$ ) : % 1 - % 2 - % 3.

Krom Oksit ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) : % 1 - % 3 - % 5 - % 7 - % 9 - % 10 - % 20 - % 25.

Kobalt Oksit ( $\text{Co}_2\text{O}_3$ ): % 1 - % 3 - % 5 - % 7 - % 9 - % 10.

Nikel Karbonat ( $\text{NiCO}_3$ ): % 1 - % 2 - % 3.

Titan Oksit ( $\text{TiO}_2$ ): % 1 - % 2 - % 3 - % 5 - % 7 - % 8 - % 9 - % 10 -  
% 11 - % 13 - % 15 - % 20.

Mangan Oksit ( $\text{MnO}_2$ ): % 1 - % 5 - % 7 - % 10 - % 15.

Seryum Oksit ( $\text{CeO}_2$ ): % 1 - % 3 - % 5 - % 7 - % 9 - % 10 - % 15 - % 20.

Krom Oksit ve Kobalt Oksit: % 1  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  - % 1  $\text{Co}_2\text{O}_3$   
% 1  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  - % 3  $\text{Co}_2\text{O}_3$   
% 3  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  - % 1  $\text{Co}_2\text{O}_3$   
% 5  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  - % 1  $\text{Co}_2\text{O}_3$

Demir Oksit, Mangan Oksit, Krom Oksit, Kobalt oksit:

% 2  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  + % 2  $\text{MnO}_2$  + % 1  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  + % 1  $\text{Co}_2\text{O}_3$

Titan Oksit ve Demir Oksit: % 1  $\text{TiO}_2$  + % 3  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   
% 2  $\text{TiO}_2$  + % 3  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   
% 3  $\text{TiO}_2$  + % 3  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

Mangan Oksit, Krom Oksit, Demir Oksit: % 1  $\text{MnO}_2$  + % 1  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  + % 1  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   
% 3  $\text{MnO}_2$  + % 3  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  + % 3  $\text{Fe}_2\text{O}_3$



Resim 19- Sert porselen sır renklendirme denemeleri

## S O N U Ç

Sert porselen sofraya ve süs eşyası ürünleri - hızla gelişen teknoloji sonucunda gelişme göstererek; çeşitli fiziksel, kimyasal dayanım, hijyenik vb. özellikler ve dayanım üstünlüklerinden dolayı - çok yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Sert porselen üretiminde sonuç ürünün kalitesini etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Üretimde kullanılan hammaddelerin saflık dereceleri, şekillendirme yöntemleri ve pişirim teknolojisi kaliteyi etkileyen en önemli faktörlerdir.

Bu çalışmanın araştırma uygulamaları sonucunda - hazırlanan çamur ve sır reçetelerinde Türkiye'de sert porselen üretimindeki hammaddeler kullanılarak - beyazlık, yarı saydamlık, gözeneksizlik gibi karakteristik nitelikleri taşıyan kaliteli sert porselen ürünler geliştirilmiştir.

Avrupa'da sert porselen ürünler beyaz olarak üretildikleri gibi çok değişik renklerde üretilerek kullanıma sunulmaktadırlar. Türkiye'de sert porselen üretimi beyaz ürünler olarak gerçekleştirilmektedir.

Yapılan uygulamalar sonucunda hazırlanan çamur ve sır renklendirilerek değişik renk tonlarında sert porselen ürünler de geliştirilmiştir.

Sert porselen üretimindeki hammaddelerin, son teknolojiler kullanılıp, temizlenmesi ile, saflık dereceleri arttırılabilir. Böylece bu hammaddelerin kullanıldığı sert porselen ürünlerin renk kalitesinin daha iyi ol-

ması sağlanacaktır.

Ayrıca pişirimde kullanılacak yakıtlar üzerinde yapılacak iyileştirme çalışmaları sonuç ürünün kalitesi üzerinde olumlu etkilerde bulunacağı kesindir.



## KAYNAKÇA

1. ARCASOY Ateş, *Seramik Teknolojisi*, İstanbul 1983, Marmara Üniv. Güz. San. Fak. Yayını 1.
2. BAYRAKTAR Nedret, *İstanbul Cam ve Porselenleri*, İstanbul 1982, Yapı ve Kredi Bankası: Topkapı Sarayı Müzesi:8.
3. CHARLES Bernard H., *Pottery and Porcelain A Glossary of Terms*, New York 1983, Hippocrene Books, Inc.
4. CHARLESTON Robert J., *World Ceramics*, 2.B., Londra 1968, The Hamlyn Publishing Group Limited.
5. COOPER Emmanuel, *A History of World Pottery*, 2.B., New York 1981, Larousse and Co. Inc.
6. \_\_\_\_\_, *Seramik ve Çömlekçilik*, Çev. Ömür BAKIRER, İstanbul 1978, Remzi Kitabevi.
7. DOĞAN Şaduman, *Açıklamalı Seramik Teknolojisi*, 1.B., İstanbul 1985.
8. ERBAHAR Nurdan, *Çin Porselenleri*, İstanbul 1984, Yapı ve Kredi Bankası: Topkapı Sarayı Müzesi:11.
9. FRENCH Neal, *Industrial Ceramics Tableware*, Londra 1972, Oxford University Press.

10. FRIEDL Hans, **Porselen (Neden? Niçin? Nasıl?)**, 8.B., 1973, İstanbul Porselen Sanayii A.Ş.
11. GODDEN Geoffrey A., **British Pottery and Porcelain 1780-1850**, Londra 1963, Arthur Barker Limited.
12. GÜNER Yüksel, **Seramik**, 1987, Gençlik Kitabevi.
13. HAMILTON David, **Stoneware and Porcelain**, Londra 1982, Thames and Hudson Ltd.
14. İstanbul Porselen A.Ş. Seminer Notları, Genel Seramik Teknolojisi, C.I., 1980.
15. İstanbul Porselen A.Ş. Seminer Notları, Genel Seramik Teknolojisi, C.II., 1980.
16. KINGERY W.D., **Ceramic Fabrication Processes**, 1958, The Massachusetts Institute of Technology.
17. KURA Hande, **Endüstriyel Seramik Tasarımında Biçim ve Üretim Yöntemleri** (basılmamış sanatta yeterlik eser çalışması), İstanbul 1989, Mimar Sinan Üniv. Güz. San. Fak., Seramik ve Cam Ana Sanat Dalı.
18. KÜÇÜERMAN Önder, **Dünya Saraylarının Prestij Teknolojisi: Porselen Sanatı ve Yıldız Çini Fabrikası**, 1.B., İstanbul 1987, Sümerbank.
19. LANE Peter, **Studio Porcelain**, Pennsylvania 1980, Chilton Book Company.
20. NORTON F.H., **Ceramics for the Artist Potter**, 2.B., U.S.A. 1956, Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
21. ÖZKAN Mustafa, **Seramik Teknolojisi Ders Notları** (basılmamış), Mimar Sinan Üniv. Güz. San. Fak., Seramik ve Cam Ana Sanat Dalı.

22. PARMELEE Cullen W., **Ceramic Glazes**, Chicago 1948, Industrial Publications Inc.
23. SANDERS Herbert H., **The World of Japanese Ceramics**, 7.B., Tokyo 1972, Kodansha International Ltd.
24. SCHÜLLER K.H., **Handbuch der Keramik-Porzellan (Fortsetzung)**, Germany.
25. SERFASS Ronald, **Porcelain - The Elite of Ceramics**, New York 1979, Crow Publishers.
26. SINGER Felix ve SINGER Sonja S., **Industrial Ceramics**, Londra 1979, Chapman and Hall Ltd.
27. SÜMER Güner, **Seramik Sanayii El Kitabı**, Eskişehir 1988, Anadolu Üniversitesi Yayınları No:308, Anadolu Üniv. Basımevi.
28. ŞAHİN Faruk, **Seramik Sözlüğü**, İstanbul 1983, Formül Matbaası.
29. TAİT Hugh, **Porcelain**, Londra 1962, Paul Hamlyn Ltd.
30. TANIŞAN H. Hüseyin ve METE Zeliha, **Seramik Teknolojisi ve Uygulaması**, C.I., Sögüt 1988, Birlik Matbaası.
31. Türk Dil Kurumu, **Kimya Terimleri Sözlüğü**, Ankara 1981, Ankara Üniv. Basımevi.



- Ş E M A L A R -

Ş.(1)\_Meltem Kaya

Ş.(2)\_Meltem Kaya

Ş.(3)\_Meltem Kaya

Ş.(4)\_Meltem Kaya

Ş.(5)\_Ateş Arcasoy, Seramik Teknolojisi, s.15.

Ş.(6)\_Meltem Kaya

Ş.(7)\_Ateş Arcasoy, Seramik Teknolojisi, s.135.

Ş.(8)\_Mustafa Özkan, Seramik Teknolojisi Ders Notları.

- T A B L O L A R -

T.(1)-Cullen W. Parmelee, Ceramic Glazes, s.147.

T.(2)-A.g.e., s.150.

T.(3)-A.g.e., s.150.

T.(4)-A.g.e., s.151.



- R E S İ M L E R -

- R.(1)- Robert J. Charleston, World Ceramics, s.59.
- R.(2)- Önder Küçükerman, Dünya Saraylarının Prestij Teknolojisi: Porselen Sanatı ve Yıldız Çini Fabrikası, s.31.
- R.(3)- Ateş Arcasoy, Seramik Teknolojisi, s.131.
- R.(4)- Felix Singer ve Sonja S. Singer, Industrial Ceramics, s.458.
- R.(5)- Hande Kura, Endüstriyel Seramik Tasarımında Biçim ve Üretim Yöntemleri, s.109.
- R.(6)- Hande Kura, a.g.e., s.112.
- R.(7)- Hande Kura, a.g.e., s.111.
- R.(8)- Hande Kura, a.g.e., s.114.
- R.(9)- Ateş Arcasoy, Seramik Teknolojisi, s.68.
- R.(10)- A.g.e., s.70.
- R.(11)- A.g.e., s.67.
- R.(12)- A.g.e., s.83.
- R.(13)- Cullen W. Parmelee, Ceramic Glazes, s.150.
- R.(14)- A.g.e., s.156.
- R.(15)- A.g.e., s.157.
- R.(16)- Yüksel Güner, Seramik, s.158.
- R.(17)- F.H.Norton, Ceramics for the Artists Potter, s.214.
- R.(18)- Meltem Kaya, İstanbul Porselen, Çamur ve Sır.
- R.(19)- Meltem Kaya, İstanbul Porselen, Çamur ve Sır.