



**PROFİLLİTİN PLASTİK ÇAMUR
HAZIRLAMADA (KUVARS YERİNE)
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI
(1200 °C ve 1280 °C)
Yüksek Lisans Tezi
Sibel Kılıç
Eskişehir**

**PROFİLLİTİN PLASTİK ÇAMUR HAZIRLAMADA (KUVARS YERİNE)
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI (1200 °C ve 1280 °C)**

Sibel KILIÇ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seramik Anasanat Dalı

Danışman: Prof. Lale DEMİR ORANSAY

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Güzel Sanatlar Enstitüsü

Haziran 2021

ÖZET

PROFİLLİTİN PLASTİK ÇAMUR HAZIRLAMADA (KUVARS YERİNE)

KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI (1200 °C ve 1280 °C)

Sibel Kılıç

Seramik Anasanat Dalı

Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Mayıs 2021

Danışman: Prof. Lale DEMİR ORANSAY

Seramik çamurları temelinde kil, kuvars ve feldspatın bir araya gelmesi ile oluşturulan bünyelerdir. Profillit, Türkiye'nin sahip olduğu önemli hammaddelerden biridir. Türkiye dünyada profillit üreten 10 ülke arasında 5. Sırada yer almaktadır. Profillitin bünyesinde yüksek miktarda kuvars içermesinden yola çıkarak bu çalışmada Malatya Pütürge yöresinde çıkan profillit cevherinin çamur bünye içerisinde kuvars yerine kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Bu araştırma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, seramik çamurları ve çamur hazırlamada kullanılan hammaddelere yer verilmiş, ikinci bölümde profillitin tanımı, özellikleri ve kullanım alanları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Kuvars yerine profillit katılan reçetelerin deneysel çalışmaları 1200 °C ve 1280 °C'de pişirilmiş ve hesaplanan su emme, toplu küçülme değerleri ise üçüncü bölümde yer almaktadır. Son olarak teknik ve görsel özellikler açısından en uygun sonuçları veren reçeteden plastik çamur hazırlanarak elde ve kalıpla şekillendirme yöntemiyle farklı boyutlarda uygulamalara ve sonuçlara yer verilmiştir. Çalışmanın neticesinde profillitin plastik seramik çamuru yapımında kullanımına uygun olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Profillit, Kuvars, Seramik, Plastik çamur

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE USAGE OF PROFILLITE IN PLASTIC CLAY

PREPARATION (INSTEAD OF QUARTZ) (1200 °C ve 1280 °C)

Sibel Kılıç

Department of Ceramic

Anadoul University, Post Graduate School of Fine Arts, May 2021

Advisor: Prof. Lale DEMİR ORANSAY

Basically, they are the bodies formed by the combination of quartz and feldspar. Profillite is one of the important raw materials that Turkey has. Turkey is in the 5th place among the 10 countries producing profillite in the world. In this study, the usability of the profillite ore, which is extracted from Malatya Pütürge region, instead of quartz in the profile of profillite.

This research consists of three parts. In the first part, ceramic clays and the raw materials used in the preparation of mud are given, in the second part, information about the definition of profillite, its properties and usage areas, its situation in Turkey and in the world is given. Experimental studies of the recipes in which profilelite is added instead of quartz, water absorption and bulk shrinkage values at 1200 °C and 1280 °C form the third part. Finally, plastic clay is prepared from the recipe that gives the most suitable results in terms of technical and visual properties, and different sizes of applications and results are given were given by hand and mold shaping method. As a result of the study, it was seen that profillite is suitable for use in the production of plastic clay.

Keywords: Profillite, Quartz, Ceramic, Plastic clay

ÖNSÖZ

“Profillitin Plastik Çamur Hazırlamada (Kuvars Yerine) Kullanımının Araştırılması (1200 °C ve 1280 °C)” başlıklı yüksek lisans tez çalışması süresince her konuda bilgi, destek ve imkanlarını esirgemeyen tez danışmanım Prof. Lale DEMİR ORANSAY’a tez çalışması süresince bütün olanaklardan kullanmamı sağlayan mesleki anlamda gelişmeye katkıda bulunan Anka Seramik A.Ş bünyesindeki yöneticilerime ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında her türlü desteği veren ve her zaman yanımda olan sevgili eşim Cemal KILIÇ’ a, başarılarımda ve mutluluklarımda büyük rolleri olan canım aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sibel KILIÇ

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit program” ile tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim.

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

Sibel KILIÇ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI.....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	x
GÖRSELLER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. SERAMİK ÇAMURLARI VE ÇAMUR HAZIRLAMADA KULLANILAN HAMMADDELER.....	2
1.1. Seramik Çamurları	2
1.1.1. Tanımı ve özellikleri	3
1.1.2. Seramik çamuru çeşitleri	4
1.1.2.1. Akçini çamuru	4
1.1.2.2. Şamotlu çamur.....	4
1.1.2.3. Kırmızı çamur	5
1.1.2.4. Porselen çamuru	5
1.1.2.5. Döküm çamuru	5
1.1.3. Seramik çamurunun hazırlanması	6
2.1. Seramik Çamur Hazırlamada Kullanılan Hammaddeler	8

	<u>Sayfa</u>
2.1.1. Özlü seramik hammaddeleri	8
2.1.1.1. <i>Kil ve kaolin grubu hammaddeler</i>	9
2.1.1.1.1. <i>Kaolinit grubu</i>	9
2.1.1.1.2. <i>Montmorillonit grubu</i>	10
2.1.1.1.3. <i>İllit grubu</i>	10
2.1.2. Özsüz seramik hammaddeleri	10
2.1.2.1. Kuvars grubu hammaddeler	10
2.1.2.2. Feldspat grubu hammaddeler	11
2.1.2.3. Diğer hammaddeler	12

İKİNCİ BÖLÜM

2. PROFİLLİT TANIMI, SINIFLANDIRILMASI VE KULLANIM

ALANLARI.....	13
2.1. Profillit Tanımı ve Sınıflandırılması.....	14
2.1.1. Profillitin mineralojik özellikleri.....	15
2.1.2. Profillitin fiziksel özellikleri.....	15
2.1.3. Kimyasal özellikleri	16
2.2. Profillitin Kullanım Alanları	16
2.2.1. Seramik ürünlerde kullanımı	17
2.2.2. Beyaz çimento üretiminde kullanımı	18
2.2.3. Dolgu malzemesi olarak kullanımı.....	18
2.2.3.1. <i>Kâğıt imalatı sektöründe</i>	19
2.2.3.2. <i>Boya sanayi</i>	19
2.2.3.3. <i>İnsektisitler</i>	19
2.2.4. Diğer kullanımlar	10
2.3. Profillitin Dünyadaki Durumu	20

2.4. Dünyadaki Üretim Yöntemi ve Teknoloji	20
2.5. Profillitin Türkiye’deki durumu	21
2.6. Türkiye’ de Üretim Yöntemi ve Teknolojisi	21
2.7. Türkiye’deki Profillit Rezervleri.....	22
2.8. Türkiye’deki Profillit Kullanım Alanları.....	22

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	24
3.1. Kullanılan Hammaddeler ve Özellikleri	24
3.2. Plastik Çamur Hazırlamada Kuvars Yerine Profillit ile Yapılan Deneyler	26
3.2.1. Çamur hazırlama süreci	26
3.2.2. Bulgular	41
3.3. Renkli Oksit Katkılı Bünye Araştırmaları.....	26
3.3.1. Bakır oksit katkısının bünyede kullanımı ve etkileri	43
3.3.2. Demir oksit katkısının bünyede kullanımı ve etkileri	44
3.3.3. Kobalt oksit katkısının bünyede kullanımı ve etkileri	45
3.3.4. Krom oksit katkısının bünyede kullanımı ve etkileri.....	46
3.3.5. Mangan oksit katkısının bünyede kullanımı ve etkileri.....	47
2. SERAMİK UYGULAMALAR.....	48
SONUÇ	54
TERİMLER SÖZLÜĞÜ.....	57
KAYNAKÇA.....	59
ÖZGEÇMİŞ	

TABLO DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Profillitin genel özellikleri.....	16
Tablo 2.2. Kullanım yerlerine göre profillitin sahip olması gereken kimyasal bileşimler.	17
Tablo 2.3. Refrakter sanayiinde kullanılan profillitin özellikleri	23
Tablo 2.4. Beyaz çimento üretiminde kullanılan profillitin özellikleri	23
Tablo 2.5. Seramik (vitrifiye) sanayinde kullanılan profillitin özellikleri.....	23
Tablo 3.1. Profillitin kimyasal bileşimi (ağırlıkça %)	25
Tablo 3.2. Ukrayna kilinin kimyasal bileşimi (ağırlıkça %).....	25
Tablo 3.3. Potasyum feldspatın kimyasal bileşimi (ağırlıkça %)	25
Tablo 3.4. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının Reçete Bileşimleri	28
Tablo 3.5. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1200 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri	28
Tablo 3.6. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1280 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri	29
Tablo 3.7. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının Reçete Bileşimleri	30
Tablo 3.8. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1200 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri	31
Tablo 3.9. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1280 °C'deki Toplam Küçüle ve Su Emme Değerleri	32
Tablo 3.10. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının Reçete Bileşimleri	33
Tablo 3.11. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1200 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri	33
Tablo 3.12. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1280 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri	34
Tablo 3.13. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının Reçete Bileşimleri	35
Tablo 3.14. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1200 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri	35

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.15. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1280 °C’deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri	36
Tablo 3.16. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının Reçete Bileşimleri	37
Tablo 3.17. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1200 °C’deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri	37
Tablo 3.18. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1280 °C’deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri	38
Tablo 3.19. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının Reçete Bileşimler	39
Tablo 3.20. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1200 °C’deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri	39
Tablo 3.21. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1280 °C’deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri	40
Tablo 3.22. R24 Numaralı Reçete bileşimi.....	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Profillit, feldspat ve Ukrayna kiline ait üçlü diyagram.....	26
Şekil 3.2. Üçlü diyagramda olumlu sonuç veren reçete numaraları.....	41



GÖRSEL DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Görsel 1.1. Kuru Çamur Hazırlama	7
Görsel 2.1. Profillit	14
Görsel 2.2. Profillitten yapılan süs eşyası.....	20
Görsel 3.1. Profillite ait örnek	24
Görsel 3.2. Profillite ait örnek	24
Görsel 3.3. Çeneli Kırıcı	27
Görsel 3.4. Halkalı Kırıcı.....	28
Görsel 3.5. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1200 °C’deki değişimleri.....	29
Görsel 3.6. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1280 °C’deki değişimleri.....	30
Görsel 3.7. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1200 °C’deki değişimleri.....	31
Görsel 3.8. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1280 °C’deki değişimleri.....	32
Görsel 3.9. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1200 °C’deki değişimleri.....	33
Görsel 3.10. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1280 °C’deki değişimleri.....	34
Görsel 3.11. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1200 °C’deki değişimleri.....	35
Görsel 3.12. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1280 °C’deki değişimleri.....	36
Görsel 3.13. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1200 °C’deki değişimleri.....	37
Görsel 3.14. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1280 °C’deki değişimleri.....	38

Görsel 3.15. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1200 °C’deki değişimleri.....	39
Görsel 3.16 . Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1280 °C’deki değişimleri.....	40
Görsel 3.17 . CuO katkılı bünyelerin pişirim renkleri 1280 °C.....	40
Görsel 3.18 . FeO katkılı bünyelerin pişirim renkleri 1280 °C.....	40
Görsel 3.19 . CoO katkılı bünyelerin pişirim renkleri 1280 °C.....	40
Görsel 3.20 . Cr ₂ O ₃ katkılı bünyelerin pişirim renkleri 1280 °C.....	40
Görsel 3.21 . MnO katkılı bünyelerin pişirim renkleri 1280 °C.....	40
Görsel 3.22. R24 numaralı reçete ile hazırlanmış çamurdan kalıp ve elle şekillendirme yöntemiyle uygulanan form (1280 °C) 11cm x 17.5 cm.....	48
Görsel 3.23. R24 numaralı reçete ile hazırlanmış çamurdan kalıp ve elle şekillendirme yöntemiyle uygulanan form detayı (1280 °C) 11cm x 17.5 cm.....	49
Görsel 3.24. R24 numaralı reçete ile hazırlanmış çamurdan kalıba basma yöntemiyle uygulanan form.....	50
Görsel 3.25. R24 numaralı reçete ve %5 krom oksit katkılı çamur ile hazırlanmış elle şekillendirme yöntemiyle uygulanan form(1280°C) 6cm x 6cm.....	51
Görsel 3.26. R24 numaralı reçete ve %5 krom oksit katkılı çamur ile hazırlanmış elle şekillendirme yöntemiyle uygulanan form(1280°C) 9 cm x7,5 cm.....	52
Görsel 3.27. R24 numaralı reçete ve %5 krom oksit katkılı çamur ile hazırlanmış elle şekillendirme yöntemiyle uygulanan form detayı(1280°C) 9 cm x 7,5 cm.....	53
Görsel 3.28. R24 numaralı reçete ile elle şekillendirme yöntemiyle uygulanan sır altı dekor çalışması (1280°C) 17 cm x 11 cm.....	54

GİRİŞ

İlk çağlardan günümüze kadar seramiğin insanlık tarihinin vazgeçilmez bir keşfi olduğu görülür. Bugün geçmiş uygarlıklara baktığımızda mimariden dini öğelere, süs eşyasından mutfak araç gereçlerine, hatta sanatsal formların yapımına kadar her yerde seramikle karşılaşmaktadır.

Seramik çamuru; kil, kuvars ve feldspatların belirli oranlarda karıştırılmasıyla oluşan inorganik bileşenlerin oluşturduğu bünyledir. Ancak bu üç ana seramik hammaddesinin yanı sıra; kalsit, dolomit, talk, wollastonit gibi hammaddeler de kullanım alanları ve pişme sıcaklıklarına göre bünye içinde yer alabilirler. Son seramik çamurları, sırları, astar ve boyaların üretiminde inorganik kökenli kil mineralleri veya feldspatik kayalara gibi farklı kimyasal ve mineralojik özelliklere sahip malzemelerin de kullanılmaya başlandığı gözlemlenmiştir (Kubat, 2009, s. 2). Yer altı kaynakları açısından zengin bir ülke olan Türkiye’de de özellikle kayalar, mineraller ve kil yatakları açısından kullanıma uygun birçok malzeme vardır.

Bu çalışmada Malatya- Pütürge yöresindeki profillit yataklarından alınan numunenin, pişirim sıcaklığı 1200°C ve 1280°C olan plastik çamur reçetelerinde kuvars yerine kullanılabilirliği araştırılmıştır. Tezin birinci bölümünde seramik çamurunun tanımı özellikleri, çamur çeşitleri, çamur hazırlama yöntemleri ve çamur hazırlamada kullanılan hammaddeler hakkında bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde profillitin tanımı, özellikleri ve kullanım alanlarından bahsedilmiştir. Son bölümde ise profillitin kuvars yerine kullanıldığı çamur uygulamalarının toplam küçülme, su emme ve pişme rengi gibi özelliklerine olan etkileri deneysel olarak çalışılmış, şekillendirilebilme ve renk özellikleri açısından en uygun bünyelerden plastik çamur hazırlanarak şekil verilmiş uygulamalara yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. SERAMİK ÇAMURLARI VE ÇAMUR HAZIRLAMADA KULLANILAN HAMMADDELER

Seramiğin ilk hammaddesi balçık adı verilen koyu kıvamlı çok ince taneli çamur birikintileriydi. İlk seramik kaplar balçığın sepetlere sıvanıp pişirilip sertlik kazanmasıyla oluşmuştu. Balçığa karıştırılan daha az özlü toprak ve nehir kumları seramik çamurunu özsüzleştirerek daha dayanıklı kullanışlı kap- kaçaklar oluşmasını sağladı (Arcasoy, 1983, s. 1).

Seramik çamurları içerisinde bulunan çeşitli hammaddelerin farklı oranlarda karıştırılmasıyla akçini çamurundan porselen çamuruna kadar farklı özelliklerde çamur çeşitlerine ayrılırlar. Bu hammaddeler özlü ve özsüz seramik hammaddeleri olmak üzere iki grupta değerlendirilirler.

1.1. Seramik Çamurları

Ateşin bulunup kullanılmasından sonra ilk seramiğin M.Ö. onuncu ve dokuzuncu binlerde üretildiği tespit edilmiştir. Türkistan'ın Aşkava bölgesinde (MÖ 8000), Filistin'in Jericho bölgesinde (MÖ 7000), Anadolu'nun çeşitli höyüklerinde (MÖ 6000) ve Mezopotamya olarak adlandırılan Dicle-Fırat nehirlerinin arasında kalan bölgedeki kazılarda önemli seramik buluntularda ortaya çıkmıştır (Arcasoy,1983, s. 1). Bozulmadan günümüze kadar gelmiş seramik parçalar, bizlere insanlık tarihi ile ilgili ipuçları veren değerli kaynaklardan biridir. Kökeni Anadolu da olsa, pek çok farklı bölgeye yayılmış ve dünyanın dört bir yanında farklı teknikler, farklı formlarla çeşitlilik yaratmıştır.

Seramik çamurlarının en önemli özelliği plastik bir yapıya sahip olması ve şekillendirildikten sonra pişirimle beraber şekillerini koruyabilmesidir. Çamurun ana malzemesi olan kil, özlü ve özsüz hammaddelerin belirli oranlarda bir araya gelmesiyle oluşur. Seramik hammaddeleri temelde aynı olsa da pişirim renkleri ve özellikleri bakımından farklı çamur bünyeleri vardır. Bu bünyeler, kullanım alanlarına, şekillendirme yöntemlerine, renklerine ve içeriğindeki katkı maddelerine göre değişiklik gösterirler. Bu bölümde seramik çamurların tanımına ve özelliklerine, döküm, şamotlu, kırmızı, porselen ve akçini gibi çamuru çeşitlerine ve çamur hazırlanması aşamalarına yer verilmiştir.

1.1.1. Tanımı ve özellikleri

Arcasoy' a göre (Arcasoy,1983, s. 1) “Günümüzde seramik tanımlaması şöyle de yapılabilir: Metal alaşımları dışında kalan, inorganik sayılan tüm mühendislik malzemeleri ve bunların ürünlerinden olan her şey seramiktir.”

Tasarım sürecinde, sınırsız bir şekillendirme olanağı ve özgür bir ifade sunan çamurun seçimi oldukça önemlidir. Seçilen çamur, şekillendirme yöntemine, kullanım alanına, yapılacak olan formun biçimine, pişirim sıcaklığına, kullanılan tekniğine ve hammaddenin özelliğine bağlı olarak değişir. Dolayısıyla bütün seramik bünyelerin, dış görünüşleri, mukavemetleri ve kuru-pişme küçülmeleri farklılık gösterir. Şekil verilmiş bünye kurudukça içerisindeki su buharlaşır. Pişmesiyle birlikte bünye birbirine tamamen yapışıp sinterleşir ve sağlam bir yapı meydana getirir. Farklı bölgelere ait kil bünyeleri ile ürün çeşitliliği ve kullanım alanları genişlemiştir. Her bir seramik çamurunun fiziksel ve kimyasal özellikleri birbirinden farklıdır.

Seramik bünyeler çeşitliliklerine göre plastik özelliğe sahip olmalı ve şekillendirildikten sonra verilen biçimi korumalıdır. Farklı kimyasal yapılara sahip seramik bünyeler, farklı pişme sıcaklıklarında pişirilirler ve farklı tekniklerle şekillendirilirler. Bütün seramik bünyeler, kendi içinde gereken plastiklik, mukavemet, küçülme, pişme sıcaklıkları ve görünüm özelliklerini bu kimyasal yapılarından alırlar. Kısaca tüm seramik bünyelerin bu özelliklere sahip olması gerekir ve sonucun sağlıklı olması için seramik bünyeler, uygun şekillendirme yöntemleriyle şekillendirilmeli ve bünyenin pişme derecesine uygun sıcaklıklarda pişirilmelidir (Alkan Özdemir, 2005, s.5).

Geçmiş zamanda çömlekçiler, topraktan çıkan tek çeşit kili su ile karıştırarak hiçbir ilave yapmadan seramik üretiminde kullanıyorlardı. Ancak bazen çamurun kuruma esnasında çatlamalarını önlemek, deformasyonunu azaltmak gibi önlemler alabilmek için çamura kum katkısı yapılabiliyorlardı. Günümüzde ise istenilen çamura ulaşmak için en az iki veya daha fazla hammadde ilavesi ile daha iyi sonuçlar elde edilmektedir (Kayalıoğlu, 2016, s.4).

Seramik çamurunun içindeki kil, kuvars ve feldspat oranlarına göre gözenekli ve gözeneksiz seramik ürünler olarak sınıflandırılırlar. Gözenekli bünyeler, su geçirgen, yüksek ısıya dayanıksız, gözenekli ve kırılmandır. Kendi içinde, kırığı renkli ve beyaz olarak ikiye ayrılır. Kırığı renkli olanlar tuğla ve kiremit ürünler, çömlekçi ürünler ve refrakter ürünlerdir. Kırığı beyaz olanlar, akçini ve refrakter ürünlerdir. Gözeneksiz seramik ürünler; su geçirgenliği çok az, gözeneksiz, yüksek ısıya dayanıklı, kırılman olmayan ürünlerdir. Bu grup da kırığın rengine göre sert çini, ince sert çini ve porselen

olarak sınıflandırılır. Sert çini kırığı renklidir. Yer karoları, kanalizasyon boruları sert çini ürünlerdir. Kırığı beyaz daha ince yapıya sahip olanlar, ince-sert çini ve porselen ürünlerdir. İnce-sert çini; yer karoları, aside dayanıklı tuğla, Vitreous China ve mutfak eşyalarında kullanılır. Porselen ürünlerin kırığı beyaz ancak görüntüsü yarı saydamdır.

1.1.2. Seramik çamuru çeşitleri

Seramik çamurları türlerine göre plastik özelliğe sahip olmalı ve şekillendirildikten sonra verilen şekli korumaları gerekmektedir. Bütün seramik bünyeler, kendi içinde plastiklik, mukavemet, küçülme, pişme sıcaklıkları ve görünüm özelliklerini kimyasal yapısından alırlar ve sonucun sağlıklı olması için uygun yöntemle şekillendirilmeli ve bünyenin özelliklerine göre uygun pişme derecesinde pişirilmelidirler (Uysal, 2004, s.7).

Seramik bünyeler çeşitli özellikteki hammaddelerin değişen oranlarda karıştırılmasıyla, akçini çamurlarından döküm çamurlarına kadar farklı özelliklerde ve farklı kullanım alanlarına göre hazırlanırlar.

1.1.2.1. Akçini çamuru

Homojen dağılmış ince tanelerden oluşan, kırığı beyaz ve su emmesi yüksek bir seramik üründür. Bu ürünlerin üzerine kaplanan sıran erime noktası düşüktür. Pişirim sıcaklıkları sırlı veya sırsız 900 °C - 1130 °C arasında değişmektedir. Bu tip seramikler pişme sonrası gözenekli bir yapıya sahiptirler. Bileşimine bağlı olarak, beyaz, krem ve bej arasında renk yelpazesi sergilerler (Çakı ve Karasu, 2017, s. 347). Kaolin, kil, kuvarz, feldspat, kalk taşı gibi hammaddeler kullanılır.

1.1.2.2. Şamotlu çamur

Şamot; pişmiş seramik kırığı anlamına gelir. Şamotlu çamur da içerisinde pişmiş seramik kırığı bulunan çamurdur. Şamot katkısı ile seramik çamurlarının sıcaklık değişikliklerine gösterdikleri direnç artırılır (Arcasoy, 1983, s. 21).

1200 °C' ye kadar pişirilebilir. Bu yüzden, su emmesi azdır. Pişirim sonrası çamurun rengi kırmızıdan griye, beyazdan sarıya değişiklik gösterir. Piştikten sonraki mukavemeti geleneksel seramik çamurlarına oranla oldukça yüksektir.

“Şamot bir tür yapay özsüzleştirici olup pişmiş seramik bünyenin ısı karşısındaki direncini, çamurun gözenekliliğini artırır, çamurun küçülme özelliğini ve bağlayıcı özelliğini azaltır (Güzelgün, 2016, s. 27).”

1.1.2.3. Kırmızı çamur

İnce tane boyutu kolay biçim alması ve rahat çalışılabilmesi nedeniyle kırmızı çamur geniş bir kullanım alanına sahiptir. Kırmızı killer, tuğla, kiremit ve geleneksel çömlekçi ürünlerinin üretiminde kullanılırlar. Yerkabuğunda en kolay, en basit ve en yaygın bulunan malzemelerdir. Bu nedenle hammadde olarak, kırmızı toprak killeri önemlidir. Bu tür killer Earthenware kili veya topraksı kil olarak da adlandırılır (Biçici, 2010, s. 11).

Pişirim derecesi 900 °C – 1180 °C’ dir. Pişirim sonrası rengi koyu pembeden koyu kırmızıya değişim gösterir. Kırılgan bir yapıya sahiptir. Kalklı, demirli plastik killer ve kum karışımı taneciklerden oluşur (Açar, 2011, s. 10).

1.1.2.4. Porselen çamuru

Genellikle gözeneksiz, ince, beyaz ve saydam kırığı ile tanımlanan, seramik ürünler arasında en önemli ve en değerli üründür. Sert porselen ve yumuşak porselen olmak üzere iki gruba ayrılır. Kaolin- feldspat- kuvarz üçlü sisteminin içinde bulunurlar. Yumuşak porselene kıyasla sert porselen, yüksek kaolin ve düşük feldspat içeriğine sahiptir ve daha yüksek sıcaklıkta pişebilirler (Arcasoy, 1983, s. 130). Kullanılan kil ve kaolenin saf ve beyaz olmasına dikkat edilir.

Pişirim derecesi 1250 °C – 1300 °C’ dir. Pişme rengi beyazdır. Gözeneksizdir, su emme değeri oldukça düşüktür. Deformasyonu ve mukavemeti yüksektir.

1.1.2.5. Döküm çamuru

Öğütülmüş malzemelerin, kil gibi öğütülmeye gerek olmayan ince tanecikli malzemelerle belirli oranlarda bir araya getirilerek açıcılarda karıştırılması ve döküm özelliklerinin ayarlanması ile hazırlanır. Genellikle plastik şekillendirme ile şekillendirilemeyen ürünlerin üretilmesinde kullanılan, sulu halde hazırlanmış çamur çeşididir. Alçı kalıplara dökülerek şekillendirilen döküm çamuru, hızlı ve kolay üretim yapılmasını sağlar.

Kullanım alanlarına göre 1000 °C ve 1200 °C olarak farklı sıcaklık derecelerine dayanabilen çeşitleri bulunmaktadır (Ağatekin, 2002, s. 33).

1.1.3. Seramik çamurunun hazırlanması

Seramik çamurları basit bir ifadeyle farklı kimyasal ve fiziksel özellikleri olan endüstriyel ya da sanatsal ürünler üretebilmek için bir araya gelmiş kil ve su bileşimidir. Seramik üretimi, uygun kalitede hammadde hazırlanmasından ürünün elde edildiği en son aşamaya kadar güç ve karmaşık bir süreçtir. Çamur hazırlama sürecindeki bir sıkıntı ileriki aşamada ürünün pişirilmesinde ya da sırlanması esnasında hatalı sonuçlar doğurabilir.

Özel seramik çamurlarının dışında, seramik çamurların üretilmesinde tek bir hammaddeden yararlanılma pek sık kullanılan bir yöntem değildir. Çömlekçi ürünlerin ve az olsa da tuğla-kiremit ürünlerin yapımında, uygun olması şartıyla tek bir kil kullanılır. Bunun dışında çamur hazırlamada farklı özellikteki hammaddeler reçete oranlarına göre karıştırılırlar. Seramik hammaddeler hiçbir zaman doğada doğrudan doğruya kullanıma hazır halde bulunmazlar. Ocak içinde bile farklılıklar gösterir bu yüzden önce hammaddelerin ocaktan çıkarılması ve zararlı etki yapabilecek maddelerden ayrılması gerekir. İri, kaba ve sert parçalar belirli tane boyutuna ve büyüklüğüne gelinceye dek kırılıp ufalanır. Ayrılma işlemlerinden geçen hammaddeler her kısımda aynı fiziksel ve kimyasal özellikleri göstermesi açısından homojen olarak karıştırılması gerekmektedir. Bu aşamalardan sonra hazırlanan çamurlar şekillendirmeye başlanabilir (Okumuş, 2008, s. 73).

Geleneksel, sanatsal ya da endüstriyel seramik çamurlarının hazırlanması doğal ya da endüstriyel yöntemlerle gerçekleştirilir. Genel olarak hammadde ocaktan çıkarılır, zararlı maddelerden ayıklanır, belli bir tane boyutuna gelinceye dek, çeşitli makinelerle ufalanır, tane büyüklüğüne göre ayrılır ve son olarak homojen olarak karıştırılır. Çamur hazırlama yönteminin seçiminde, kullanılan hammaddenin türü, sayısı, üretilecek olan malın türü ve önem derecesi gibi faktörler önemli rol oynar (Arcasoy, 1983, s. 49). Günümüzde sanatsal veya endüstriyel seramik üretiminde genellikle kuru, yaş ve yarı yaş çamur kullanılır.

Kuru çamur hazırlamada; tüm maddeler ayrı ayrı kuru öğütülüp reçetede ki oranlarda karıştırılabildiği gibi tüm maddeler tek bir değirmende kuru olarak da öğütülebilir. Bunun için kuru öğütme yapabilen bilyalı değirmenler kullanılır. Değirmen



Görsel 1.1. Kuru Çamur Hazırlama

Kaynak: Sibel Kılıç

içinde belli bir tane boyutuna gelen maddeler emilerek siklonlara verilir (Arcasoy, 1983, s. 49).

Yaş çamur hazırlama; en homojen çamur hazırlama yöntemidir. Bu yöntemle günümüzde çoğunlukla kullanılan plastik, sulu ve kuru olarak adlandırılan çamur türleri elde edilir. Plastik çamur hazırlamada özsüz ve sert maddeler bilyalı değirmenlerde öğütülür, suda açılabilen maddeler pervaneli açıcılarda su ile açılırlar. Değirmenden gelen sulu karışım ile açıcıdaki karışım karıştırılarak bir havuzda toplanır. Bu işlem her üç çamur tipinde de aynı şekilde gerçekleşir. Bu havuzlardan pompalar yardımıyla çekilen çamur filterpreslere basılarak fazla suyundan uzaklaştırılır. Filterpresten çıkan plastik çamur, vakumlu veya vakumsuz karıştırıcılarda karıştırılarak kullanılır. Sulu çamur hazırlamada özsüz ve sert maddeler bilyalı değirmenlerde öğütülerek pervaneli açıcılarda, su ve elektrolit ilavesiyle karıştırılır ve dinlenme havuzunda bekledikten sonra kullanıma hazır hale gelirler. Kuru çamur hazırlamada yaş çamur hazırlama yönteminden yararlanılabilmektedir. Bilinen şekillerde değirmende öğütülüp, açıcıda açılıp karıştırılan hammaddeler, pompalarla püskürtmeli kurutuculara (sprey dryer) iletilirler. Sprey dryer, sulu çamurun çok küçük partiküller halinde püskürtülmesi ve daha sonra sıcak kuru hava ile karşılaşarak kısa süre içinde kurutulması prensibine dayanır. Bu kurutucularda kuruyarak öğütülmesiyle granüle hale gelen kuru çamur press ile şekillendirmeye uygun hale gelir. Granülün tane boyutu çamurun litre ağırlığı, akışı, kurutma sıcaklığı ve nozl çapına bağlı olarak değişiklik gösterir. Her aşama kontrollü

yapılarak uygunsuz yarı mamulün bir sonraki aşamaya gitmesi engellenir. Yarı yaş çamur hazırlama yöntemi; kuru ve yaş hazırlamanın bileşkesidir. Kuru ya da az kuru, belli bir incelikte öğütülmüş kil, özsüz maddeler ile belli bir bileşim için karıştırılır ve vakumlu veya vakumsuz karıştırıcılara alınarak, plastik çamur elde edilir (Arcasoy, 1983, s. 49).

2.1. Seramik Çamur Hazırlamada Kullanılan Hammaddeler

Seramik çamurunun hazırlanmasında kullanılan hammadde, katkı ve su oranlarını gösteren, ürünün kalitesine uygun bileşimlerde hazırlanan tabloya reçete denir. Seramik reçetesinde birden fazla hammadde yer almaktadır. Sanatsal ve endüstriyel çamur hazırlamada farklı reçeteler, farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip hammaddeler kullanılır. Arcasoy (1983, s.8) özetle şu tanımlamayı yapar. Özlü hammaddeler su ile yoğurulabilen, kolay şekil alan ve kuruduklarında aldıkları şekli muhafaza edebilen hammaddelerdir. Kil ve kaolen grupları bu hammaddelere örnek olarak gösterilebilir. Özsüz seramik hammaddeler ise; su ile şekil verilemeyen, verilse bile kurutulduğunda dış etkenlerle şeklini kaybedip dağılan hammaddelerdir. Kuvars ve Feldspatlar özsüz hammaddelere örnektir.

Kil kaolen grubu, feldspatlar ve kuvars en çok kullanılan seramik hammaddelerindendir. Seramik bünye içerisinde kil ve kaolenlerin görevi, yüksek bağlayıcı ve plastiklik özellikleriyle ürünün birleşmesini sağlamaktır. Feldspatlar bünyede erime sıcaklığının düşürülmesi ve sinterleşmeyi sağlar. Kuvars ise iskelet oluşumu için gereklidir (Kaya, 2013, s. 19).

Killer kimyasal bileşimlerinde plastik olan ve plastik olmayan unsurlar bulundurulur. Plastik olanlar kaolinit ve montmorillonit grubu kil mineralleri, plastik olmayanlar ise kalsit, kuvars, feldspat ve mika gibi muhtelif minerallerdir. Birinci gruba girenler ateşe dayanıklı, ikinci gruba girenler ise eritken özelliktedir. Seramik hammaddeleri genel olarak özlü ve özsüz hammaddeler olarak iki gruba ayrılır.

2.1.1. Özlü seramik hammaddeleri

Su ile yoğurulabilen, dağılmadan kolayca şekil alabilen kuruduktan sonra verilen şekli muhafaza eden hammaddeler özlü seramik hammaddeler olarak tanımlanır. Kendi aralarında oluşum koşullarına, içerdikleri tane büyüklükleri ve yoğurulmak için aldıkları su miktarına göre sıralanırlar (Arcasoy, 1983, s. 8).

2.1.1.1. Kil ve kaolin grubu hammaddeler

Kil milyonlarca değişim sonucu oluşan, kolayca şekil almasından dolayı ilk çağlardan beri insanoğlunun çeşitli amaçlar için kullandığı en önemli bileşenlerdendir. Bünyeye plastiklik verir böylece ürünün şekillendirilmesinde ana unsurdur. Kil pişirildiğinde nemini, kaybeder. Sıcaklık arttıkça kil partiküllerinden bazıları erimeye başlar ve kütle birbiriyle pekişir. Sanatsal ve endüstriyel seramik üretiminde yaratıcılığı kullanabilmek adına oldukça elverişli bir materyaldir.

Kil ve kaolenler yüksek bağlayıcılık ve plastiklik özellikleri sayesinde bünye içerisinde ürünün şekillendirilmesini sağlar. Seramik üretiminin temel maddesi olan kil, özlü (plastik) maddeler grubunda yer alır. Kilin genel tanımı yapılacak olursa, suyla ıslatıldığı zaman kolayca şekillendirilecek plastikte ve pişirildikten sonra sertleşip dayanıklılık kazanan balçık yada toprak olarak adlandırılan maddedir (Şölenay,2002, s. 2).

“Kil kaolen grubu hammaddeler bünye, astar, sırça ve sırların bileşiminde kullanılmaktadır. (Okumuş, 2008, s. 20).”

“Kil ve kaolinler feldspatik kayaçların tabiat şartlarında kimyasal ve fiziksel tesirlerin etkisi ile bozulmasından meydana gelmişlerdir (Genç,1990, s.13).” Kaolenin yapısında yabancı maddeler daha az bulunur, doğal görünümü ve pişme rengi de beyazdır. Kil, kaolene göre daha plastiktir ve kuru mukavemeti daha çoktur. Kil çok daha çabuk sinterleşirken, kaolen ise ateşe daha dayanıklıdır. Killer “ısıtıldıkları zaman 800-1600 °C arasında absorbsiyon sularını (yüzey), 400-600 °C arasında da bünye sularını terk ederler (Kaya, 2013, s. 20).”

2.1.1.1.1. Kaolinit grubu

“Kaolinit genellikle çoğu plastik seramik hammaddelerinin esas mineralidir. Su içeren bir alüminyum silikat olan kaolinit, minerolojik olarak $Al_2 [Si_2O_5] (OH)_4$ grubundan oluşur. Si_2O_5 grubu tipik olup, yaprak ve kat dokulu silikatların belirtisidir (Arcasoy, 1983, s. 9).”

Kaolinit yatakları doğada saf halde bulunmaz. Genellikle demir oksit, silisyum oksit, silika türünde mika gibi yabancı maddeler içerirler (Çakıcı, 2014, s. 17). “Granitlerin içinde veya serbest halde bulunan feldspatlar, kimyasal etkenlerle ayrışarak (H_2CO_3 asidi veya organik çürüme sonucunda oluşan asitlerin etkileri) kaoliniti meydana getirirler (Kubat, 2009, s. 9-10).”

2.1.1.1.2. Montmorillonit grubu

Bu grubun kil mineralleri oldukça plastik olmalarına karşın, pişme renkleri taşıdıkları safsızlıklar nedeni ile koyu olduğundan seramik sanayisinde az kullanılırlar. İçlerinde kaolinitle beraber Fe, Cs, Zn, Mg, Ti gibi elementler taşır (Genç,1990, s.14). “Kuru haldeki montmorillonit bünyesine su alarak ilk hacminin 16 katına kadar kristal iskeletini genişletebilir. Plastizitesi (=özlülüğü) ve absorpsiyon (=su emebilme) özelliği kaolinit, profililit ve talka oranla çok yüksektir (Arcasoy, 1983, s. 11).”

Montmorillonit, kil yataklarının oluşumu sırasında sadece ortam alkali olduğunda meydana gelir.

2.1.1.1.3. İllit grubu

Oldukça plastik mikaya benzer kil minerallerine verilen genel bir isimdir. Elektron mikroskopta bakıldığında yassı ve düzgün olmayan ufak levhalar şeklindedir. Atom yapıları montmorillonit grubuna benzer. Potasyumca zengin ortamlarda oluşur. $(OH)_4K_4(Al_4Fe_4Mg)_4Si_8-4Al$.O20 bileşimindedir. İllitler, montmorillonit grubu ile kaolinit grubu arasındadır (Kızılkaya, 2011, s. 27).

2.1.2. Özsüz seramik hammaddeleri

Plastik özelliği olmayan özsüz hammaddelerdir. Su ile şekil verilemeyen, verilse bile kurutulduğunda dış etkenlerle şeklini kaybedip dağılırlar. Genelde çamurun kuru direnç, kuru küçülme ve pişme küçülmesini azaltarak su emmeyi artırır.

2.1.2.1. Kuvars grubu hammaddeler

Seramik bünyede plastik ve dolgu özelliği olan kil gibi hammaddelerin yanı sıra, yüksek sıcaklıklara dayanabilen ve bünyede iskelet görevi üstlenen, mukavemeti artıran kuvars gibi hammaddelere de ihtiyaç vardır. Kuvars doğada en çok bulunan mineraldir. “Yeryüzünün bilinen kısmının %25 ini oluşturur. Oksijenden sonra dünyada en çok rastlanan silisyumun bir bileşimidir. Kimyasal formülü SiO_2 olup, mol ağırlığı 60’dır. Sertlik derecesi Mohs’a göre 7 dir (Arcasoy, 1983, s. 13). “

Renksiz ya da çok değişik renklerde kırmızı, pembe, mavi, mor, gibi çeşitlerde kuvars vardır (Karaağaç, 2006, s. 22). Kuvars saydam ve yarısaydam olabilir. Seramik çamur ve sırlarında oldukça önemli ve geniş bir kullanma alanına sahiptir. Kuvars kumu ve kaya kuvarsı şeklinde olan türleri seramik endüstrisinde kullanılır. Doğada bol ve

yaygın olarak bulunan ince taneli kumlar, demir ve diğer zararlı katkıları içermiyorlarsa, büyük kırma ve öğütme masraflarına gerek duyulmadan seramik endüstrisinde kullanılır (Arcasoy, 1983, s. 15).

Çamurun bağlayıcı özelliği ve kuru direnci katkı oranı arttıkça azalır, pismiş çamurda gözeneklilik ve su emme artar, kuru ve pişme küçülmesi değerlerinde azalma ortaya çıkar, katkı oranının çok artması ile birlikte küçülme yerine büyüme görülür. Doğal olarak iskelet görevini görerek bünyede yüksek sıcaklıkta ürünün çökmemesini sağlar, plastikliği düzenlemeye yardımcı olur, pişme sırasında bünyenin deformasyona uğramadan gaz çıkarmasını ve bünyenin asitlere karşı dayanıklılığını sağlar. Kuvars grubu mineraller seramik bünyede geçirgenliği artırır. Bünyedeki kuvarsın bir kısmı sıcaklığa bağlı olarak cam faza karışır. Serbest kuvars olarak kalan miktar ısı genleşme katsayısını artırır. Kuvars seçiminde; tane boyutu, içerdiği mineralojik bileşim, içeriğindeki safsızlıkların cinsi, pişme rengi, erime özellikleri, kimyasal yapı önemlidir (Okumuş, 2008, s. 23)

Seramik endüstrisindeki kullanımı dışında ince kuvars kumları metal ve taş yüzeylerin dış yüzeylerinin parlatılmasında, temizlenmesinde kullanılır. Erimiş kuvarstan ateşe ve asitlere dayanıklı kimya gereçleri yapılır. Mikroskop mercekleri, optik gereçlerde ve Ultra viole tedavisinde kullanılan kuvars lambalarının yapımında da kuvarstan faydalanılır (Kibici, 2002, s. 24).

2.1.2.2. Feldspat grubu hammaddeler

“Genel tanımlanması, içinde belli sayıda alkali bulunduran alümina silikat olarak yapılabilir. Feldspat bir eruptif (=magmatik) kayaç olup, genellikle kuvars ile sık sık da glimmer ile karışmış olarak bulunur. Doğal feldspatlarda Na, K, Ca, Li, Ba, Cs gibi oksitler farklı oranlarda yer alırlar (Arcasoy, 1983, s. 15).”

Tabiatta nadiren saf halde bulunurlar. Kaba seramik endüstrisi için kullanılacak olan feldspatın çok temiz ve saf olması gerekmeyebilir. Fakat ince seramik çamurlarında ve sırlarda temiz ve saf olması istenir. Sırlarda da yaygın şekilde kullanılan bir eritici. Seramik ve cam sektörü için önemlidirler (Arcasoy, 1983, s. 16).

Feldspat özsüz bir hammadde olmasına karşın belli bir sıcaklığa çıkarıldığında çamurları pekiştirerek ergimeyi sağlar ve hızlandırır. Alkali içerikleri yükseldikçe, eritici özellik de artar buna bağlı olarak düşük erime sıcaklığı kazanırlar. Böylece kil, kuvars ve feldspattan oluşan bünyede, feldspat yumuşayarak camsı veya sıvı hale geçer ve erimeyen tanecikler arasındaki gözenekleri doldurur. Böylece su emme özelliği de azalır. Bünyenin camlaşma derecesini kontrol eder. Feldspatlar sinterleşmeyi kolaylaştırıp camsı faz oluşumunu artırır. Farklı seramik bünyelerde; pişme sıcaklığı,

ürünün kullanım alanı, sır tipi, bileşimi vs. gibi teknik kriterler, hangi tip feldspatların ne oranlarda ilave edilmesi gerektiğini belirler (Ergun, 2009, s. 6).

Feldspat 1200 °C' ye kadar bünyenin plastikliğini düşürür. 1200 °C'nin üstünde eriyip bünyenin mukavemetini artırıp gözenekliliği düşürür (Büyükçingil, 2018, s. 7).

Feldspatların ortalama 0,074 mm kadar ince öğütülmesi ve pişme renklerinin beyaz olması gerekmektedir. Potasyumlu feldspatlar daha önemli olup erime dereceleri 1250-1350 °C 'dir. Sodyum feldspat düşük erime sıcaklığına sahiptir ve daha çok sırlarda kullanılır. Erime sıcaklığı 1150-1225 °C'dir. Cam sanayi, boya sanayi, plastik sanayi ve kaynak elektrotları üretiminde, sır ve emaye işlerinde de kullanılırlar (Kibici, 2002, s. 28).

2.1.2.3. Diğer hammaddeler

Dolomit; kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonatın doğadaki yaklaşık aynı molekül oranlarındaki şeklidir. $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ bileşimindeki dolomitte %56 CaCO_3 , %44 MgCO_3 vardır. Doğada büyük kayalar seklinde bulunur. Dolomitten de ateşe dayanıklı tuğlalar ve üretilir. Akçini çamurlarının üretiminde kullanılır (Arcasoy,1983, s. 19).

Manyezit; formülü MgCO_3 olup, teorik olarak bileşiminde % 52.3 CO_2 , % 47.7 MgO ve çok az miktarda Fe_2O_3 bulunan, sertliği 3.4-4.5 arasında, özgül ağırlığı 2.9-3.1 olan mineraldir. Rengi beyaz, sarı veya gri ve kahverengi arasında değişir¹. Ateşe dayanıklı tuğlaların yapımında magnezit katkılı çamurlar kullanılır. Kalsiyum karbonatın (kalk) yaptığı etkiyi yapar (Kaya,2013, s.24). Saf halde bulunan MgCO_3 'ın sinterleşme ve erime noktaları birbirinden uzakta bulunduğu için MgCO_3 'tan ateşe dayanıklı (1600°C'in üzerinde) magnezit ve kromit tuğlalar yapılır. Magnezit, sırlarda kullanıldığında artistik dokuların ve eriticiliğin oluşmasını sağlar (Arcasoy, 1983, s. 19).

Vollastonit; Lifli bir kalsiyum silikattır. $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ bileşimindeki vollastonitin teorik bileşimi %48,25 CaO ve %51,75 SiO_2 'den oluşturur. Sertliği 4,5-5 civarındadır. Seramik çamur ve sırlarda kullanılabilen vollastonit, çamurda eritici özellik göstererek, pişme sıcaklığını düşürür (Arcasoy,1983, s. 20). Ürün mukavemeti artırır ve tek pişirim karolarda pişme süresinin önemli oranda azalmasına imkân verir. Vollastonitin ana kullanım alanı seramik endüstrisidir. Çatlamayı, kırılmayı ısı genleşmesini önlemesi

¹ <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/manyezit>

bakımından iyi bir malzemedir. Beyaz, gri, pembemsi, sarımsı, kahverengimsi renkte olanları vardır ve yarı saydamdır (Haner, 2009, s. 29).

Talk; $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ kimyasal bileşimindedir. Seramik çamur ve sırlarına katılırlar. İçeriğinde magnezyum ve kuvars bulunur. Su miktarı kaolinden az olduğu için küçülme yüzdesi azdır bu yüzden fayans yapımında da kullanılır. Aynı zamanda doğrudan doğruya kendileri de şekillendirilip pişirilirler. Böyle ürünlere steatit denir. Steatitin pişme küçülmesi yoktur. Sert bir ürün olduğundan değirmenlerin kaplanması, değirmen bilyaları ve elektrik yalıtkanlarının yapımında değerlendirilir (Arcasoy, 1983, s. 21). Sulu bir magnezyum silikat olup, yüksek sıcaklıklarda ısıtıldığında sertleşir katılaştır asitlerle bozulmaz². Gri, yeşil ve gümüşe yakın beyaz renktedirler. Doğada bulunan en yumuşak minerallerden biridir. Tırnakla kolayca çizilir ve sertliği 1'dir. Teorik olarak %63,5 SiO_2 , %31,7 MgO ve %4,8 H_2O içerir. Talkın ısı ve elektrik iletkenliği zayıftır ancak ateşe dayanıklıdır. Yüksek sıcaklıklarda ısıtıldığında sertleşir, katılaştır ve asitlerle bozulmaz (Haner, 2009, s. 25).

İKİNCİ BÖLÜM

2. PROFİLLİT TANIMI SINIFLANDIRILMASI VE KULLANIM ALANLARI

Profillit, ilk olarak Japonya'da Omotoyoma dağında bulunan Mitsuishi madeninde 1797 yılında keşfedilmiştir. Fakat, Profillit ismi R. Harmen tarafından 1829 yılında, Berezovo (Ural-Rusya) altın-kuvars damarlarından alınan ve talk sanılan örneği test etmesi sonucu, bunun aslında bir alüminyum silikat minerali olduğunu fark etmesiyle bulunmuştur. Yunanca kelimeler olan "pyro" ateş ve "phyllite" kaya veya taş anlamındaki kelimelerden türetilmiştir (Uysal, 2018, s. 3).

Profillitin kullanım alanları, cevherin kimyasal içeriklerine ve tane boyutuna göre değişiklik göstermektedir.

² <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/manyezit>



Görsel 2.1. Profillit
Kaynak: Sibel Kılıç

2.1. Profillit Tanımı ve Sınıflandırılması

Profillit $H_2Al_2(SiO_3)_4$ teorik formülünü sahip sulu alüminyum silikat mineralidir. Profillit minerali fiziksel bakımdan talkla benzerlik gösterip birlikte sınıflandırılmaktadır. Talkın içeriğinde bulunan MgO 'nun yerine profillitte Al_2O_3 yerine geçmiştir. Fakat kimyasal açıdan profillit ile talkın bir benzerliği bulunmamaktadır. Profillit talktan daha serttir doğada daha az bulunur ve yüksek sıcaklıklarda akışkan bir durum almaz. Bu nedenle yüksek kaliteli seramik ve refrakter ürünleri üretiminde önemli bir yer tutar. Mika gibi, ya da yapraksı kristallere sahip ve monoklinal yapıdadır. Elastik değildir, kırılığandır (Madencilik ÖİK Raporu, 2001, s. 135).

Bünyesinde %10-30 civarında kuvars ve az miktarda serisit bulunan profillit ticari olarak pazarlanır. Fakat içerisinde %4' den fazla serisit içeren profillitler, serisitinin aktif bir eritici olmasından dolayı, refrakter sanayi için uygun değildir. Bünyede serisitinin olması, porselen vb. seramik ürünleri üretimi için sakıncalı değildir (Kızılkaya, 2011, s. 39). Profillit; apatit, kuvars, topaz, kyanit, pirit, manyetit ve hematit gibi minerallerle devamlı olarak beraber bulunur. Serisit ile genellikle karışık ve nadiren serbest olarak bulunur (Yılmaz, 2007, s. 64).

Mersin-Çimsa'nın 1990 yılından beri beyaz çimento üretiminde 120 bin tonu aşan miktarda tüketmesiyle Türkiye dünya profillit üretiminde 5. Sıraya gelmiştir. Profillit'in avantajı kaolene göre su içermemesi, düşük demir ve krom'un yanı sıra, metamorfik kökenli olduğu için kaolen'de ortaya çıkabilen alünit de içermemesidir (Uygun, 2007, s. 11).

2.1.1. Profillitın mineralojik özellikleri

Mineralojik özellikleri itibari ile profillite, MgO yerine Al₂O₃'ün geçtiği bir tür talk denilebilir. Elastik değildir, kırılmandır. “Profillit refrakter ve kimyasal reaksiyonlara karşı duyarlıdır ve öğütüldüğü zaman yüksek örtme gücüne sahip bir toza sahiptir (Kuşçu, 2001, s. 320).”

Profillit, çoğunlukla feldspatın değişmesinden türemiş ikincil bir mineraldir. Silika ve alümina ana bileşenler olsa da ortak safsızlıklar FeO, CaO, MgO, TiO₂ ve alkalilerdir. Renkli minerallerin varlığında özellikle beyaz, açık gri, yeşilimsi pembe, kahverengi ve yeşil renklerine bağlı olarak farklı renkte ortaya çıkar. Profillit, talk ile fiziksel özellikler bakımından aynıdır (izomorf). Talk, alüminyum yerine magnezyum içerir ve temel olarak alüminyum için kimyasal bir test yapılmadan profillitten ayırt edilemez. Isıtıldığında eritme yapmaz ve bu özelliği profilliti verimli bir refrakter malzeme yapmaktadır (Das ve Mohanty, 2009, s. 330-331).

Pütürge profillitlerinde görünen ana mineraller profillit ve kuvarstır. Bunların yansıra disten, muskovit, serisit, ilit, kaolen, dikit ve alünitde bulunur. Profillit çoğunlukla gri, yeşilimsi gri, grimsi beyaz renklerde ve mat görünümlüdür, ince taneli kuvarsla birlikte oluşundan dolayı kayaca daha sert bir görünüm sağlar (Kızılkaya, 2011, s. 51).

“Pütürge profillitlerinin başlıca özelliği ortalama %0,2' nin altında demir içermeleri nedeniyle pişme renklerinin beyazlığıdır. Ayrıca yine beyaz çimentoda kullanım açısından kritik olan krom 100 ppm, mangan ise 10 ppm' den küçük değerlerle kritik limitlerin oldukça altında kalırlar (Kızılkaya, 2011, s. 54).”

2.1.2. Profillitın fiziksel özellikleri

Profillit oldukça yumuşak silikat tabakaları şeklinde oluşmuş, bir malzemedir. Kırma indisi 1,57 olan profillitin özgül kütlesi 2,8 civarındadır³. Yoğunluğu 2,8-2,9 g/cm³, mohs sertliği 1-2 olup, beyaz, gri, yeşilimsi gri renklerde bulunur (Erdem ve Karaoğlu, 2005, s. 45). Şeffaftan opağa kadar değişen görünümleri mevcuttur. Profillit fiziksel özellikleri itibari ile benzerlik gösterdiği talkın yerine kullanıldığında beyazlık ve saflık gibi özellikleri ön plana çıkar.

Profillit genellikle üç, şekilde bulunur.

³ <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/profillit> (Erişim Tarihi. 04.11.19)

- İnce yapraksı katmanlar halinde,
- Yıldız veya çiçek şeklinde değişen küçük kristaller halinde (masit siperlitik agregalar),
- Işığı yayan iğne şeklinde kristaller halinde (Madencilik ÖİK Raporu, 2001, s. 135).

2.1.3. Kimyasal özellikleri

Profillit bir alümina silikattır. Profillit genel olarak alüminanın bol bulunduğu asit volkanik kayalarda bulunur. Kimyasal bileşimi tablo 2.1’de görüldüğü şekildedir.

Tablo 2.1. Profillitin genel özellikleri (T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, yayın no: DPT 2418-ÖİK 477)

Kimyasal Birleşim	$Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$ % 28,3 % 66,7 % 5,0
Tipik Kimyasal Analiz	SiO ₂ : % 30-75 Al ₂ O ₃ : % 20-74 Fe ₂ O ₃ : % 0,08 CaO : % 0,08 K ₂ O : % 0,21 Kızdırma Kaybı : % 3,67
Ergime Sıcaklığı	1700°C
Sertlik (Mohs)	1- 2
Özgül Kütle	2,8 - 2,9 gr/cm ³
Kırılma İndisi	1,57

2.2. Profillitin Kullanım Alanları

Profillitin içerisinde bulunan Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃, K₂O, CaO, MgO ‘e göre farklı alanlarda kullanımı vardır. Başta çimento olmak üzere seramik, refrakter ürünler, boya, lastik, sabun vb. ürünlerde dolgu maddesi olarak kullanılır. Tane boyutları kullanıldığı alana göre değişiklik göstermektedir (Akçin, 2019, s. 1).

Amerika’da üretilen profillitin %75’i seramik ve refrakter endüstrilerinde %10’u böcek ilacı üretiminde, %3-5’lik kısmı ise dolgu sanayinde kullanılır. Japonya’da ise profillit cam elyaf yapımında çok önemli bir kullanım alanına sahiptir. Profillitin başlıca kullanım alanlarını şu şekilde sınıflandırabiliriz (Gürkan ve Tarkan, tarihsiz, s. 2).

2.2.1. Seramik ürünlerde kullanımı

“Seramik endüstrisinde profillitin yüksek alkali (yüksek mika içeriği) ve serisit içermesi bir avantajdır. Düşük erime sıcaklığına sebep olan yüksek alkali içeriği hızlı yanmayı oluşturur. Beyaz seramik yapımında renkli oksit içeriğinin % 0.5'ten düşük olması istenir. (Gürkan ve Tarkan, tarihsiz, s. 2).”

Profillit minerali, beyaz seramik eşyalarda ve vitröz (camsı) sofrta takımı imalinde kullanılmaktadır. Cisimlerde düşük ısı genleşme katsayıları ile ısı şok direncini geliştirir, yüksek mekanik dayanımı ile ürün yüzeyinde meydana gelebilecek kılcal çatlaklıkları büyük oranda engeller. Öte yandan fayans yapımında feldspat yerine profillit kullanımı ile termal şok, ateşte pişirme, küçültme ile oluşabilecek kılcal çatlaklar ortadan kalkar ve kolay pişirme imkânı sağlanır (Madencilik ÖİK Raporu, 2001, s. 138). Seramik uygulamalarda, özellikle yer ve duvar karosu üretiminde silika ve feldspatın yerine büyük kullanım alanı bulmaktadır. (Pradhan vd.,2015). Seramik endüstrisinde kullanılacak olan profillit mineralinin içeriği tablo 2.2’de verilmiştir.

Seramik reçetesinde feldspat yerine profillit katıldığında çatlamlar azalır ürünün sır tutma yeteneği ve ani sıcaklıklarda dayanıklılığı arttığı görülmüştür (Birinci ve Sarıkaya, 2014)

Tablo 2.2. Kullanım yerlerine göre profillitin sahip olması gereken kimyasal bileşimler (DTP,2001, s.57).

	Dolgu Malzemesi %	Refrakter ve Cam Elyaf %	Fayans ve Yer Karusu %	Beyaz Çimento %
Al ₂ O ₃	21-27	15-21	15-19	9-12
SiO ₂	65-71	73-77	76-80	87-88
Fe ₂ O ₃	0,15-0,25	0,15-0,30	0,15-0,30	0,15-0,30
Ateş Kaybı	4-5	3,8-4,5	3,3-3,8	2,9-3,4

“Refrakter ürünlerde; serisit ve alkaliler profillitin erime sıcaklığını düşürürler. Bu nedenle refrakter olarak kullanılan profillitin içerdiği alkali miktarı ağırlıkça %1’in altında olmalıdır. Renkli oksit içeriğinin (Fe₂O₃+FeO+TiO₂) de %1’in altında olması tercih sebebidir. (Gürkan ve Tarkan, tarihsiz, s. 2).”

Profillit ısıtıldığında 400-700°C arasında suyunu kaybeder fakat kristal yapıda değişiklik olmaz. 800°C civarında mineral Al₂SiO₁₀ yapısına dönüşür ve 1000°C 'ye kadar kararlı kalır. Bu sıcaklıktan sonra bünyedeki serbest kuvars kristabolite dönüşür

yani ayrı bir kristal yapıya sahip olur. Bu yapısı profillite 1200 °C -1300 °C civarında genleşme özelliği verir. Profillit kalsinasyona olmaksızın refrakter hammadde olarak kullanılabilir. Bu nedenle çekicidir. 1400-1450°C civarında da mullitleşme devam ettiğinden ve genleşme özelliğinden dolayı, tuğla derzlerini kapadığı için şamot vb. gibi eşdeğeri hammaddelere oranla daha iyidir (Madencilik ÖİK Raporu, 2001, s. 138).

“Profillitin genel hizmet malzemesi olarak üretilen seramik ve refrakter ürünlerin imalinde kullanılmasının önemli avantajları şunlardır.

- Düşük sıcaklıkta pişirme olanağı,
- Düşük rutubetle hazırlanabilen çatlama riski az olan karışımları yapabilmek olanağı,
- Çekme, büzülme vb. özellikleri kontrol olanağı,
- Profillitin yüksek ısı iletim özelliği ve düşük ısı genleşme katsayısı, termal şok direnci artırması,
- Vitröz malzemelerin mukavemetini artırması "(Madencilik ÖİK Raporu, 2001, s. 139).”

2.2.2. Beyaz çimento üretiminde kullanımı

“Profillit beyaz çimento üretiminde de tercih edilen hammaddelerden biridir. Profillitin fiziksel ve kimyasal özellikleri itibari ile en düşük niteliklisinin bile yeterli olması çimento üretiminde fiyat avantajı getirmektedir (Madencilik ÖİK Raporu, 2001, s. 139).”

Çimento sanayide; boyut, renk ve su absorpsiyonu, kuruma sırasında çekme, çatlamalara karşı dayanıklılık ve kıvam önemli parametrelerdir. Bu özellikleri etkilediği için profillit oldukça önemlidir. Düşük demirli profillit özellikle beyaz çimento yapımında tercih edilmektedir. Tonaj olarak en çok beyaz çimento üretiminde kullanılır (Gürkan ve Tarkan, tarihsiz, s. 2).

2.2.3. Dolgu malzemesi olarak kullanımı

Kâğıt ve kauçuk üretiminde, boya sanayide, duvar kaplamalarında, duvar kaplama çimento ve sıvılarında dolgu malzemesi olarak kullanılır. (Uysal, 2018, s. 7).

Dolgu malzemesinde; profillitin, tabakalı yapısı ve mika içermesi nedeniyle, kaolin ve talka benzer özellikler göstermesine rağmen, yüksek silis içermesi A.B.D.’deki kullanımına bazı kısıtlamalar getirmiştir. Bina dış cephelerinin korunması amacıyla

kaba taneli malzeme gerekli iken, ince tane boyutu boyanın pigment malzemesinin yayılması için gereklidir. (Gürkan ve Tarkan, tarihsiz, s. 2).

2.2.3.1. Kâğıt imalatında

Kâğıt hamuru ve kâğıt imalatı sektöründe; yumuşaklık, kimyasal duyarlılığı gibi karakteristik özellikleri ile kâğıt ve kâğıt hamur sektöründe dolgu maddesi ya da kaplama pigmenti olarak kullanılmaktadır (Pradhan vd., 2015, s. 88).

Kâğıt üretiminde kullanılan profillit, yüksek Al_2O_3 içeriğine, düşük SiO_2 içeriğine, kaba element içermeyen ince partiküllere, stabil bir partikül dağılımına ve yüksek derecede beyazlığa sahip olmalıdır (Carr, D.D., 1994, “Industrial Minerals and Rocks”, 6th ed., AIME Newyork, s.764). Ayrıca kaliteli kâğıt imalatında yüzeyi düzgünleştirme amacıyla kullanılır. (Uysal, 2018, s.7). Yüksek parlaklık ve düşük aşındırıcılık özelliği olan profillit ise kâğıt ve plastik dolgusunda kullanılmaktadır. Profillitin silisten kaynaklanan aşındırıcı yapısı, makinelerin aşınmasını hızlandırdığı için giderek kâğıt üretiminde kullanımı azalmaktadır (Kızılkaya, 2011, s. 67).

2.2.3.2. Boya sanayi

“Bu sanayide profillit dolgu ve genleşme maddesi olarak kullanılır (Kızılkaya, 2011, s. 69)”. Boya sanayii için kullanıldığında, boyanın örtücülüğünü artırıp akmasını engeller. Renkli beyazlarda ton farkının ortaya çıkmasını sağlar (Uysal, 2018, s. 7).

2.2.3.3. İnsektisitler

İnsektisitler, yani böcek ilacı kullanımında Madencilik ÖİK Raporu (2001), s.139 ‘a göre, “ince öğütülmüş (-230 mesh) profillit DDT gibi insektisitler için taşıyıcı olarak özellikle A.B.D.’de geniş olarak kullanılmaktadır. Akıcılığı çok iyi olduğundan ve insektisitlerin fonksiyonel maddesi ile bir etkileşmeye girmedikinden bu alanda kullanılan en ideal malzemelerden biridir. “

2.2.4. Diğer kullanımlar

Birçok profillit çeşidi, süs taşı olarak ve el sanatlarında, çiçek vazolarında, masa lambalarında, satranç tahtalarında, oyuncaklarda, şarap bardaklarında vb. kullanılır (Pradhan vd.,2015, s. 88). Sabun ve pudra kullanımında iyi yayılma renk ve şekil alma özellikleri kazandırır (Kızılkaya, 2011, s. 70). Tarımsal ürünlerde; profillit tarımda

kullanılırken tane boyutunun küçük olması, nötr pH değeri, bulk yoğunluğu ve nem içeriği; kimyasal bileşimi, rengi ve mineral bileşiminden çok daha fazla önemlidir.



Görsel 2.2. *Profillitten yapılan süs eşyası*

Kaynak: <https://www.sima-land.ru/1705905/suvenir-ryba-pirofillit/>

2.3. Profillitin Dünyadaki Durumu

Japonya dünyada en büyük profillit yataklarına sahip ülkedir. Hem en büyük üretici hem de en büyük tüketicisidir konumundadır. Dünya üretiminin %50' den fazlasını sağlamaktadır. Bu ülkedeki yatakların tahmini rezervi 100 milyon tondan fazla olarak belirlenmektedir. Güney Kore, Avustralya ve uzak doğu ülkeleri diğer büyük rezerve sahip olan ülkelerdir. Güney Kore dışındaki rezervler de en az 15 milyon ton, Amerika'daki rezervlerin ise en az 12 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir (Yılmaz, 2007, s. 64).

2.4. Dünyadaki Üretim Yöntemi ve Teknolojisi

En ilkel yöntem olan elle toplama yönteminden, çok gelişmiş yöntemlere kadar profillit üretiminde birçok farklı sistem vardır. Uzak Doğu'daki bazı büyük üreticiler haricinde genellikle ilkel ve basit yöntem kullanılmaktadır. Çoğunlukla dinamit patlama ile ocaktan çıkarılan profillit parçaları kaba kırma, yıkama, ince kırma, öğütme gibi işlemler sonrasında gruplandırılarak paketlenir ya da büyük çapta dökme sevkiyatlar için yığınlar yapılır. Avustralya' da bulunan Pambula madeni, gelişmiş üretim yöntemlerine sahip açık bir ocak madenidir. Toprak örtüsünden ve ağaçlardan sıyırıldıktan sonra delme sondaj yöntemleriyle tespit edilir. Çıkarılan profillit, gerekli kimyasal analizler yapıp K_2O , Fe_2O_3 , SiO_2 oranlarıyla belirlenerek yığınlar ayrılarak sınıflandırılır. Kırma ve eleme sonrası 50 mm'nin altında tane boyutuna indirgenir. Kırmak için çeneli veya sarkaçlı toplu kırıcı kullanılır. Ardından eleme işleminden

sonra müşteri istekleri doğrultusunda istenilen özelliklerde ürünler hazırlanır. Profillitin saf hali yumuşaktır. Alkali ve Fe_2O_3 oranı ile silis arttıkça sertleşir. (Madencilik ÖİK Raporu, 2001, s. 140).

2.5. Profillitin Türkiye’deki Durumu

Profillit Türkiye’de Malatya ili Pütürge ilçesi civarında çıkarılmaktadır. Uygun ve Solakoğlu (2002, s. 123) ‘a göre, Türkiye’deki varlığının ortaya çıkarılması 1970’li yılların başlarına uzanmaktadır. O dönemlerde küçük miktarlarda "talk" olarak üretilen profillit 1976 yılında maden kanunu kapsamına alınmıştır. Ancak yılda 2-3 bin ton dolayında üretilerek seramik ve refrakter sanayiine satılan profillit 1990’lı yıllardan itibaren önemli bir dönemeci aşmış ve Mersin’de kurulu ÇİMSA Çimento Sanayi A Ş ‘nin beyaz çimento üretiminde kaolen yerine profillit kullanmaya başlaması ile günümüzde 100-120 bin ton/yıl dolayında tüketilmeye başlamıştır.

Profillit pazarının Türkiye’de çok artabileceği öngörülmektedir fakat üretiminde bazı sorunlar yaşanmaktadır. Ancak tüketim şekline uygun belirli kriterlerde sürekli sabit kalitede üretim yapmak gerekir. Ayrıca bu üretimler de Türk sanayiine iyi tanıtılmalıdır. Bunun için de kırma, öğütme ve arıtma gibi prosesler hayata geçirilmeli, yeni teknolojik gelişmeler kullanılmalıdır. Bu işin boyutuna uygun sermayeyi de bulmak bir diğer sorundur (Yılmaz, 2007, s. 72).

Japonya ve Güney Kore’de dünya üretiminin %75’ini karşılamaktadır. Yine bu oran uzak doğuda tüketilmektedir. Diğer büyük üreticiler Avustralya ve Amerika kıtasında olduğu için Türkiye Avrupa’daki tek üretici olarak avantajlı durumdadır.

2.6. Türkiye’ de Üretim Yöntemi ve Teknolojisi

Üretim şekli açık işletmedir yani; kompresör, iş makineleri gibi geleneksel araçlar kullanılmaktadır. Görünür renk ve yapı farklılıklarına göre belirli alanlarda dinamitle patlatılan alanlar ayrı yığınlar halinde stoklanır. Ana ocaktan çıkarılan tüvenan yani işlenmemiş haldeki cevherin belirli işlemlerden geçirilip ayrılarak farklı tüketim yerleri için hazırlama imkânı yoktur. (Yılmaz, 2007, s. 70).

Profillitin devamlı sabit bir kalitede, istenilen özelliklerde, tüketim şekline uygun olarak üretilmesi, profillitin pazardaki değerini artırabilir. Bunun içinde kırma, öğütme ve arıtma gibi prosesleri hayata geçirmeli ve yeni teknolojik gelişmeler kullanılmalıdır.

2.7. Türkiye’deki Profillit Rezervleri

Türkiye’de profillit rezervleri Malatya-Pütürge ilçesinin 4 km güneyindeki Babik (Taşmış) Köyü çevresinde yoğunlaşmıştır. Ana mineral profillit olup disten ve kuvars ile birlikte bulunmaktadır. Ön etüdlere göre rezerv miktarı yaklaşık olarak 6-7 milyon civarındadır. Taşmış köyü-Vaktik tepe ve Kütüreş tepe mevkilerindeki cevherleşme üzerinde MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan saha araştırmasında, analiz sonuçlarına göre seramik-refrakter ve çimento-yer karosu kalitesinde olmak üzere iki ayrı rezerv saptanmıştır. Batıda Şiro Çayı’ndan doğuda Karataş Tepe’ye kadar 15 km. lik bir zonda izlenen profillitlerde 30 kadar zuhur bulunmakta ve 10 kadarı işletilmektedir (Madencilik ÖİK Raporu, 2001, s. 144). Sonuçta, belirtilen alan için seramik, refrakter ve çimento kalitesinde 6.644.000 ton görünür profillit rezervi hesaplanmıştır⁴

Profillit, Türkiye’nin sahip olduğu önemli hammaddelerden biridir. Mersin-Çimsa’nın 1990’dan bu yana beyaz çimento üretiminde profillit kullanmaya başlaması ile günümüzde 120 bin ton yılı aşan miktarlarda tüketilmeye başlamıştır ve Türkiye dünya da profillit üreten 10 ülke arasında Japonya, Güney Kore, Brezilya ve Hindistan’ın hemen arkasında 5. Sırada yer almaktadır. Avrupa’da sadece Türkiye’de profillite rastlanmaktadır (Erdem ve Karaoğlu s. 46) (Uygun, 2007, s. 11).

2.8. Türkiye’deki Profillit Kullanım Alanları

Ülkemizde profillit genellikle refrakter sanayi ve demir çelik sanayide pota ocaklarındaki tuğlaların üretiminde kullanılmaktadır. Ancak demir çelik sektöründeki gelişmeler profillit kullanımını olumsuz etkiler duruma gelince, refrakter sanayideki tuğla üretiminde de kullanımı azalmıştır. Profillit Türkiye’de seramik endüstrisinde nadiren de olsa kullanılmaktadır. Bu tüketim çok fazla artmasa da profillitin fazla pahalı bir hammadde olmayışından dolayı devam edecektir. Boya endüstrisinde sürekli olmamakla beraber, belirli bir tüketime sahiptir. Beyaz çimento üretimi Türkiye ‘de profillitin tonaj olarak en çok tüketildiği alandır. Bu konuda Türkiye hem kendi üretimini yapabilir hem de ihracat yapabilecek durumdadır (Uygun ve Ağır,2001, s. 144).

⁴ http://www.mapeg.gov.tr/maden_istatistik.aspx (Erişim Tarihi 14.11.19)

Avrupa'nın en kalitelisi olarak bilinen Mersin-Çimsa'nın beyaz çimento üretebilmesindeki en önemli etken şüphesiz ki profillit kullanımıdır. "Superwhite" olarak

adlandırılır ve Avrupa'nın en kalitelisi olarak bilinir (Uygun, 2007, s. 11).

Türkiye'de profillitin oluşmuş bir ürün standardı bulunmamaktadır. Ancak genellikle kullanıcı kuruluşların ya da maden satış firmalarının aradığı bazı özellikler vardır. Tercih edilecek profillit hammaddesinde aranan kimyasal özellikler tablo 2.3' tablo 2.4 ve tablo 2.5 de belirtilmiştir.

Tablo 2.3. Refrakter sanayiinde kullanılan profillitin özellikleri (DTP, 2001, S. 145)

	Ateş Zayılatı	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
Tipik %	4.26	65.88	26.39	1.00	0.60	0.67	0.17	0.33	0.70
Min %	-	-	25	-	-	-	-	-	-
Max %	4.5	-	-	-	0.8	0.7	0.5	0.5	0.7

Tablo 2.4. Beyaz çimento üretiminde kullanılan profillitin özellikleri (DTP, 2001, S. 145)

	FeO ₃	SiO ₂	Silikat Modülü	SO ₃	Toplam Alkali	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	Tane Boyutu	Nem
Min.	-	% 65	% 5	-	-	-	-	-	5 mm	-
Max.	% 0.4	-	% 6.5	% 0.8	% 1	% 0.5	80 ppm	30 ppm	50 mm	% 10

Tablo 2.5. Seramik (vitrifiye) sanayiinde kullanılan profillitin özellikleri (Kızılkaya, 2011, s. 60)

	Kızdırma Kaybı	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
Tipik %	2,25	78,80	15,80	0,92	0,14	0,26	0,00	1,31	0,39
Min %	-	-	18	-	-	-	-	-	-
Max %	4.4	-	-	-	0,2	0.3	0.5	1.5	0.6

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Seramik üretiminde kullanılan ana hammaddeler, kil, kaolen, feldspat ve kuvarstır. Kuvars, profillit hammaddesinin içeriğinde bulunduğu için tekrar kuvars katkısına gerek duyulmamıştır. Üçgen diyagramda üç ana mineral bileşimlerinden oluşan çamur karışımları belirlenen oranlarda hazırlanmıştır. Araştırmanın ana konusunu oluşturan profillit İçel madencilik A.Ş ‘den temin edilmiştir.

3.1. Kullanılan Hammaddeler ve Özellikleri

Kullanılan profillit hammaddesinin kimyasal analizi ise tablo 3.1’ de verilmiştir. Profilit örneklerine ait görüntüler görsel 3.1 ve 3.2 de gösterilmiştir.



Görsel 3.1. *Profillite ait örnek*
Kaynak: *Fotoğraf: Sibel Kılıç*



Görsel 3.2. *Profillite ait örnek*
Kaynak: *Fotoğraf: Sibel Kılıç*

Tablo 3.1. Profillitin kimyasal bileşimi (ağırlıkça %)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	TiO ₂	MgO	CaO
71,9	24,46	2,415	0,35	0,31	0,29	0,09	0,08

Ülkemizde çeşitli bölgelerde kil yatakları bulunmasına rağmen porselen ürünler gibi yüksek kalitede ürünlerin üretiminde az miktarda demir içermesinden dolayı Ukrayna kili tercih edilir. Ukrayna kili beyaz pişen ve plastikliği yüksek bir kil çeşididir. Bünyelerde elde edilmek istenilen beyazlık genellikle hammaddelerde bulunan Fe₂O₃ ve TiO₂ ye bağlıdır. Kullanılan hammaddelerden özellikle killerden gelen Fe₂O₃ ve TiO₂ miktarlarının fazla olmasından dolayı ürünün pişme rengi koyu olmaktadır. Ülkemizdeki kil kaynaklarının yüksek oranda demir içermesinden dolayı bu çalışmada Ukrayna kili tercih edilmiştir. Kimyasal analizi tablo 3.2 'de verilen Ukrayna kili Anka Seramik Fabrikası' ndan temin edilmiştir.

Tablo 3.2. Ukrayna kilinin kimyasal bileşimi (ağırlıkça %)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	TiO ₂	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	A.Z
56,8	27,14	2,3	1,21	0,72	1,278	0,508	0,41	0,03	0,05	0,05	9,44

*A.Z: Ateş ziyat

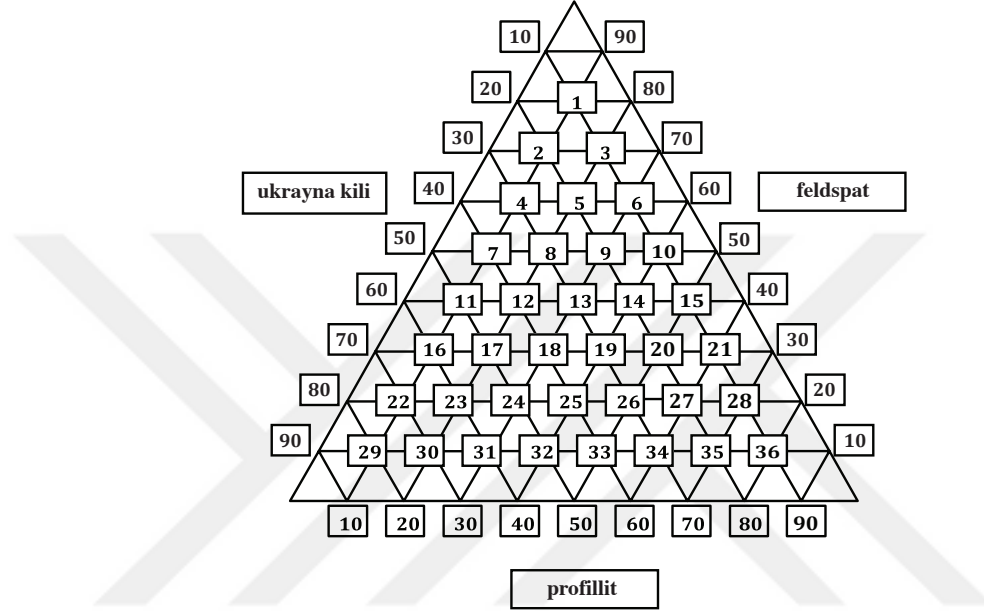
Hazırlanan reçetede çamur bünyesinde eriticiliği sağlamak amacıyla potasyum feldspat kullanılmıştır. Potasyum feldspatlar, porselende en çok kullanılan feldspat türüdür. Kullanılan potasyum feldspat Anka Seramik Fabrikası' ndan temin edilmiştir. Kimyasal bileşimi tablo 3.3'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Potasyum feldspatın kimyasal bileşimi (ağırlıkça %)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	A.Z
71,44	17,75	9,28	0,19	0,18	0,13	0,62	0,14	0,11	0,17

3.2. Plastik Çamur Hazırlamada Kuvars Yerine Profillit ile yapılan Deneyler

Bu çalışmanın amacı, profillitin plastik çamur bünyesinde kuvars yerine geçebilirliğinin araştırılmasıdır. Çalışmada öncelikli olarak profillit, Ukrayna kili, feldspat temin edilmiş ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Araştırmada üçgen diyagram kullanılmıştır. Her bir reçeteye şekil 3.1’ de gösterilen numaralar verilmiştir.



Şekil 3.1. Profillit, feldspat ve Ukrayna kiline ait üçlü diyagram

Üçgen diyagramdaki oranlara göre hazırlanan reçeteler 200 gr tartılmış 1200 °C ve 1280 °C de pişirilmek üzere 2 şer adet deneme plakası alçı kalıp içine basılmıştır. Daha sonra olumlu çıkan bir reçete seçilmiş ve bakır, demir, kobalt, krom, mangan oksitlerle renklendirilmiştir.

3.2.3. Çamur hazırlama süreci

Profillit ilk olarak etüvde ısıtılmıştır. Bu sayede neminden tamamen uzaklaşmış, kırıcılarda rahat ve sorunsuz kırılması sağlanmıştır. Daha sonra ön kırma, parçalama ve çeneli kırıcılarda boyut küçültme işlemlerine tabi tutulmuştur (Bkz. Görsel.3.3 ve Görsel.3.4). Üçlü diyagramdaki oranlara göre her bir reçeteden 200 gr tartılmış %50 su ile birlikte karıştırılmıştır. 200 gr üzerinden hazırlanan reçeteler homojen bir karışım elde etmek için bilyalı değirmende 15 dakika sulu olarak öğütülmüştür. Öğütme işlemi 500 gr kuru kapasiteli laboratuvar tipi alümina bilyalı porselen değirmen kullanılmıştır.

Bilyalar 10-20mm çapındadır. Her bir karışımından 1200  C ve 1280  C ‘de pişirilmek için 2’şer adet kalıba basılmıştır. Bu işlemden sonra su içeren çamurlar alçı plaka üzerine alınarak su miktarının azaltılmış ve karışım ele yapışmayacak, şekillendirme için uygun kıvama gelene



Görsel 3.3. Çeneli Kırıcı

Kaynak: Fotoğraf: Sibel Kılıç

kadar bekletilmiştir. Küçülme ve su emme özelliklerinin belirlenmesi için 80x80x10 mm boyutlarındaki alçı kalıplara basılmış ve kumpasla toplu klmelerini ölçmek adına işaretlenmiş ve kurumaya bırakılmıştır. Kurutulan plakalar 1200  C ve 1280  C’de sırsız olarak pişirime tabi tutulmuştur. Alçı kalıptan çıkarıldıktan sonra kumpas yardımıyla işaretlenen noktalar fırın çıkışı tekrar ölçülmüş toplu küçülmesi hesaplanmıştır. Pişmiş numuneler hassas terazi ile tartılıp kuru pişme değerleri bulunmuştur. Daha sonra bir kap içerisinde numunenin tamamı su içerinde kalmak koşulu ile 12 saat su içerisinde bekletilip tekrar tartımları ile su emme değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre olumlu bulunan reçete farklı oksitlerle renklendirilmiştir.



Görsel 3.4. Halkalı Kırıcı

Kaynak: Fotoğraf: Sibel Kılıç

Tablo 3.4. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının Reçete Bileşimleri

Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Ukrayna kili	10	20	10	30	20	10
Profillit	10	10	20	10	20	30
Feldspat	80	70	70	60	60	60

Tablo 3.5. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1200 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri

Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Toplam Küçülme %	12,32	9,76	10,98	9,5	10,2	10,6
Su Emme %	0,09	0,33	0,30	0,98	0,82	0,75



Görsel 3.5. Üçlü sistemde Profilit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1200 °C'deki değişimleri

Tablo 3.6. Ukrayna kili, Profilit, Feldspat Karışımlarının 1280 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri

Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Toplam Küçülme %	-	-	7,12	6,12	7,34	7,56
Su Emme %	0,02	0,13	0,12	0,39	0,35	0,27



Görsel 3.6. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1280 °C'deki değişimleri

Tablo 3.7. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının Reçete Bileşimleri

Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R7	R8	R9	R10	R11	R12
Ukrayna kili	40	30	20	10	50	40
Profillit	10	20	30	40	10	20
Feldspat	50	50	50	50	40	40

Tablo 3.8. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1200 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri

Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R7	R8	R9	R10	R11	R12
Toplam Küçülme %	9,24	9,46	9,95	11,02	10,2	10,34
Su Emme %	1,69	1,61	1,33	1,15	1,63	1,59



R7-1200



R8 -1200



R9-1200



R10-1200



R11-1200

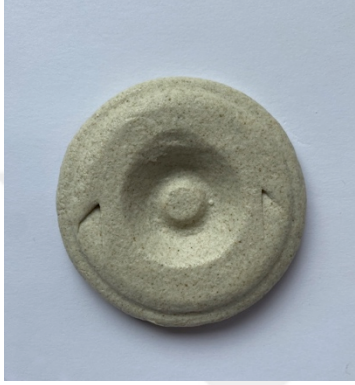


R12-1200

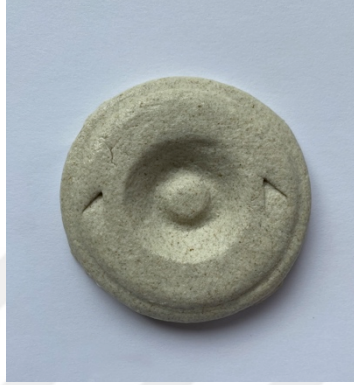
Görsel 3.7. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1200 °C'deki değişimleri

Tablo 3.9. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1280 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri

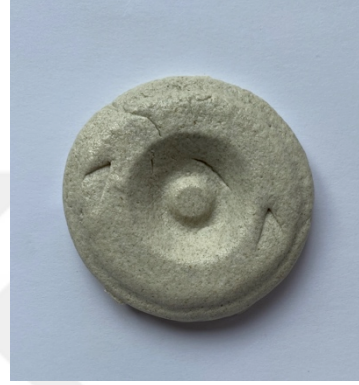
Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R7	R8	R9	R10	R11	R12
Toplam Küçülme %	5,24	5,78	7,68	8,64	7,1	7,9
Su Emme %	0,58	0,51	0,45	0,38	0,72	0,61



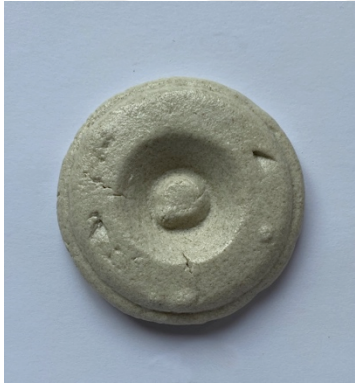
R7-1280



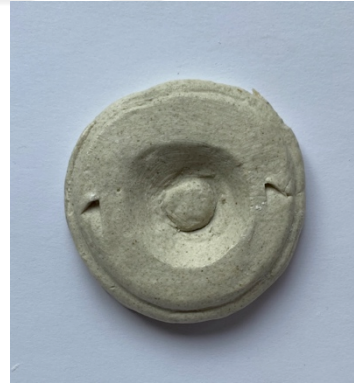
R8 -1280



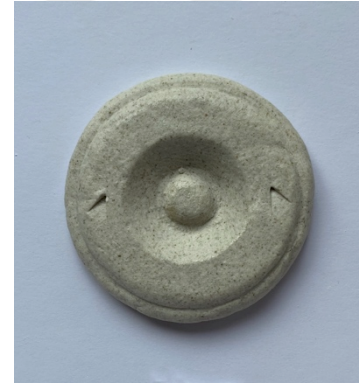
R9-1280



R10-1280



R11 -1280



R12-1280

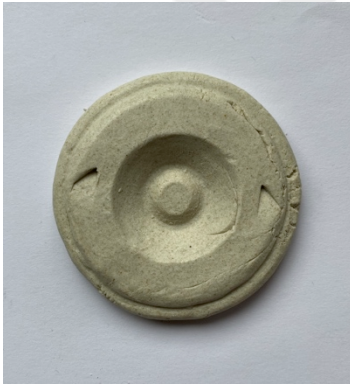
Görsel 3.8. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1280 °C'deki değişimleri

Tablo 3.10. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının Reçete Bileşimleri

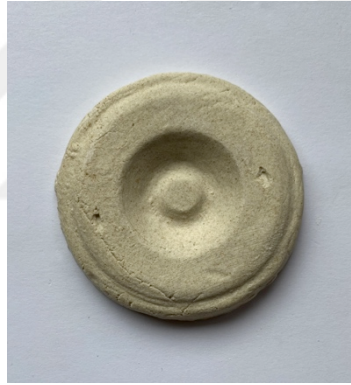
Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R13	R14	R15	R16	R17	R18
Ukrayna kili	30	20	10	60	50	40
Profillit	30	40	50	10	20	30
Feldspat	40	40	40	30	30	30

Tablo 3.11. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1200 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri

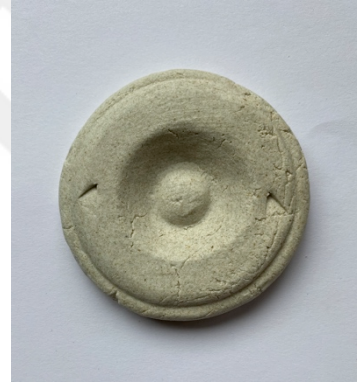
Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R13	R14	R15	R16	R17	R18
Toplam Küçülme %	10,51	10,57	11,02	7,1	7,7	8,44
Su Emme %	1,55	1,49	1,43	1,88	1,73	1,68



R13-1200



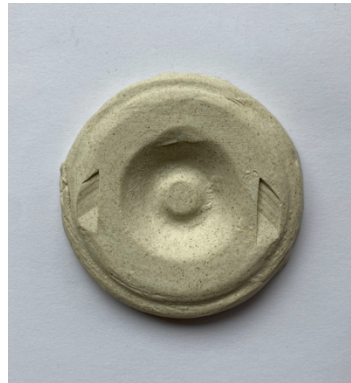
R14 -1200



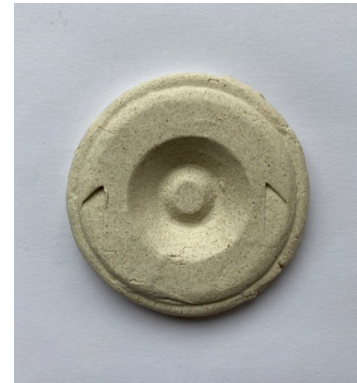
R15-1200



R16-1200



R17-1200

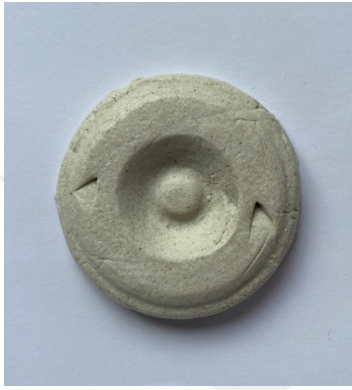


R18-1200

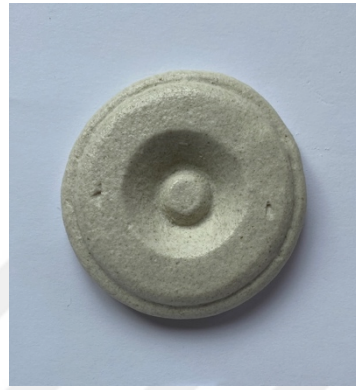
Görsel 3.9. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1200 °C'deki değişimleri

Tablo 3.12. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1280 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri

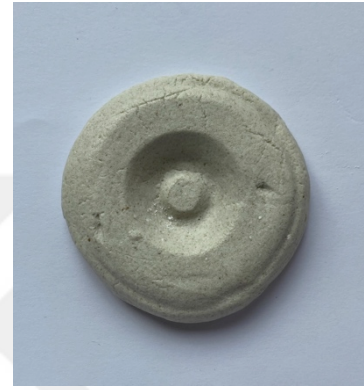
Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R13	R14	R15	R16	R17	R18
Toplam Küçülme %	8,28	8,34	9,21	8,6	9,01	9,32
Su Emme %	0,57	0,42	0,40	0,71	0,66	0,44



R13-1280



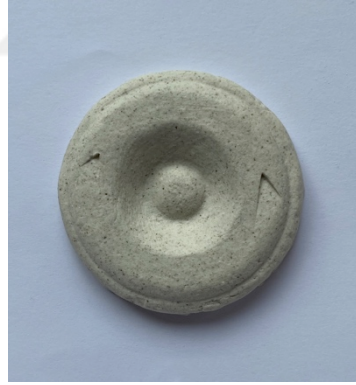
R14 -1280



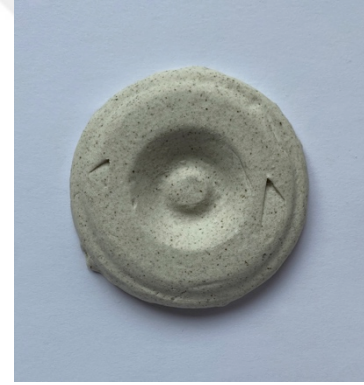
R15-1280



R16-1280



R17 -1280



R18-1280

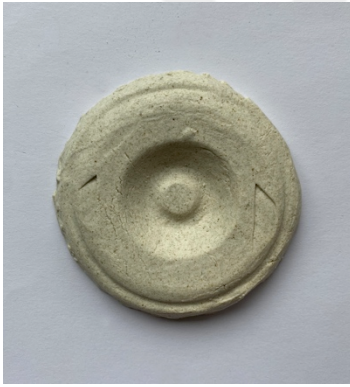
Görsel 3.10. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1280 °C'deki değişimleri

Tablo 3.13. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının Reçete Bileşimleri

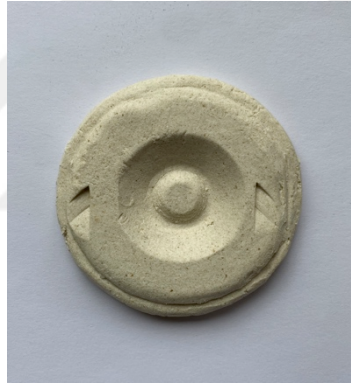
Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R19	R20	R21	R22	R23	R24
Ukrayna kili	30	20	10	70	60	50
Profillit	40	50	60	10	20	30
Feldspat	30	30	30	20	20	20

Tablo 3.14. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1200 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri

Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R19	R20	R21	R22	R23	R24
Toplam Küçülme %	9,32	10,01	10,36	7,38	8,58	9,26
Su Emme %	1,64	1,62	1,60	1,87	1,70	1,62



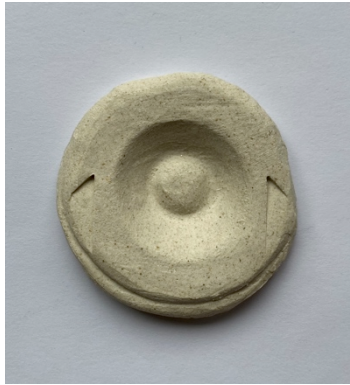
R19-1200



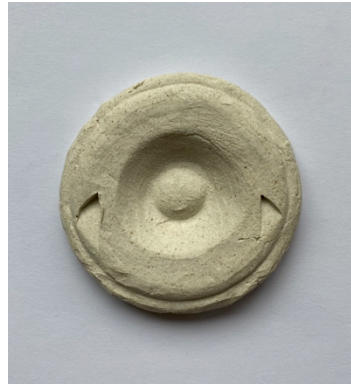
R20 -1200



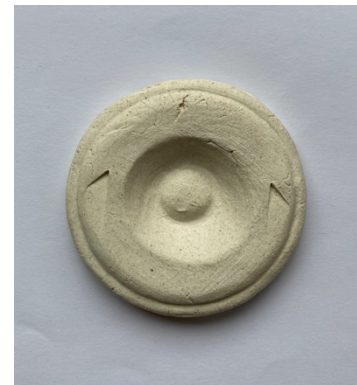
R21-1200



R22-1200



R23-1200

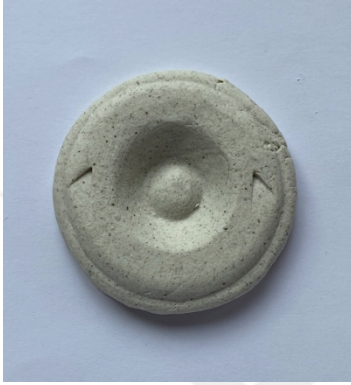


R24-1200

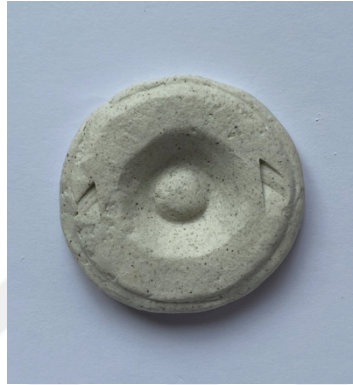
Görsel 3.11. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1200 °C'deki değişimleri

Tablo 3.15. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1280 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri

Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R19	R20	R21	R22	R23	R24
Toplam Küçülme %	10,11	10,29	10,48	10,09	11,06	12,04
Su Emme %	0,35	0,21	0,22	0,39	0,32	0,22



R19-1280



R20-1280



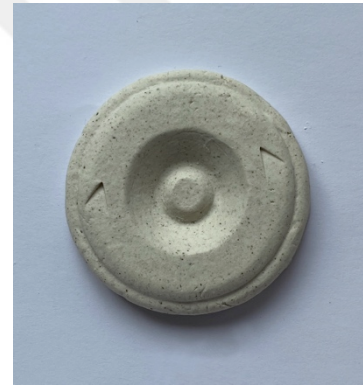
R21-1280



R22-1280



R23 -1280



R24-1280

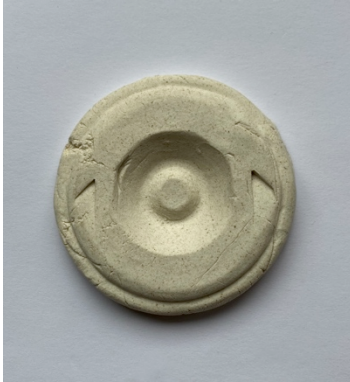
Görsel 3.12. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1280 °C'deki değişimleri

Tablo 3.16. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının Reçete Bileşimleri

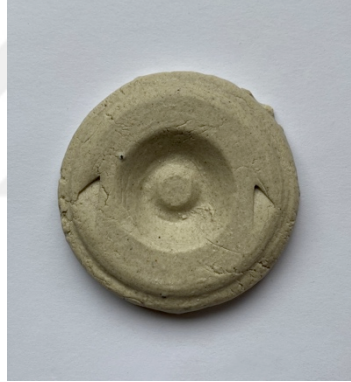
Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R25	R26	R27	R28	R29	R30
Ukrayna kili	40	30	20	10	80	70
Profillit	40	50	60	70	10	20
Feldspat	20	20	20	20	10	10

Tablo 3.17. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1200 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri

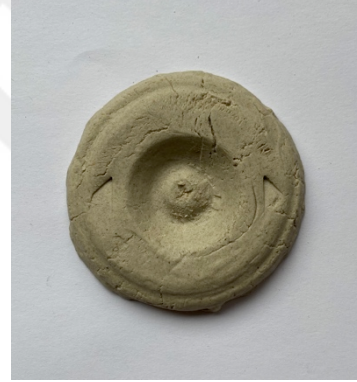
Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R25	R26	R27	R28	R29	R30
Toplam Küçülme %	9,84	10,26	8,58	7,58	12,52	12,61
Su Emme %	1,59	0,91	0,6	0,41	1,84	1,72



R25-1200



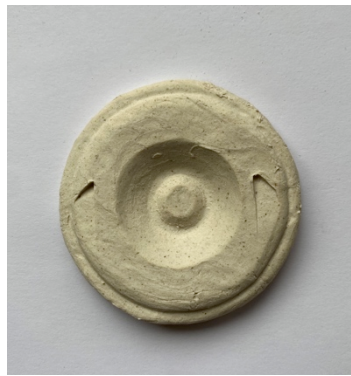
R26 -1200



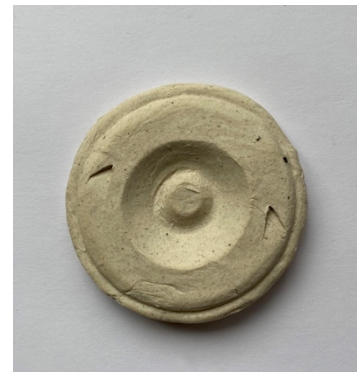
R27-1200



R28-1200



R29-1200

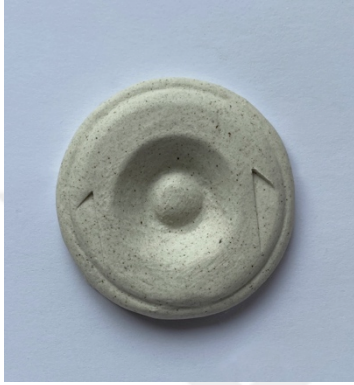


R30-1200

Görsel 3.13. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1200 °C'deki değişimleri

Tablo 3.18. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1280 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri

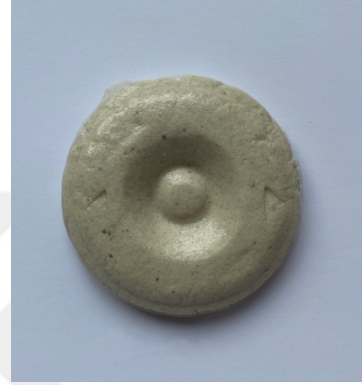
Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R25	R26	R27	R28	R29	R30
Toplam Küçülme %	12,10	5,08	-1,68	0,8	11,56	12,96
Su Emme %	0,20	0,15	0,11	0,08	1,17	0,81



R25-1280



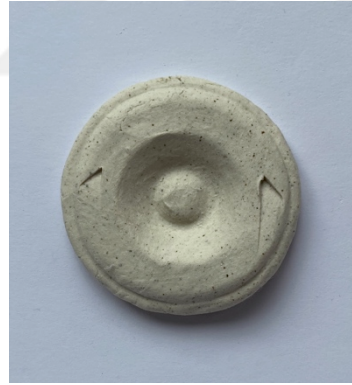
R26-1280



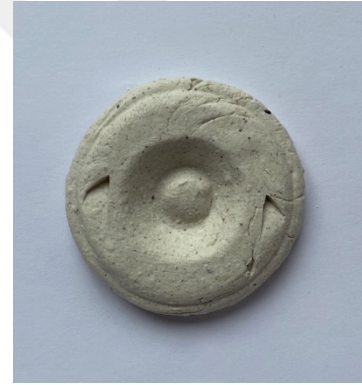
R27-1280



R28-1280



R29 -1280



R30-1280

Görsel 3.14. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1280 °C'deki değişimleri

Tablo 3.19. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının Reçete Bileşimler

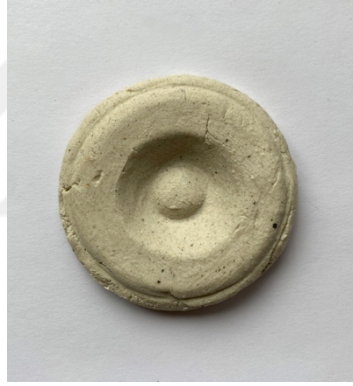
Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R31	R32	R33	R34	R35	R36
Ukrayna kili	60	50	40	30	20	10
Profillit	30	40	50	60	70	80
Feldspat	10	10	10	10	10	10

Tablo 3.20. Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1200 °C'deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri

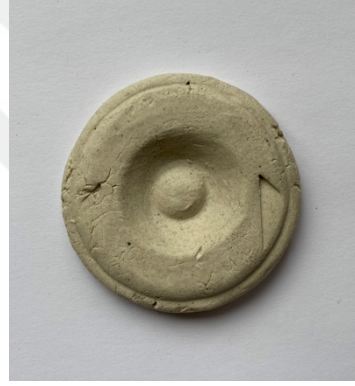
Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R31	R32	R33	R34	R35	R36
Toplam Küçülme %	12,87	12,92	11,5	11,16	10,04	8,48
Su Emme %	1,69	1,52	1,43	1,3	0,86	0,41



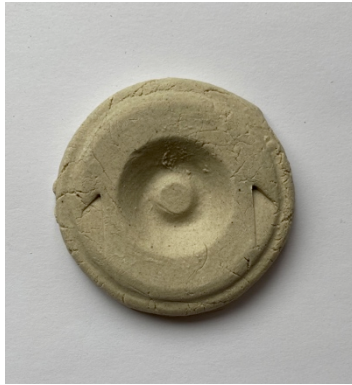
R31-1200



R32 -1200



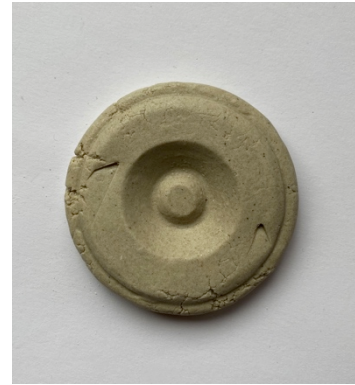
R33-1200



R34-1200



R35-1200

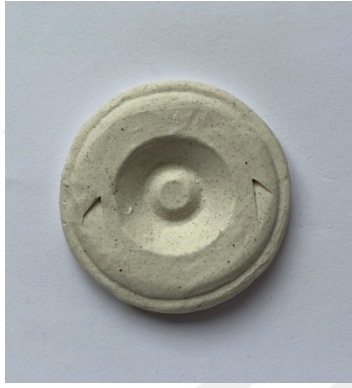


R36-1200

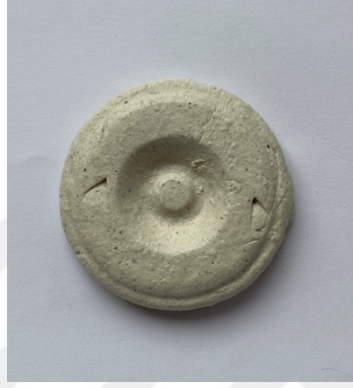
Görsel 3.15. Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1200 °C'deki değişimleri

Tablo 3.21. *Ukrayna kili, Profillit, Feldspat Karışımlarının 1280 °C’deki Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri*

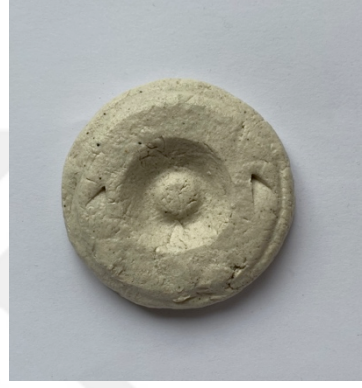
Reçete No	Reçete Bileşim %					
	R31	R32	R33	R34	R35	R36
Toplam Küçülme %	13,27	13,70	10,08	6,8	8,4	-
Su Emme %	0,75	0,43	0,22	0,09	0,06	0,04



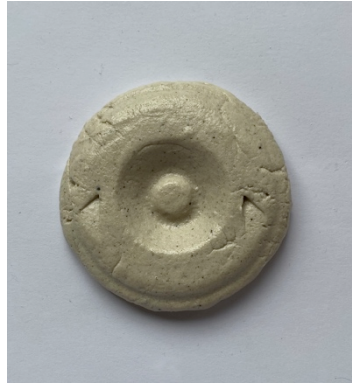
R31-1280



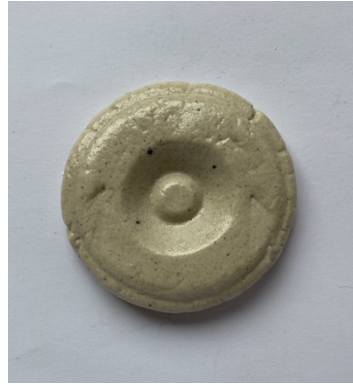
R32 -1280



R33-1280



R34-1280



R35-1280

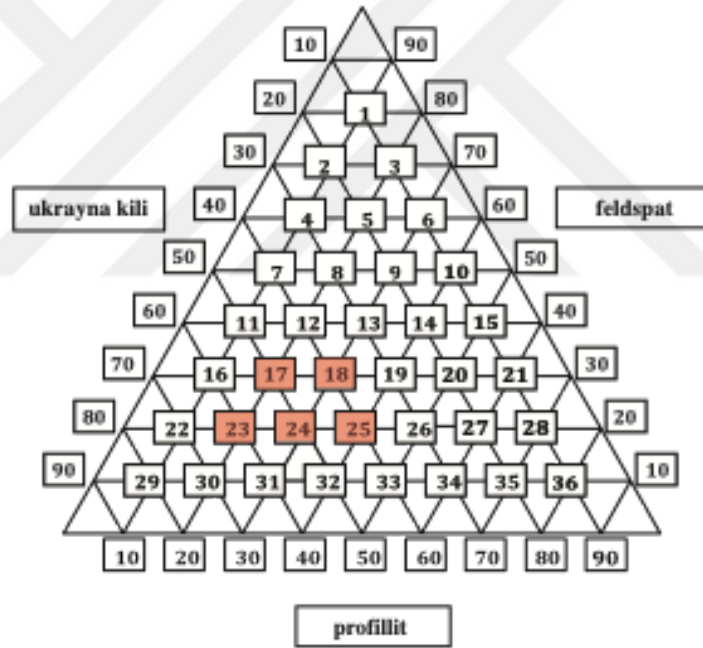


R36-1280

Görsel 3.16 . *Üçlü sistemde Profillit, Ukrayna Kili ve Feldspat ile oluşturulan bünyelerin 1280 °C’deki değişimleri*

3.2.4. Bulgular

Profillit, feldspat ve kilin üçlü diyagramda belirlenen oranlarda karışması ile oluşturulan bünyelerde, şekil 3.2 'de gösterilen R17, R18, R23, R24 ve R25 numaralı reçetelerde su emmeleri düşük, şekillendirmede sorun yaratmayan olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Feldspatın reçete içindeki miktarının artmasıyla çamurun eriticilik özelliği artmış su emme değerlerinde düşüş gözlenmiştir. 1280 °C'de pişirilmiş R1 ve R2 reçetelerinde feldspat miktarının fazla olması ve yüksek sıcaklıktan dolayı plakalar erime yapmıştır. Plakaların üzerine kumpasla işaretlenmiş ölçü erimeden dolayı kaybolmuş bu yüzden pişmiş uzunluğu ölçülememiş dolayısıyla toplam küçülme değeri hesaplanamamıştır. Profillit miktarının artmasıyla su emme değerlerinde azalma toplam küçülme değerinde artış gözlemlenmiştir.



Şekil 3.2. Üçlü diyagramda olumlu sonuç veren reçete numaraları

Yapılan deneyler sonucunda reçete içerisinde profillitin maksimum %50'ye kadar kullanılabileceği gösterilmektedir. %50 den fazla profillit katkısı köpürme ve erimeye sebep olmuştur. 1280 °C'de pişirilmiş R36 içeriğindeki fazla profillit sebebiyle erime yapmış kumpasla işaretlenen ölçü kaybolduğu için toplam küçülme değeri hesaplanamamıştır. %50 den fazla profillit katkısında köpürmeden dolayı toplam küçülme değerleri az çıkmasına sebep olmuştur. Sıcaklık artışına bağlı olarak profillitin eritici özelliği arttığı ve su emme değerinin azaldığı görülmüştür. Profillit bünyenin

pişme sıcaklığını düşürür. Profillit katkısı çamurun şekil verilebilirliğini yani plastisitesini azaltır. Sıcaklık artmasıyla pişmiş bünye de sarımtırak rengin, beyaz renge doğru değiştiği saptanmıştır. Bu yüzden daha açık renkler elde edebilmek için oksitlerle renklendirme denemeleri 1280°C’de pişirilmiştir.

3.3. Renkli Oksit Katkılı Bünye Araştırmaları

Şekillendirme, renk su emme ve toplam küçülme değerleri açısından 1280 °C’de pişirilmiş R24 Numaralı reçete uygun görülmüş ve artan oranlarda bakır, demir, kobalt, krom ve mangan oksit katkısı ile renklendirilmiş 1280 °C’de pişirimi yapılmıştır. Tablo 3.22’de 24 numaralı reçetenin bileşimleri Tablo. 3.23’de kullanılan oksitlerin reçete bileşimleri verilmiştir.

Tablo 3.22. R24 Numaralı Reçeteye İlave Edilen Renklendirici Oksitler ve Katkı Oranları

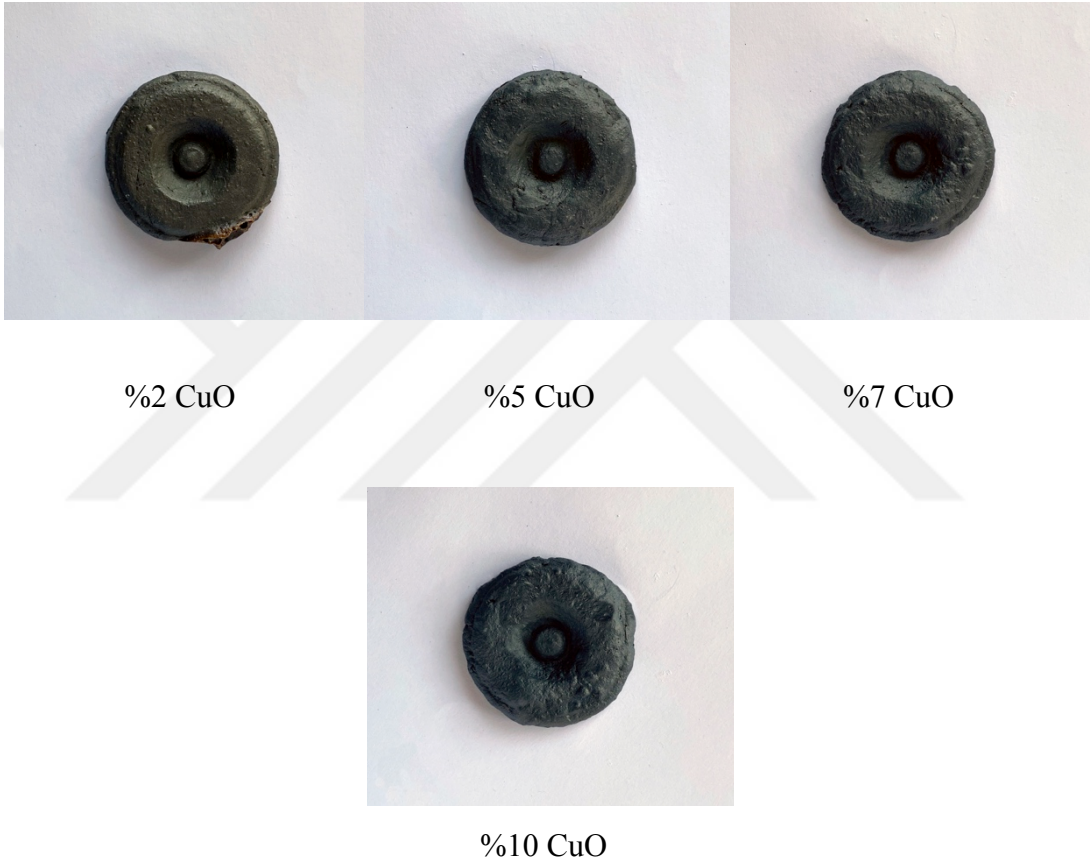
Renklendirici Oksit	Katkı Oranı %				
CuO	2	5	7	10	15
FeO	2	5	7	10	15
CoO	2	5	7	10	15
Cr ₂ O ₃	2	5	7	10	15
MnO ₂	2	5	7	10	15

Tablo 3.22. R24 Numaralı Reçeteye bileşimi

	Reçete Bileşimi
Ukrayna Kili	50
Profillit	30
Feldspat	20

3.3.1. Bakır oksit katkısının bünyede kullanımı ve etkileri

Bakır Oksit (CuO) ilaveli bünyelerde yeşil ve mavi renkler ortaya çıkmıştır. %3 Bakır oksit ilavesinde renk metalik bir yeşilken katkı ilavesinin artırılması rengi maviye doğru götürmüştür. %5 den fazlası çamurda köpürmeye %7 den fazlası köpürme ve erimeye sebebiyet vermiştir. Bu yüzden maksimum %5 kullanılması daha iyi sonuçlar doğurur. %15 katkılı bünye tamamen erimiştir.



Görsel 3.17. *CuO katkılı bünyelerin pişirim renkleri
1280 °C*

3.3.2. Demir oksit katkısının bünyede kullanımı ve etkileri

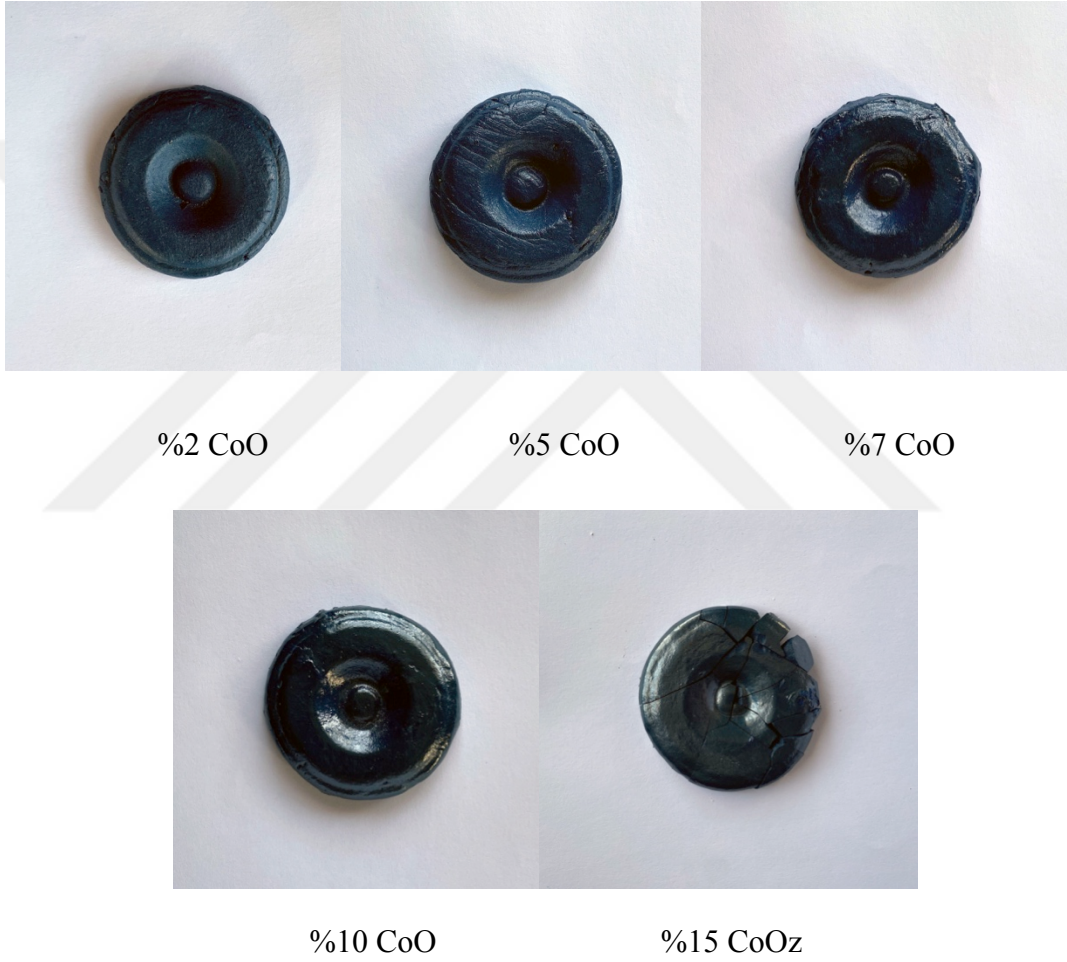
Demir Oksit ilaveli bünyelerde oksit miktarı arttıkça rengin turuncudan kahveye doğru gittiği görülmektedir. %7' den fazla oksit ilavesinde renkte fazla değişiklik olmamaktadır.



Görsel 3.18. *FeO katkılı bünyelerin pişirim renkleri 1280 °C*

3.3.3. Kobalt oksit katkısının bünyede kullanımı ve etkileri

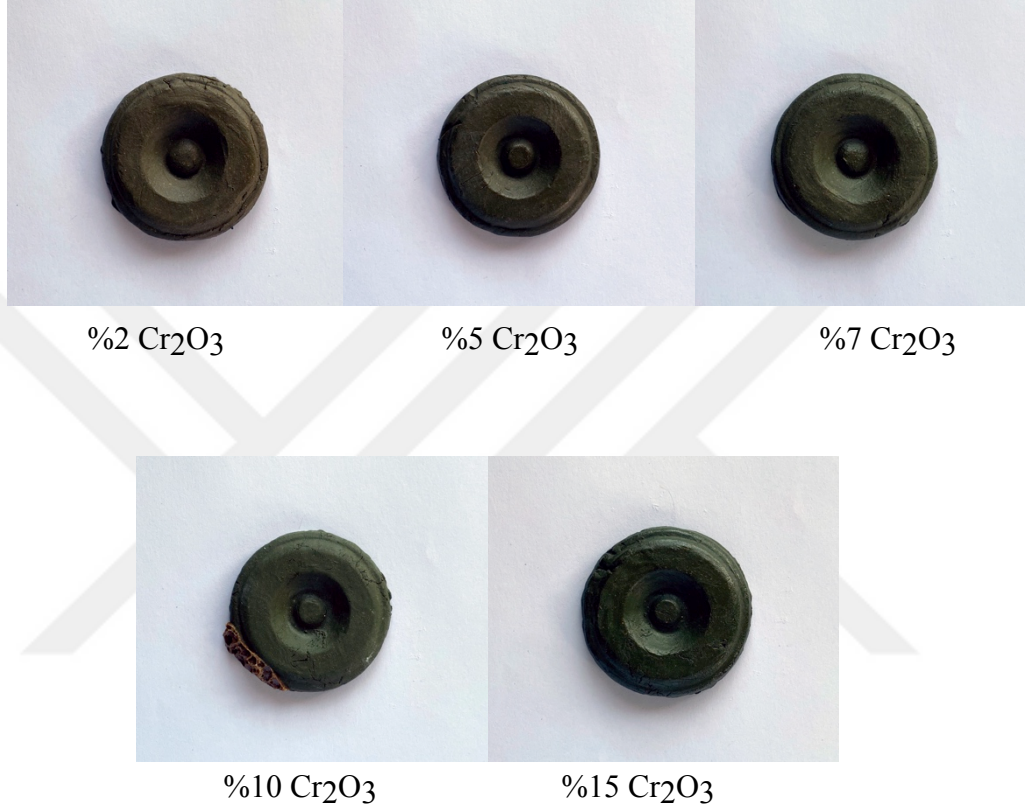
Kobalt oksit ilave edildiği bünye de açık maviden koyu laciverte kadar tüm renk tonlarını oluşturur. Yapılan sonuçlarda güçlü bir renklendirici olduğu için reçete içerisinde daha az miktarda kullanılması gerektiği görülmüştür. %7 den sonra renk doygunluğa ulaşmış ve katkı oranı artıkça parlaklık giderek artmıştır. %10 ve %15 ilaveli bünyenin yüzeyinde kobaltın yüksek ergitici özelliği sebebiyle cilalı bir görünüm oluşmuştur.



Görsel 3.19. *CoO katkıli bünyelerin pişirim renkleri 1280 °C*

3.3.4. Krom oksit katkısının bünyede kullanımı ve etkileri

Krom Oksit katkısının bünye içinde kullanımıyla yeşil ve koyu yeşil renkler ortaya çıkardığı görülmüştür. Katkı oranının azaltılmasıyla daha doğru sonuçlar elde edilebileceği saptanmıştır. %15 ilaveli çamurda parlak bir görüntü oluşmuştur.



Görsel 3.20. *Cr₂O₃ katkılı bünyelerin pişirim renkleri 1280 ° C*

3.3.5. Mangan oksit katkısının bünyede kullanımı ve etkileri

Mangan Oksit (MnO) katkılı bünyelerde renk açık sütlü kahveden devetüyü rengine kadar gitmiştir. %2 katkılı çamurda fazla renk değişimi gözlenmemiştir. Ancak %7 den sonrasında kabarmaya köpürmeye ve erimeye neden olmaktadır. Maksimum %5 e kadar kullanılması daha iyi sonuçlar verir. Mangan oksit katkısının bünye rengini çok koyulaştırmadığı görülmektedir.

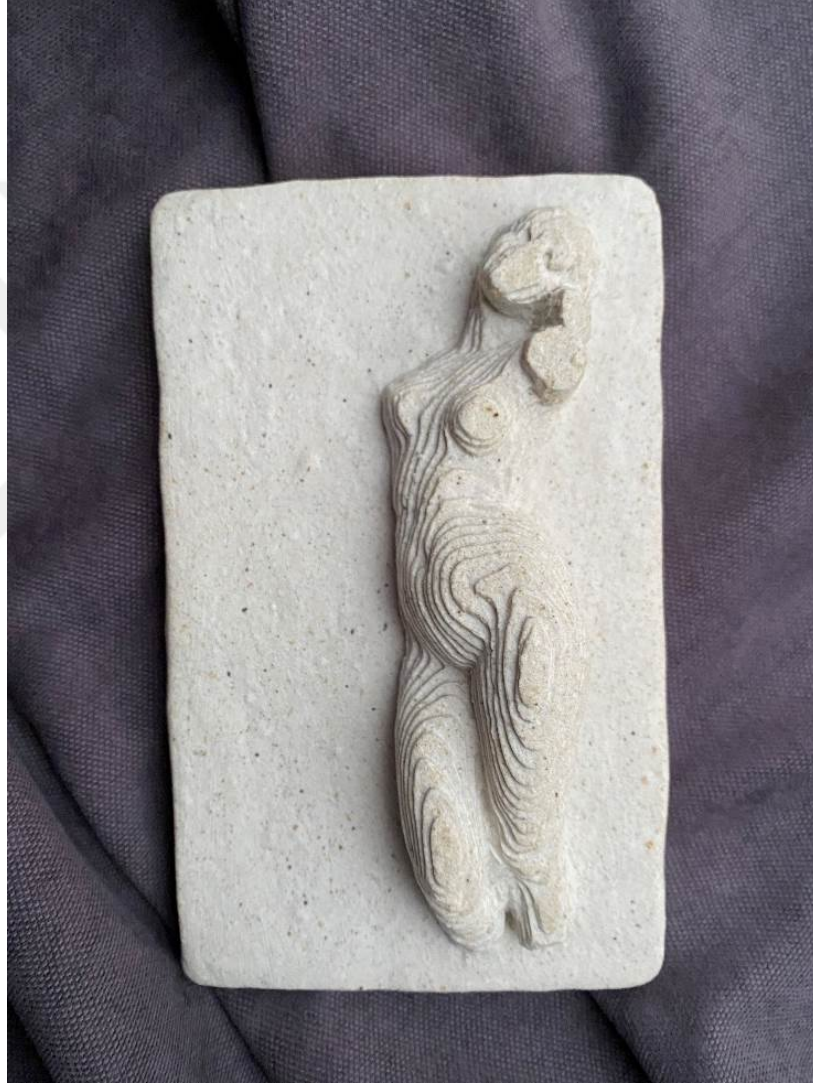


Görsel 3.21. *MnO katkılı bünyelerin pişirim renkleri 1280 °C*

Renklendirici oksit katkıları plastik özelliklerde bir değişiklik yaratmamıştır. Yüzey görünümü açısından oluşan renklerin çalışmalarda seçenек olabileceği, katkı oranlarının azaltılarak daha olumlu sonuçlara varılabileceği görülmüştür. Oksitlerin eritici özelliğinden dolayı yüksek katkı oranlarında bünye de köpürme ve erilmeler görülmüştür.

2. SERAMİK UYGULAMALAR

Şekillendirilebilme ve renk özellikleri açısından 1280 °C’de R24 reçetesi uygun görülmüştür. Bu bünyeden plastik çamur hazırlanarak elde ve kalıpla şekillendirme yöntemiyle farklı boyutlarda uygulamalara yer verilmiştir. Uygulamalar 1280 °C’de tek pişirim yapılmıştır. Bazı formlarda oksit katkılı ve katkısız karışık iki çamur kullanılmıştır.



Görsel 3.22. R24 numaralı reçete ile hazırlanmış çamurdan kalıp ve elle şekillendirme yöntemiyle uygulanan form (1280 °C) 11cm x 17,5 cm



Görsel 3.23. R24 numaralı reçete ile hazırlanmış çamurdan kalıp ve elle şekillendirme yöntemiyle uygulanan form detayı (1280 °C) 11cm x 17,5 cm



Görsel 3.24. R24 numaralı reçete ile hazırlanmış çamurdan kalıba basma yöntemiyle uygulanan form
(1280 °C) 16cm x 5,5 cm



Görsel 3.25. R24 numaralı reçete ve %5 krom oksit katkılı çamur ile hazırlanmış elle şekillendirme yöntemiyle uygulanan form(1280°C) 6cm x 6cm



Görsel 3.26. R24 numaralı reçete ve %5 krom oksit katkılı çamur ile hazırlanmış elle şekillendirme yöntemiyle uygulanan form(1280°C) 9 cm x7,5 cm



Görsel 3.27. R24 numaralı reçete ve %5 krom oksit katkılı çamur ile hazırlanmış elle şekillendirme yöntemiyle uygulanan form detayı(1280°C) 9 cm x 7,5 cm



Görsel 3.28. R24 numaralı reçete ile elle şekillendirme yöntemiyle uygulanan sır altı dekor çalışması
(1280°C) 17 cm x 11 cm

SONUÇ

Araştırması yapılan bu çalışmada, çamur çeşitleri, çamur hazırlamada kullanılan hammaddeler, profillitin tanımı ve kullanım alanlarından bahsedilmiş, içerdiği yüksek orandaki silisyumdan dolayı bünye içerisinde kuvars yerine profillit kullanımı araştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda 72 adet plaka hazırlanmış, 1200°C ve 1280°C de pişirilmiştir. Kuvars yerine profillit kullanılarak hazırlanan reçetelerin su emme ve toplam küçülme değerleri hesaplanmış, uygun olan reçete renkli oksitler ile renklendirilmiştir. Bu bünyeden plastik çamur hazırlanarak farklı boyutlarda uygulamalara yer verilmiştir. Pandemi nedeniyle büyük ebatta form çalışmaları yapılamamıştır.

Çalışmaların sonucunda reçetelerin bir kısmının profillit hammaddesinin kuvarsa alternatif olarak kullanımında uygun olduğu görülmüştür. Su emme değeri profillit miktarına bağlı olarak değişmektedir. Profillit miktarı arttıkça su emme değerlerinin düştüğü, sıcaklık artışına bağlı olarak su emme miktarının azaldığı görülmüştür. Profillit arttıkça toplu küçülme oranları artmış, katkı oranlarının çok artmasıyla birlikte küçülme yerine büyümelere görülmüştür. Profillit kullanılan bünyelerde içerdiği kuvars nedeniyle tekrar kuvarsa gerek duyulmayabilir. Bunun sonucunda ürün maliyeti düşer. Bünye içerisinde kuvars katkısı çamurda su emmeyi ve gözenekliliği artırırken, profillit katkısı azaltır.

İçeriğindeki demir oranının düşük olmasından dolayı pişme rengi beyaza yakın bir çamur elde edilmiştir. Bu sayede sır altı-sır üstü dekor uygulamalarında, çamur renklendirmelerinde daha olumlu ve maliyeti azaltan sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Sıcaklık artışıyla pişmiş bünyede sarımtırak rengin, grimsi beyaz renge doğru değiştiği saptanmıştır.

Profillitin plastikliği az olmasından dolayı plastikliği yüksek olan killerin ek olarak kullanımı şekillendirme sırasında avantaj sağlayacaktır. Profillitin ergitme özelliği olduğu, daha düşük sıcaklıkta sinterleşme yaparak pişme sıcaklığını düşürdüğü sonucuna ulaşılmıştır. Bu sayede yakıttan ve zamandan tasarruf sağlanır.

Oksitlerle renklendirilen örneklerde bakır oksitin %5, kobalt oksitin %7 ve mangan oksitin %5 'den fazla bünye içerisinde kullanımı oksitlerin eritici özelliğinden dolayı bünye de köpürme ve erimelere sebebiyet vermiştir. Genellikle katkı oranlarının azaltılarak daha olumlu sonuçlara elde edilebileceği düşünülmektedir.

Çalışmanın ana fikrinde yer alan profillit kullanımı Türkiye'deki yeni rezervlerin kullanımı açısından da fayda sağlayabilir. Profillitin seçiminde; içerdiği mineralojik bileşim ve kimyasal yapısı önemlidir. Ancak profillitin oluşmuş bir ürün standartta yoktur. Üretimi açık işletme şeklindedir yani gözle görülen renk ve yapı farklılıklarına göre ayrı yığınlar halinde stoklanır. Belli bir prosese tabii tutulup farklı tüketim yerleri için ayırım yapma imkânı yoktur. Bu yüzden hazırlanan reçetelerin stabilitesi yoktur. Profillit Türkiye'nin sahip olduğu önemli hammaddelerden biridir. Ocaktan çıkarılan cevher uygun hale getirilmek için işlenmelidir. Bunun içinde kırma, öğütme ve arıtma gibi prosesler hayata geçirilmeli bu yönde yatırımlara özendirilmeli ve teşvik edilmelidir.

Sonuç olarak, çalışmada yer alan tüm deneysel çalışmalar ve uygulamalar, profillitin plastik çamur hazırlamada kuvars yerine kullanımının araştırılmasında uygun özellikler taşıyan bir hammadde olduğunu göstermektedir. İstenilen özellikleri elde etmek amacıyla profillitin bünyeye kattığı özellikler göz önünde bulundurularak reçete içerisindeki miktarı artırılabilir veya azaltılabilir. Renk değişimleri ve daha ekonomik bir üretim olması açısından profillitli bünyeye katılan renkli oksit miktarının azaltılarak kullanılması önerilmektedir. Tüm elde edilen bulgular doğrultusunda profillitin bileşimine ve pişirim sıcaklığına bağlı olarak alternatif hammadde kapsamında herhangi bir soruna yol açmaksızın plastik çamur hazırlamada kullanılabileceği düşünülmektedir.

TERİMLER SÖZLÜĞÜ

Dilininim: Bir mineralin belli yönlerde birbirlerine paralel olarak yaprak yaprak ayrılma özelliğidir. Mikroskopta dilininim, birbirine paralel olarak gelişmiş doğal zayıflık zonları halinde görülür.

Dikit: Kireçtaşının erimesi ile oluşmuş mağaraların tavanından damlayan suların mağaranın tabanında buharlaşması ile suyun bünyesinde bulunan kirecin birikerek yukarıya doğru sütun gibi yükselmesidir.

Alunit (alum rock=şap taşı): En önemli şap minerali olup kimyasal bileşimi sulu potasyum- alüminyum silikattır. $KAl_3(SO_4)_2 (OH)_6$ veya $K_2O.3Al_2O_3.4SO_3.6H_2O$ formülü ile ifade edilir.

Mineral: Doğada homojen halde bulunan belirli bir kimyasal formülü olan ve çoğunlukla bir ender olarak da iki kristal sistemi bulunan, bazen de herhangi bir kristal sistemi olmayan inorganik bileşiklerin ortak adıdır.

Mullit: Veya porselenit kil sonrası oluşumun nadir görülen bir silikat mineralidir.

Ppm: Milyonda bir birime verilen isimdir. Herhangi bir karışımda toplam madde miktarının milyonda 1 birimlik maddesine 1 ppm denir.

İnsektisit: Veya böcek ilacı, böceklere karşı kullanılan bir çeşit pestisittir. Bunlar sırasıyla böceklerin yumurta ve larvalarına karşı kullanılan ovisid ve larvisidler içerir. Böcek öldürücüler ziraat, tıp, endüstri ve ev içi kullanımında genel olarak kullanılmaktadır.

Serisit: Muskovit, illit veya paragonite benzer ince taneli bir mikadır.

Silikat: Mineral grupları arasında en geniş gruptur. Her bir silikat minerali, yer kabuğunda en çok bulunan oksijen ve silisyum elementlerini içerir.

İzomorf: Yapı ya da yapılış özellikleri bakımından başka bir şeyle özdeş ya da benzer olan, eş biçim demektir.

İzolatör: Elektrik hatlarında iletkenle direk arasında yalıtımı sağlayan, aynı zamanda iletkeni taşıyan, iletkenin hem toprak hem de diğer iletkenlere karşı izole etmeye yarayan şebeke malzemelerine denir.

Bulk yoğunluk: Seramik malzemelerde bünyede gözenekliliğe bağlı olarak hava kalmakta buda teorik yoğunluğun düşmesine neden olmaktadır. Malzemelerin hava boşluklarıyla birlikte ölçüldüğü yoğunluğa bulk yoğunluk denir.



KAYNAKÇA

- Açar, P. (2011). *Kâğıt Katkılı Seramik Bünyelerin Araştırılması ve Seramik Uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ağatekin, E. (2002). *Artistik Seramik Biçimlendirmede Doku*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Alkan Özdemir, D. (2005). *Kâğıt Katkılı Seramik Bünyeler ve Uygulamaları*. Sanatta Yeterlilik Tezi. Eskişehir, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Akçin, S. (2019). *Pirofillit Mineralinin Flotasyon Yöntemi İle Zenginleştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Arcasoy, A. (1983). *Seramik Teknolojisi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Anasanat Dalı Yayınları. No:2
- Biçici,P.(2010). *Elazığ-Uslu Köyü Çömlekçi Kilinin Seramik Çamur, Sır ve Astar Bünyelerinde Kullanım Özelliklerinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Büyükçingil, B. (2018). *Cam Sektöründe Kullanılan Sodyum Feldspat Yan Ürünlerin Sırlı Porselen Üretiminde Kullanılması*. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çakıcı, R. (2014). *Seramik Üretiminde Alternatif Hammaddelerin Kullanılma Olanaklarının Araştırılması ve Maliyet Azaltma Çalışmalarının Yapılması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Das, B. & Mohanty, J.K. (2009). *Mineralogical Characterization and Beneficiation Studies of Pyrophyllite from Orissa, India. Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, s. 329-338.

Ergun, H. (2009). *Afyonkarahisar Bölgesi Andezitlerinin Seramik çamuru ve Sır Bünyelerinde Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Bilimleri Enstitüsü

Haner, S. (2009). *Talk ve Wollastonit ilavelerinin Duvar Karosu Bünyesinde Etkilerinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Kütahya, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Güzelgün, P. (2016). *Stoneware Bünyelerde Organik Kül (Şeker Pancarı Küspesi) Katkısının Araştırılması Ve Uygulanması*, Sanatta Yeterlilik Tezi, İstanbul, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Seramik ve Cam Tasarım Anasanat Dalı Seramik Tasarımı Sanat Dalı.

Karaağaç, Z. (2006). *Farklı Katkılar İlave Ederek Massenin Teknik Özelliklerinin İyileştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Afyon, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kaya, Ş. (2013). *Agrega Katkılı Seramik Bünyelerin Araştırılması ve Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kayalıoğlu, A. (2016). *Opaklaştırıcı ve Matlaştırıcı Metal Oksitlerin Şamotlu Çamur Bünye Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kızılkaya, N. (2011). *Pirofillitin Seramik Bünyelerde Kullanım Özelliklerinin Araştırılması ve Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Malatya, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kibici, Y. (2005). Seramik Hammaddeleri ve Teknolojik Özellikleri, Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi Yayınları

Kubat, Ş. (2009). Balıkesir Dursunbey Bölgesi Silisli Kilinin ve Seydişehir Alüminyum Tesisi Atığı Kırmızı Çamurunun Seramik Bünyede Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Sanatta Yeterlilik Tezi, Eskişehir, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü

Okumuş, H. (2008). *Seramik tasarım ve Üretiminde Sağlık Açısından Alınması Gereken Önlemler*. Sanatta Yeterlilik Tezi, İstanbul, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Pradhan, A.A., Das, M., Goswami, S. (2015). *Economic Potential of Pyrophyllite Deposits of Keonjhar as Industrial Mineral. Vistas in Geological Research*

Şölenay, E. (2002). *Kırmızı Killerde Oluşturulan 1200 °C' de Gelişen Astar Sır Araştırmaları ve Uygulamaları*. Sanatta Yeterlilik Tezi, Eskişehir, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

DPT, 2001, Uygun, A. Ağır, H. (2001). *Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayi Hammaddeleri I, Seramik Killer- Kaolen-Feldspat- Pirofillit- Wollastonit- Talk*, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Yayın No:D.P.T.2611, O.İ.K, 622, Ankara.

Uygun, A. (2007). *Çimento Sanayide Alternatif Hammaddeler*. MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Uysal, T. (2018). *Asit Liç Yöntemi İle Pirofillit Cevherinden Alümina Üretiminde Aktifleştirme Koşullarının Araştırılması*. Doktora Tezi. Malatya, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

T.C.Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, yayın no: DPT 2418-ÖİK 477.

Yılmaz, R. (2007). *Malatya Yöresi Pirofillitinin Karakterizasyonu ve Vitriğiye Bünyede Kullanımının Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.



İTERNET ORTAMINDAKİLER

Erdem, A, Karaoğlu, B, “Malatya - Pütürge Pirofillitlerinin Değerlendirilmesi”, MTA Genel Müdürlüğü, MAT Daire Başkanlığı, 06520, Ankara.

http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/8c6dd982010fce8_ek.pdf (Erişim Tarihi. 04.11.19)

M Çakı, B Karasu (2017) 11. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu, Kuru Karıştırma ve Katı Hal Sinterleme Yoluyla hazırlanmış Fosfor Işıl Pigmentlerin Akçini Ürün Dekor Sırında Değerlendirilmesi.

<http://pismistoprak.tepebasi.bel.tr/bildiriler/bildiri11.pdf> (Erişim Tarihi:03.11.2019)

Uygun,A. (2007).Çimento Sanayide Alternatif Hammaddeler. MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara

http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi_bultenleri/bulten_2007_03.pdf (Erişim Tarihi. 04.11.19)

Birinci M, Sarıkaya M (2004), 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir

http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/0efb5f6cb4ce548_ek.pdf (Erişim tarihi 06.01.21)

Gürkan, V. Tarkan, M. İTU Maden Fakültesi

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7OSYV25mizkJ:https://madencilikrehberi.files.wordpress.com/2012/02/pirofillit.doc+&cd=1&hl=tr&ct=clnk&gl=tr> (Erişim tarihi 06.01.21)