

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SERAMİK SAĞLIK GEREÇLERİ ÜRETİMİNDE PIŞIRME SÜRELERİNİN
KISALTILMASINA BAĞLI ENERJİ TASARRUFU SAĞLAYAN
KOMPOZİSYONLARIN GELİŞTİRİLMESİ



METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ASLI AYDIN GÜNBAY

ARALIK 2019

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SERAMİK SAĞLIK GEREÇLERİ ÜRETİMİNDE PIŞIRME SÜRELERİNİN
KISALTILMASINA BAĞLI ENERJİ TASARRUFU SAĞLAYAN
KOMPOZİSYONLARIN GELİŞTİRİLMESİ

METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

Aslı AYDIN GÜNBAY

DANIŞMAN : Dr. Öğr. Üyesi Nazım KUNDURACI

İKİNCİ DANIŞMAN : Prof. Dr. Hüseyin Özkan TOPLAN

ZONGULDAK

Aralık 2019

KABUL:

Aslı AYDIN GÜNBAŞI tarafından hazırlanan “Seramik Sağlık Gereçleri Üretiminde Pişirme Sürelerinin Kısaltılmasına Bağlı Enerji Tasarrufu Sağlayan Kompozisyonların Geliştirilmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 20.12.2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nazım KUNDURACI

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü



İkinci Danışman: Prof. Dr. Hüseyin Özkan TOPLAN

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Gülten SADULLAHOĞLU

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Çağlar ÇELİK BAYAR

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü



Üye: Doç. Tuna AYDIN

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım./..../20....



Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Aslı AYDIN GÜNBAY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SERAMİK SAĞLIK GEREÇLERİ ÜRETİMİNDE PİŞİRME SÜRELERİNİN KISALTILMASINA BAĞLI ENERJİ TASARRUFU SAĞLAYAN KOMPOZİSYONLARIN GELİŞTİRİLMESİ

Aslı AYDIN GÜNBAY

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr.Öğr.Üyesi Nazım KUNDURACI

İkinci Danışman: Prof.Dr.Hüseyin Özkan TOPLAN

Aralık 2019, 69 sayfa

Seramik sağlık gereçleri (SSG); metalik olmayan hammaddelerin belirli oranlarda karıştırılarak akışkan bir çamur haline getirilmesi, sonrasında bu karışımın alçı veya sentetik reçine kalıplarda şekillendirilerek 1250°C’lerde pişirilmesi ile elde edilen ve su emme değeri % 0,5’in altında olan ürünlerdir. Kil, kaolen, kuvars, feldispat gibi inorganik hammaddeler seramiğin temel yapısını oluşturur. Beyaz veya renkli lavabo, ayak, klozet, rezervuar, bide, hela taşı, pisuar ve duş teknesi ürün yelpazesinin başlıca ürünleridir. Bu çalışmada, seramik sağlık gereçlerinde yaygın olarak kullanılan Na-feldispatın tane boyutu farklı boyutlara küçültülerek sinterleme davranışı incelenmiştir. 63 mikron altına küçültülerek 1245°C’de sinterlenen numunelerin ortalama 10-15°C lik bir sıcaklık düşüşü olabileceği belirlenmiştir. Aynı çalışmada mix feldispat denemesi yapmak amacıyla da sodyum feldispat yerine harici olarak potasyum feldispat ilavesi yapılarak reçete kompozisyonu geliştirilmiştir. Sodyum feldispatın yerine % 20 civarlarında potasyum feldispat ilavesi ile birlikte yine sıcaklıklarda benzer düşüş olmasına karşılık deformasyon değerlerinin düşürülebildiği tespit edilmiştir.

ÖZET (devam ediyor)

Anahtar Kelimeler: Seramik sağlık gereçleri, K-feldispat, Enerji tasarrufu, Pişirme süreleri

Bilim Kodu: 604.01.03.



ABSTRACT

M. Sc.Thesis

DEVELOPMENT OF ENERGY SAVING COMPOSITIONS DUE TO REDUCING SINTERING TIMES IN CERAMIC SANITARYWARE PRODUCTION

Ash AYDIN GÜNBAY

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Metallurgical and Materials Engineering**

**Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Nazım KUNDURACI
Co-Advisor: Prof. Dr. Hüseyin Özkan TOPLAN**

December 2019, 69 pages

Ceramic sanitary wares (CSW); are the products produced by mixing inorganic and non-metallic raw materials at a certain ratio into a fluid mud, after this mud is shaped in gypsum or synthetic resin molds, fired at approximately 1250°C and their water absorption value is less than % 0,5. Inorganic raw materials such as clay, kaolin, quartz and feldspar form the basic structure. White or colored washbasin, foot, closet, reservoir, bide, stones, urinal and shower stall are the main products of wide product range. In this study, sintering behaviour of Na-feldspar, which is widely used in ceramic sanitary ware, is analysed by reducing to different sizes. Samples minimized under 63 micron can be sintered within average 10-15°C decrease at 1245°C. In this same study, in order to make a mix feldspar experiment, K-feldspar was added externally instead of Na-feldspar and prescription composition was developed. It has been found that with the addition of K-feldspar around % 20 instead of Na-feldspar, deformation values can be reduced despite similar decrease in temperatures.

ABSTRACT (continued)

Keywords: Ceramic sanitary ware, K-feldspar, Energy saving, Sintering times

Science Code: 604.01.03.



TEŞEKKÜR

“Seramik Sağlık Gereçleri Üretiminde Pişirme Sürelerinin Kısaltılmasına Bağlı Enerji Tasarrufu Sağlayan Kompozisyonların Geliştirilmesi” adlı bu çalışma, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek Lisans tez çalışmamın hazırlanması ve yürütülmesi esnasında hiçbir zaman benden desteğini esirgemeyen, tezin bilimsel danışmanlığını üstlenen kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Nazım KUNDURACI’ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım ile ilgili değerli katkılarını sunan ikinci tez danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin Özkan TOPLAN’a saygı ve şükranlarımı sunarım.

Yüksek Lisans tez savunma jürimde bulunarak değerli bilimsel uyarı ve önerilerini esirgemeyen sayın hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Gülten SADULLAHOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi Çağlar ÇELİK BAYAR ve Doç. Tuna AYDIN’ a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Deneylerin yapılabilmesi için gerekli olan altyapıyı ve çalışma ortamını hazırlayan Alvit Bartın Seramik A.Ş. ile Çanakkale Seramik A.Ş.ve tüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan Canlarım; Annem, Babam, Eşim ve Kardeşlerime sonsuz teşekkür ederim. Bu tezi hayatı boyunca büyük başarılar imza atmasını dilediğim Canım Oğlum Mehmet Ali GÜNBAŞI’ya ithaf ediyorum.

Bu çalışmamın, ileride bu konuda yapılacak olan çalışmalara rehber olmasını dilerim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 SERAMİK SAĞLIK GEREÇLERİ	3
2.1 DÜNYADA VE TÜRKİYEDE SEKTÖREL DURUM	3
2.2 SEKTÖRDE ENERJİ TÜKETİMİ	6
2.3 SERAMİK SAĞLIK GEREÇLERİ HAMMADDELERİ.....	12
2.3.1 Kil ve Kaolen Grubu	13
2.3.2 Kuvars	15
2.3.3 Feldispat ve Diğer Ergiticiler	15
2.4 SERAMİK SAĞLIK GEREÇLERİ ÜRETİM PROSESİ	19
2.4.1 Çamur Hazırlama	21
2.4.2 Döküm.....	21
2.4.3 Kurutma	23
2.4.4 Sırlama	23
2.4.5 Pişirim	23
BÖLÜM 3 TEZİN AMACI	29
3.1 LİTERATÜR ÇALIŞMASI	29
3.2 AMAÇ	32
BÖLÜM 4 DENEYSEL ÇALIŞMALAR	35
4.1 KULLANILAN HAMMADDELERİN KİMYASAL ANALİZLERİ.....	35
4.2 REÇETELERİN HAZIRLANMASI.....	36
4.2.1 Reçete İçerikleri	36
4.2.2 Çamur Hazırlama	37
4.3 REÇETELERİN FİZİKSEL ÖZELLİK TESTLERİ.....	40
4.4 DENEYSEL SONUÇLAR.....	41

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5 GENEL SONUÇLAR	59
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	69



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Dünya inşaat harcamaları.....	3
Şekil 2.2 Dünya SSG ihracatı.....	4
Şekil 2.3 SSG enerji tüketiminin üretim aşamalarında dağılımı.....	9
Şekil 2.4 Elektrik üretimindeki yerli ve ithal kaynak katkısının yıllara göre değişimi.....	9
Şekil 2.5 2008-2018 dönemi elektrik perakende satış tarifeleri.....	10
Şekil 2.6 2010-2018 döneminde BOTAS'ın doğal gaz dağıtım şirketlerine toptan satış fiyatları.....	11
Şekil 2.7 SiO ₂ sisteminde sıcaklık dönüşümlü faz diyagramı.....	15
Şekil 2.8 İkili sistemin erime denge faz diyagramı NaAlSi ₃ O ₈ – KAlSi ₃ O ₈	17
Şekil 2.9 Seramik sağlık gereçleri üretim akım şeması.....	20
Şekil 2.10 Seramik sağlık gereçlerinin pişirim eğrisi.....	24
Şekil 4.1 Titreşimli elek makinası.....	36
Şekil 4.2 Dragon Lab OS40-Pro marka karıştırıcı.....	37
Şekil 4.3 NS-3200g marka terazi.....	37
Şekil 4.4 Nükleon marka etüv.....	38
Şekil 4.5 Protherm marka fırın.....	38
Şekil 4.6 Numune alma için kullanılan kalıplar.....	38
Şekil 4.7 Isıtıcı tablalı manyetik karıştırıcı.....	39
Şekil 4.8 Piknometre.....	39
Şekil 4.9 Pişme küçülmesi testi için numuneler.....	40
Şekil 4.10 Deformasyon testi numuneleri.....	41
Şekil 4.11 R grubu reçetelerin küçülme değerleri ilişkisi.....	43
Şekil 4.12 D grubu reçetelerin küçülme değerleri ilişkisi.....	43
Şekil 4.13 R grubu reçetelerin su emme değerleri ilişkisi.....	44
Şekil 4.14 D grubu reçetelerin su emme değerleri ilişkisi.....	44
Şekil 4.15 R grubu reçetelerin deformasyon değerleri ilişkisi.....	45
Şekil 4.16 D grubu reçetelerin deformasyon değerleri ilişkisi.....	45
Şekil 4.17 R grubu reçetelerin termal genleşme katsayıları değişimi.....	47
Şekil 4.18 D grubu reçetelerin termal genleşme katsayıları değişimi.....	47
Şekil 4.19 Referans reçete termal genleşme katsayısı grafiği.....	47
Şekil 4.20 R1 reçete termal genleşme katsayısı grafiği.....	48
Şekil 4.21 R2 reçete termal genleşme katsayısı grafiği.....	48
Şekil 4.22 R3 reçete termal genleşme katsayısı grafiği.....	49
Şekil 4.23 R4 reçete termal genleşme katsayısı grafiği.....	49

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.24 D1 reçete termal genleşme katsayısı grafiği	50
Şekil 4.25 D2 reçete termal genleşme katsayısı grafiği	50
Şekil 4.26 D3 reçete termal genleşme katsayısı grafiği	51
Şekil 4.27 D4 reçete termal genleşme katsayısı grafiği	51
Şekil 4.28 R grubu reçetelerin XRD grafiği	52
Şekil 4.29 D grubu reçetelerin XRD grafiği	52
Şekil 4.30 Referans reçete sinterleme grafiği	53
Şekil 4.31 R1 reçete sinterleme grafiği	54
Şekil 4.32 R2 reçete sinterleme grafiği	54
Şekil 4.33 R3 reçete sinterleme grafiği	55
Şekil 4.34 R4 reçete sinterleme grafiği	55
Şekil 4.35 D1 reçete sinterleme grafiği	56
Şekil 4.36 D2 reçete sinterleme grafiği	56
Şekil 4.37 D3 reçete sinterleme grafiği	57
Şekil 4.38 D4 reçete sinterleme grafiği	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 SSG ihracatında ilk 10 ülke ve dünya toplamı.....	4
Çizelge 2.2 SSG ihracatı	5
Çizelge 2.3 Türkiye SSG sektörü göstergeleri	5
Çizelge 2.4 Türkiye seramik sektörü GZFT analizi	7
Çizelge 2.5 SSG birim üretim maliyetleri	8
Çizelge 2.6 Hammadde tane boyutları ve spesifik yüzey alanları	12
Çizelge 2.7 Hammaddelerin etkiledikleri parametreler ve mekanizmalar	12
Çizelge 2.8 Kil ile kaolen arasındaki temel farklılıklar	14
Çizelge 2.9 Saf feldispatların kimyasal analizleri	17
Çizelge 2.10 TSE seramik sağlık gereçleri üretim standartları	19
Çizelge 2.11 Klasik döküm sürecinde oluşabilecek hatalar	22
Çizelge 2.12 Döküm çamuru ve kalıp özellikleri.....	22
Çizelge 2.13 Kalite kontrol prosesinde yapılan kontroller	27
Çizelge 4.1 Kullanılan hammaddelerin kimyasal analizleri.....	35
Çizelge 4.2 Reçete içerikleri.	36
Çizelge 4.3 R grubu reçetelerin pişme küçülmesi test sonuçları.....	42
Çizelge 4.4 D grubu reçetelerin pişme küçülmesi test sonuçları	42
Çizelge 4.5 R grubu reçetelerin su emme sonuçları.....	43
Çizelge 4.6 D grubu reçetelerin su emme sonuçları.....	43
Çizelge 4.7 R grubu reçetelerin deformasyon sonuçları	45
Çizelge 4.8 D grubu reçetelerin deformasyon sonuçları.	45
Çizelge 4.9 R grubu reçetelerin termal genişleme katsayıları	46
Çizelge 4.10 D grubu reçetelerin termal genişleme katsayıları.....	46
Çizelge 4.11 Pişirim proses parametreleri.....	53
Çizelge 4.12 R grubu reçetelerin sinterleme sıcaklıkları	58
Çizelge 4.13 D grubu reçetelerin sinterleme sıcaklıkları	58



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

μ	: Mikron
α	: Alfa
β	: Beta

KISALTMALAR

FFC	: Fine Fray Clay
GZFT	: Güçlü, Zayıf, Fırsat, Tehdit
SSG	: Seramik Sağlık Gereçleri
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
VC	: Vitreous China



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Seramik, metal oksitleri içeren kil, kaolen, feldispat, kuvars gibi inorganik hammaddelerin belirlenen oranlarda karıştırılması sonrası şekillendirilerek yüksek sıcaklıklarda pişirilmesiyle elde edilen ürünlerdir.

Seramikler günümüzde kullanım alanları açısından, geleneksel seramikler, ileri teknolojik seramikler ve nano teknoloji seramikler olmak üzere üç grupta sınıflandırılabilir. Geleneksel seramiklere, lavabo, klozet, rezervuar, pisuar, duş teknesi gibi sağlık gereçleri, tuğla, fayans, porselen, çanak-çömlek, kiremit, refrakter, cam, çimento örnek olarak verilebilir. İleri teknoloji seramikler saf bileşikler olup nitrürler, karbürler, oksitler, sülfürler, borürler ve silistlerden oluşup mühendislik seramikleri olarak bilinirler (URL-1). İleri teknoloji seramikleri üretiminde kimyasal işlemlerden geçmiş doğal hammaddeler dolayısıyla yüksek saflıkta yapay hammaddeler kullanılır. Periyodik tabloda yer alan elementlerin birleştirilmesinden elde edilen tozlar ileri teknolojik seramik üretiminde kullanılır. Örneğin bor nitrür bileşiğinin sertliği elmasa en yakın olandır. Bor karbür ise sağlamlık ve hafifliği sebebiyle helikopterlerde zırh plakası üretiminde yerini alır. Nano teknoloji seramikler ise 0,1 mikrondan daha küçük tane boyutlarında seramik tozlarından elde edilmekte olup küçülen tane boyutu ile beraber farklı ve etkili yeni özellikler sergilemektedirler. Buna bağlı olarak nano elektronik, fotovoltaiik yöntemler, alternatif enerji sistemleri, mikro deliciler, elektronik vibratörler, kaplamalar ve mikro motorlar gibi bir çok uygulama alanında da kullanılırlar (Okumuş 2013).

Geleneksel seramik malzemelerin özellikleri:

- Yüksek sıcaklıklara dayanıklılık
- Yüksek kimyasal kararlılık
- Çok sert olmaları
- Metallere kıyasla hafif olmaları

- Hammadde olarak kolaylıkla bulunmaları ve metallere kıyasla ucuz olmaları
- Hammadde olarak pahalı ve stratejik metallere ihtiyaç duyulmaması
- Aşınma ve erozyona karşı dayanıklılık
- Oksitlenmeye karşı dayanıklılık
- Düşük sürtünme katsayısına sahip olmaları
- Yüksek basma mukavemetine sahip olmaları (URL-2)

İleri teknoloji seramik malzemelerin özellikleri:

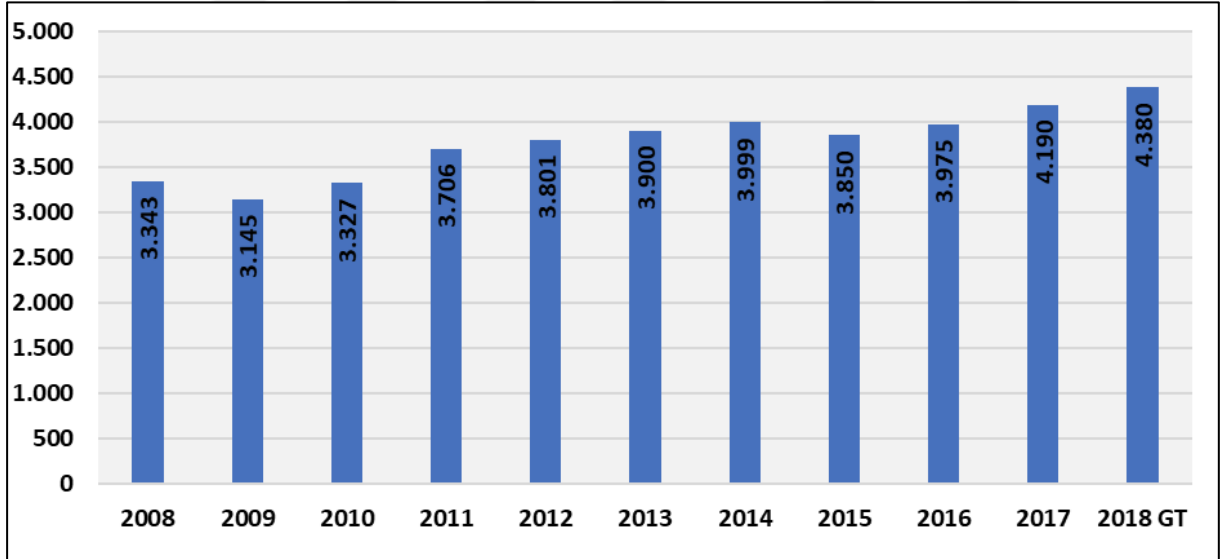
- Yüksek sıcaklıklara dayanıklılık
- Özgül elektrik iletkenliği
- Yüksek kimyasal kararlılık
- Mekanik ve ısıl zorlamalar karşısında dayanıklılık
- Biyolojik uyum
- Yarı veya seçimli geçirgenlik
- Isı iletimi veya ısı yalıtımı
- Düşük genleşme
- Zehirli olmama,
- Süper iletkenlik (URL-2)

BÖLÜM 2

SERAMİK SAĞLIK GEREÇLERİ

2.1 DÜNYADA VE TÜRKİYEDE SEKTÖREL DURUM

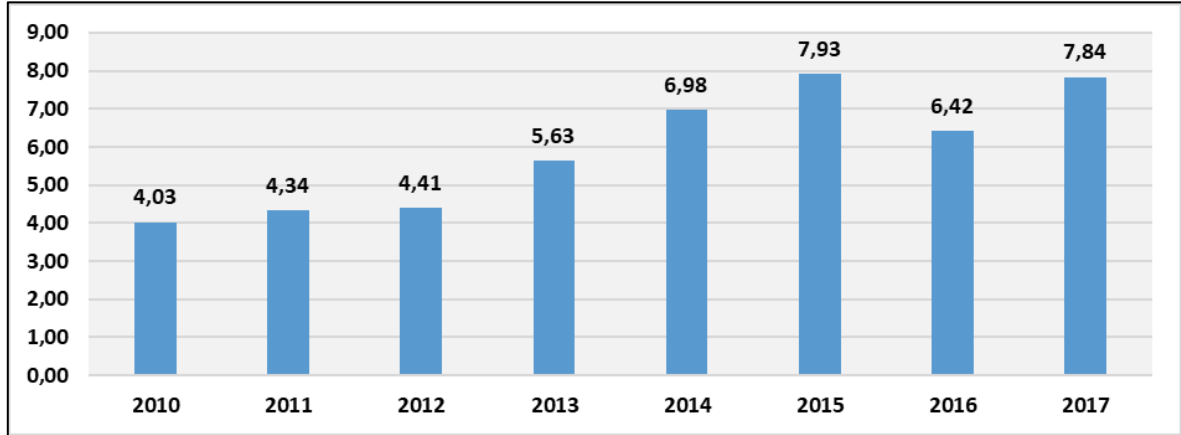
Seramik sektörünün alt sektörleri, seramik kaplama malzemeleri, seramik sağlık gereçleri, seramik sofraya eşyaları, seramik süs eşyaları, teknik seramikler, refrakter, kiremit ve tuğla ürünlerinden oluşmaktadır. Bu sektördeki ana belirleyicinin inşaat sektöründe yaşanan eğilimler olduğu söylenebilir. Küresel ekonomik krizin artçı etkilerinin ortaya çıkardığı yavaşlamanın 2014 yılında inşaat sektörünü durağanlaştırmasının ardından 2016 yılında yeniden % 3,2 büyüme yaşanmıştır. 2017 ve 2018 yılında dünya inşaat sektöründe yaşanan büyümelerin etkisi seramik sektörüne de yansımıştır.



Şekil 2.1 Dünya inşaat harcamaları (milyar dolar) (Seramik İ.B.2018).

Dünya seramik sağlık gereçleri ihracatı 2010-2012 döneminde durağan seyretmiş ve 2013-2015 döneminde ihracatta hızlı bir artış gerçekleşmiştir. 2016 yılında ihracatta önemli bir gerileme yaşanırken 2017 yılında kayıplar büyük ölçüde telafi edilmiştir. 2017 yılında miktarsal bazda 3,70 milyon tona yükselerek % 18,2 artmıştır. İhracat değeri olarak ise 7,84

milyar dolar olarak gerçekleşerek % 22,1 yükselmiştir.



Şekil 2.2 Dünya SSG ihracatı (milyar dolar) (Seramik İ.B.2018).

Dünya seramik sağlık gereçleri ihracat birim fiyatları da 2016 yılında 2,05 dolar/kg iken 2017 yılında 2,12 dolar/kg'a çıkmış ve % 3,4 artmıştır. Dünyada 2017 yılında seramik sağlık gereçleri sektöründe en büyük ilk beş ihracatçı Çin, Meksika, Almanya, İtalya ve Türkiye olmuştur (Seramik İ.B.2018).

Çizelge 2.1 SSG ihracatında ilk 10 ülke ve dünya toplamı (milyon dolar) (Seramik İ.B.2018).

ÜLKE	2013	2014	2015	2016	2017	Dünya Toplamı İçindeki Payı 2017 (%)	2017 Yıllık Büyüme Ortalaması %
ÇİN	1.986	3.205	4.522	3.014	4.253	54,3	41,1
MEKSİKA	468	474	513	465	463	5,9	-0,4
ALMANYA	363	387	356	405	433	5,5	6,9
İTALYA	304	319	257	247	266	3,4	7,7
TÜRKİYE	203	222	198	212	231	2,9	9,0
TAYLAND	175	176	170	173	182	2,3	5,2
PORTEKİZ	144	162	152	167	176	2,2	5,4
POLONYA	146	142	132	134	142	1,8	6,0
VIETNAM	96	111	95	98	115	1,5	17,3
HİNDİSTAN	76	74	79	101	109	1,4	7,9
İLK 10 ÜLKE TOPLAMI	3.962	5.272	6.473	5.016	6.368	81,2	27,0
DÜNYA	5.627	6.984	7.926	6.419	7.839	100,0	22,1

Çizelge 2.2 SSG ihracatı (ton) (Seramik İ.B.2018).

ÜLKE	2013	2014	2015	2016	2017
ÇİN	1.015.420	1.281.940	1.333.070	1.238.562	1.378.956
MEKSİKA	268.503	276.985	295.443	322.169	326.290
ALMANYA	55.335	61.114	67.023	82.787	75.479
İTALYA	55.423	54.026	50.910	49.616	53.362
TÜRKİYE	119.792	125.370	121.964	128.414	140.802
TAYLAND	68.106	75.793	79.216	81.016	86.516
PORTEKİZ	69.277	79.070	87.732	93.895	94.166
POLONYA	71.176	69.384	77.051	80.429	76.626
VİETNAM	40.910	45.338	35.534	36.674	42.250
HİNDİSTAN	134.261	119.524	119.744	135.776	137.715

Seramik sağlık gereçleri üretiminde Türkiye'nin Avrupa'daki yeri İtalya, İspanya, Almanya ardında 4. sıradadır. Türkiye 2012 yılında gerçekleştirilen 260.000 tonluk üretimi her yıl artırarak 2017 yılında 352.000 ton üretime yükseltmiştir. 2017 yılında üretimin % 40,0'ı ihraç edilirken yurt içi tüketimin de her geçen yıl artmaya devam ettiği görülmektedir. Seramik sağlık gereçleri sektöründe tüketiminin neredeyse tamamı yakını üretimden karşılanıyor olup 2017 yılı için ithalatın payı % 1 civarındadır (Seramik İ.B.2018).

Çizelge 2.3 Türkiye SSG sektörü göstergeleri (ton) (Seramik İ.B.2018).

YILLAR	ÜRETİM	İÇ SATIŞLAR	İHRACAT	İTHALAT
2012	260.000	142.500	113.558	1.819
2013	270.000	144.500	119.816	2.206
2014	280.000	148.500	125.370	2.625
2015	298.059	178.774	121.964	2.679
2016	314.898	188.263	128.603	1.968
2017	352.000	213.000	141.000	2.000

Türkiye seramik sektöründe yer alan büyük ölçekli firmalar ve yüksek rekabet gücü olan pazar ile Dünyada önemli bir konuma gelmiştir. Hammadde yerli kaynakların kullanılabilirliği ve bu konuda ithalat gerekliliğinin düşük olması ile yüksek fayda sağlayan bir sektördür. 2017 yılı itibariyle seramik sektöründe 26.839 kişi üretimde çalışıyor olup diğer satış, montaj ve destek faaliyetleri ile beraber bu sayının 230.000 kişi civarı olduğu bilinmektedir (Seramik İ.B.2018).

TUİK verilerine göre, seramik kaplama sektöründe 108, seramik sağlık gereçleri sektöründe ise bir milyon/yıl üstü kapasiteli 5 adet üretici ile birlikte toplam 73 adet üretici mevcuttur. Üreticiler yoğun olarak hammaddeye yakınlığından dolayı (kaolen rezervleri) Bozüyük/Bilecik, Eskişehir ve Kütahya bölgesinde kümelenmiştir. Sektördeki en büyük üretici olan Vitra 4 milyon parça/yıllık kapasitesi ile aynı zamanda Dünya'nın aynı tesis altında üretim gerçekleştiren en büyük fabrikasıdır (TC Kalkınma Bakanlığı 2015).

2.2 SEKTÖRDE ENERJİ TÜKETİMİ

Seramik sektörü yoğun enerji kullanan bir sektör olup üretim maliyetlerinin % 18'si yakını enerji giderlerinden oluşmaktadır.

Türkiye'nin seramik sektörü için yapılan GZFT analizi ile tespit edilen güçlü ve zayıf yönleri, fırsat ve tehditleri Çizelge 2.4' te belirtildiği gibidir (Seramik İ.B.2018):

Çizelge 2.4 Türkiye seramik sektörü GZFT analizi (Seramik İ.B.2018).

Güçlü	Zayıf
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Seramik ürünlerinin kalite ve verimlilik sıralamasında dünyada ilk 3'te yer alınması ▶ Yerli kaynak kullanan ve ithalata bağımlılığı en az olan sektörler arasında yer alması ▶ Dünyanın hemen hemen her yerine ihracat yapılması sebebiyle ülkelerin ilgili standartlarına ait belgelere sahip olunması ▶ Ülkelerin ihtiyaçlarının anlaşılması ve müşteriye uygun ürünün üretilmesi ▶ Ürün tasarımında kullanılan CAD- CAM teknolojilerinin kaliteyi artırması ve tasarım sürecini kısaltması ▶ Türk seramik sektörünün hammadde açısından diğer ülkelere göre önemli stratejik avantaja sahip olması ▶ Avrupa'ya kıyasla ucuz işçilik imkânına sahip olunması ▶ Ürün çeşitliliğinin çok olması ▶ Sektördeki bilgi birikimi ▶ Türkiye'deki seramik üreticilerinin örgütlenmesi 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Bazı pazarlarda Türk seramiğine yönelik kalitesiz ürün algısına sahip olunması ▶ Bazı istisnalar dışında Türk ürünlerinin ucuza satılıyor olması ▶ Enerji maliyetlerinin yüksek olması ▶ Kamyonlar ile taşımada tonaj sınırlaması olması sebebiyle taşıma maliyetlerinin artması ▶ Seramik sektöründe maliyet avantajı getiren demiryollarının yeterince kullanılmaması ▶ Türkiye'nin önemli rekabet güçlerinden biri olan hammaddenin yanlış ve yetersiz kullanılması ▶ Pazara yeterli yenilik sunulamaması ▶ Makina teknolojilerinde dışa bağımlı olunması ▶ Sektörde yetişmiş ara eleman sıkıntısının olması ▶ AB çevre düzenlemelerine uyum sürecinde gerekli modernizasyon ve filtreleme yatırımlarının yetersiz olması ▶ Hammadde havzalarının yeterince korunmaması ▶ Sektör örgütlenmesi güçlü olsa da destekleyici sektörler (makine, vs.) ile ilişkilerin zayıf olması
Fırsat	Tehdit
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve verimlilik uygulamaları için yeni olanaklar ▶ Ekonomisi büyüyen Çin ve Hindistan gibi ülkelerde karo kullanımının doğru orantılı olarak artması ▶ Türkiye'nin stratejik konuma sahip olması ▶ Komşu ülkelerde karo ve seramik sağlık gereçlerinin tüketiminin artması ▶ Sektörün yenilikçi ürün ihtiyacını karşılayabilmek için yeterli kapasiteye sahip olunması ▶ Türkiye'nin 2023 ihracat hedefleri ve bu doğrultuda hükümet destekleri ▶ Türkiye inşaat sektöründe artan nüfus, şehirleşme ve depreme paralel olarak hükümet destekli yenileme çalışmalarının konut talebini uzun vadede arttırması 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Türkiye'nin yakın coğrafyasında siyasi ve ekonomik istikrarsızlığın devam ediyor olması ▶ Birçok önemli pazar ile yaşanan siyasi gerginlikler ▶ Anti dumping uygulanmasına rağmen Çin malının Avrupa pazarlarında var olabilmesi ve gittikçe daha nitelikli ürünler üretmesi ▶ Cam veya metalden yapılmış banyo gereçlerinin, seramik ürünlerinin yerine geçebilmesi ▶ Polonya, Mısır ve Vietnam gibi önemli yeni rakipler ▶ Döviz kurlarındaki artışın yarattığı kur riski ▶ Merdiven altı üreticilerinin yaptıkları kayıt dışı üretim ▶ Çin menşeli düşük kaliteli ürünlerin yaratmış olduğu haksız rekabet ▶ Teşvik sisteminin tüm sektörde yaygın olmaması ▶ Ekonomide yaşanan olumsuz gelişmelerin iç pazarda kalıcı hasar bırakması

Enerji bazlı bir bakış açısıyla kıyaslandığında Avrupa ve Türkiye'de seramik sektörlerinde aynı sınırlandırmalar olmasına rağmen, AB'de tutum bu sınırlamaların sektöre yansıtılmaktan yana olduğu görülmektedir. Bu durum Avrupa ülkelerini enerjide dışa bağımlı olan Türkiye'ye karşı avantajlı seviyeye getirmektedir. AB'de enerji kullanımının çevre kirliliğine sebebiyet verdiği tespit edildiğinde enerji tüketimi için yüksek vergi uygulaması yapılmış, bu durumun ise bu vergilerin olmadığı ülkeler karşısında sanayicinin rekabet gücünü azalttığı görülmüştür. Seramik sektörü bir taraftan yüksek doğalgaz enerjisi tüketmesi sebebiyle atmosfere karbon salınımında bulunurken, diğer taraftan ülke ekonomisine çok fazla fayda sağladığı için 'Enerjinin Vergilendirilmesi Yasası' içerisine koyulan özel maddelerle bu vergilerden muaf tutulmuştur. Bazı AB ülkelerinde, dolaylı telafi

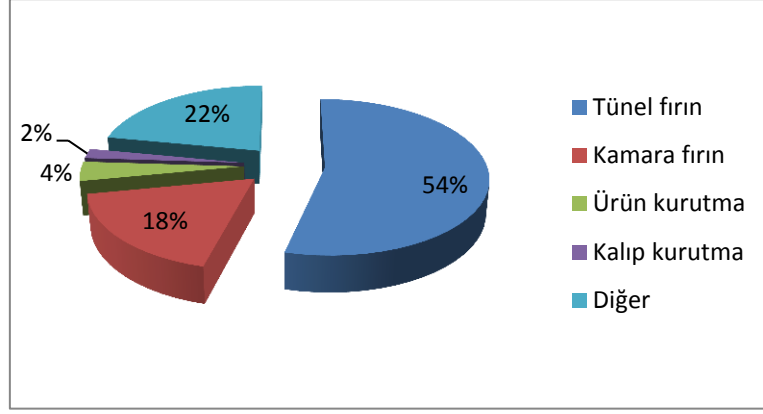
yöntemi ile, yüksek vergilerin rekabet edilebilirliği engellememesi adına temiz bir enerji olan elektrik enerjisi kullananlara fatura tutarı üzerinden geri ödeme yöntemi de uygulanmaktadır. AB'nin tüm uyarılara rağmen AB Emisyon Ticaret Sistemi ile uyguladığı CO₂ vergisinin, üreticilerin yurt dışına gidişine neden olmasına binaen, ülkeye getirisi yüksek olan sektörler sınıflandırılarak Avrupa Karbon Kaçağı mevzuatını yayınlayarak bu sektörleri rahatlatacak sınırlar belirlenmiş ve büyük oranda karbon vergisi uygulaması dışında bırakılması sağlanmıştır. Bu hususlar göz önünde bulundurulduğunda, Türkiye'de rekabet gücünün artırılması için enerji maliyetlerinin azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik yasal düzenlemelerin oluşturulması önem arz etmektedir (TC Kalkınma Bakanlığı 2015).

Çizelge 2.5' te Türk seramik sağlık gereçleri üretici şirketlerinden alınan bilgiler doğrultusunda hazırlanmış üretim girdi ve maliyet değerlerine göre üretim maliyetlerinde birinci sırayı işçilik alırken, doğal gaz ve elektrik toplam % 18 oranıyla hammadde maliyetlerinden sonra üçüncü sırayı almaktadır. Fakat petrol ve doğalgaz fiyatlarının sıklıkla dalgalandığı günümüzde doğalgaz ve elektrik fiyatları önem sıralamasında birinci sırayı almaktadır. Şekil 2.4 ve Şekil 2.5' te sırasıyla elektrik ve doğalgaz birim fiyatlarındaki artış yıl bazında görülmektedir.

Çizelge 2.5 SSG birim üretim maliyetleri (Biricik 2010).

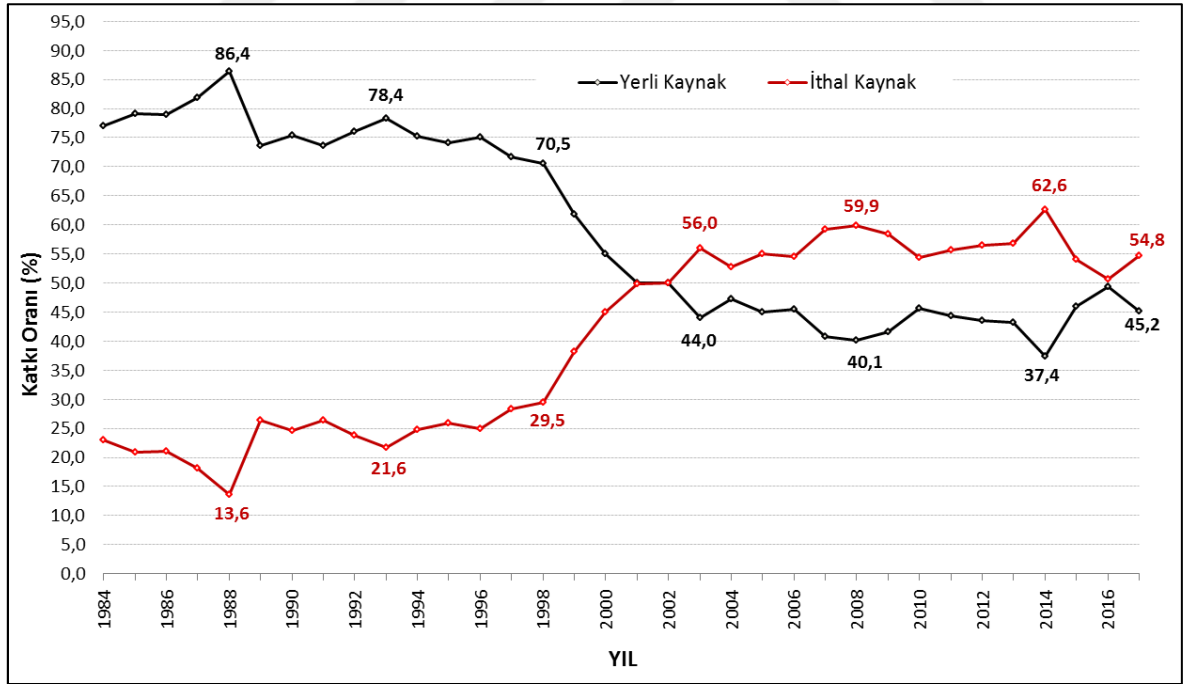
		TL/kg	Oran (%)	
Girdiler	Hammadde	243.000	23	43
	İşletme Malzemesi	108.000	10	
	Yardımcı Madde	180.000	10	
İşçilik		310.500	29	29
Enerji	Doğalgaz	129.600	12	18
	Elektrik	67.500	6	
Diğer		118.800	10	10
	TOPLAM	1.080.000		100

Seramik sağlık gereçleri sektöründe üretim esnasında elektrik ve doğalgazın en çok tüketildiği proses pişirim prosesidir. Yalnızca tünel fırınlarda tüketilen enerji toplam enerjinin yarısı kadardır (Tayçu 2009).



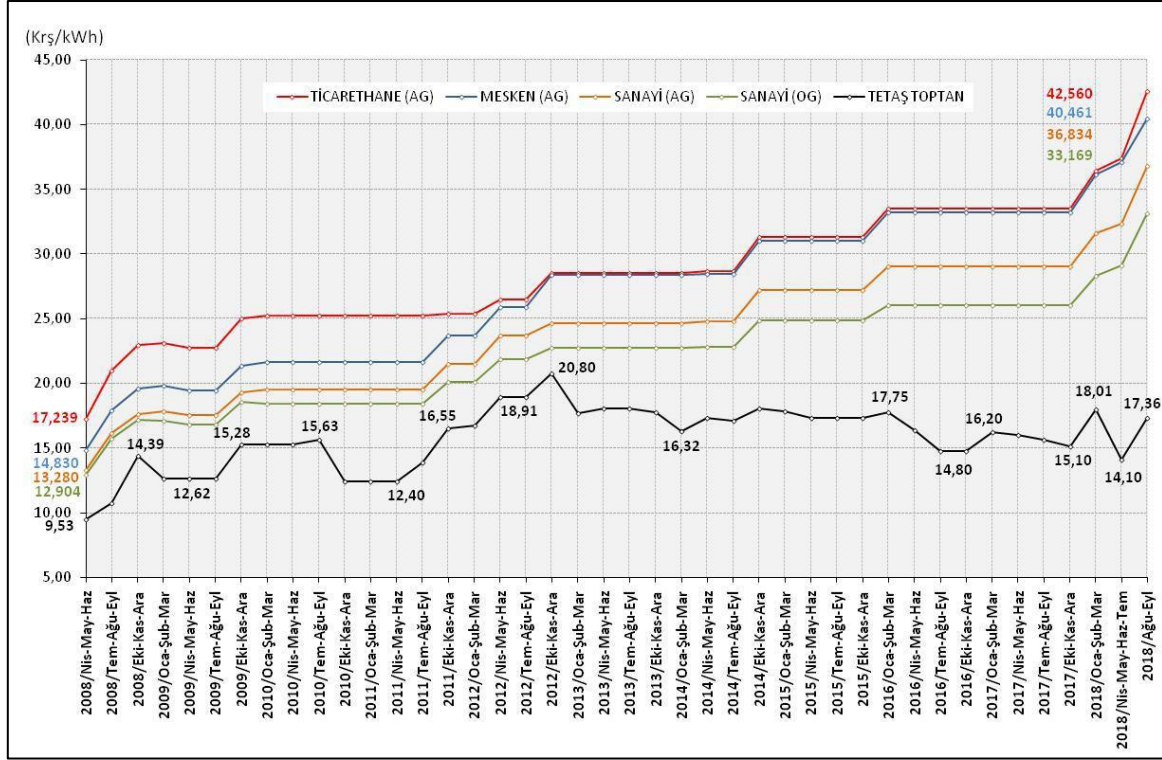
Şekil 2.3 SSG enerji tüketiminin üretim aşamalarında dağılımı (%) (Tayçu 2009).

Türkiye’de enerji konusunda dışa bağımlılık sebebiyle siyasi dengeler ve döviz kurlarındaki değişimlerden enerji maliyetleri sürekli olarak olumsuz yönde etkilenmektedir. İthal bağımlılıkta elektrik üretiminde birinci sırada doğalgaz daha sonra kömür yer almakta olup 2014 yılında bu bağımlılığın % 62,6 oranlarına çıktığı Şekil 2.4’ te görülmektedir. Doğalgaz ile elektrik üretimi yapan bir santralde yakıt maliyetinin de % 80-90 civarında olduğu dikkate alındığında elektrik birim fiyatlarının da artması kaçınılmazdır (Türkyılmaz 2018).



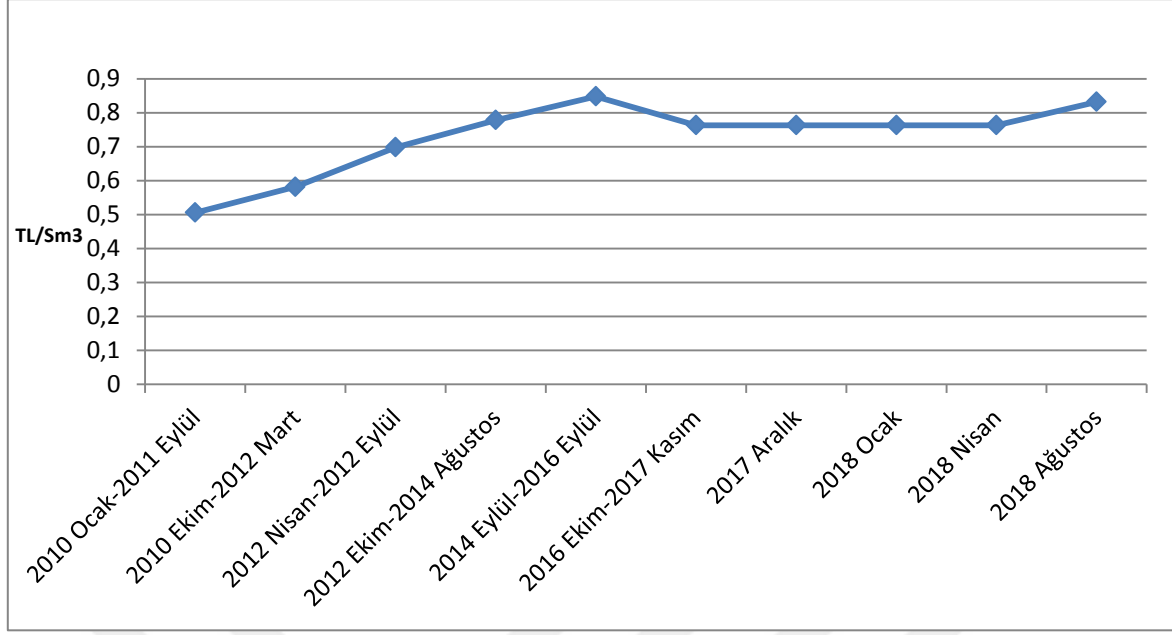
Şekil 2.4 Elektrik üretimindeki yerli ve ithal kaynak katkısının yıllara göre değişimi (%) (Türkyılmaz 2018).

Elektrik fiyatlarında dönemlere göre birim fiyatları (Krş/kWh), vergi ve fonlar hariç, Şekil 2.5' te verilmiş olup artış net bir şekilde gözlemlenmektedir. 2017 yılı başında sanayi (OG) için 26,0174 Krş/kWh olan birim fiyatın % 27,5 artarak 2018 ağustos ayında 33,1694 Krş/kWh olduğu görülmektedir.



Şekil 2.5 2008-2018 dönemi elektrik perakende satış tarifeleri (Krş/kWh) (Türkyılmaz 2018).

Doğalgaz fiyatlarında dönemlere göre birim fiyatları (TL/Sm³), ÖTV-KDV hariç ve iletim depolama ve sevkiyat kontrol bedelleri dahil, Şekil 2.6' da verilmiş olup artış net bir şekilde gözlemlenmektedir. 2017 yılı başında dağıtım şirketi serbest olmayan tüketici (abone) için 0,763615 TL/Sm³ olan birim fiyatın % 9 artarak 2018 ağustos ayında 0,832340 TL/Sm³ olduğu görülmektedir.



Şekil 2.6 2010-2018 döneminde BOTAS'ın doğal gaz dağıtım şirketlerine toptan satış fiyatları (TL/Sm³) (Türkyılmaz 2018).

Enerji üretiminin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirilmesi, doğalgaz arama ve üretim faaliyetlerinin yoğunlaştırılması, sektör temsilcilerinin yenilenebilir enerji yatırımlarının desteklenmesi (enerji ihtiyaçları yenilenebilir enerjiden karşılanması beklenmese bile yenilenebilir enerji kapsamı genişletilerek atık ısının geri kazanımı gibi projeler de bu sınıfa dahil edilebilir.), doğalgaz üzerindeki ÖTV'nin kaldırılması, AB ülkelerinde uygulandığı gibi sanayi kuruluşlarında miktara bağlı olan kademeli enerji satış birim fiyatlarının uygulamaya alınması, sanayicilere yıllık bazda verimlilik veya tasarruf hedefleri verilerek bu hedefe ulaşan firmalara vergi indirimleri, ihracat ve ithalat teşvikleri gibi pozitif uygulamalarla ödüllendirilmesi devlet teşviği ile yapılabilecek projelere örnektir.

Üreticilerin bu projelerin tamamlanmasını beklemeden, günbegün artan enerji maliyetleri dikkate alınarak hemen aksiyon almaları, kendi kontrol ve inisiyatifinde olan süreçleri tasarruf edebilecekleri şekilde yapılandırma gerekmektedir. Bu sebeple üreticilerin, üretim prosesi içindeki pişirim işlemlerinden dolayı oluşan yaklaşık % 20 lik enerji maliyetini (doğalgaz+elektrik) düşürebilecek reçeteler üzerine çalışmaları elzemdir (TC Kalkınma Bakanlığı 2015).

2.3 SERAMİK SAĞLIK GEREÇLERİ HAMMADDELERİ

Seramik sağlık gereçleri üretiminde kullanılan hammaddeler genel olarak üç grupta toplanabilir.

- Kil ve kaolen grubu
- Kuvars
- Feldispatlar ve diğer ergiticiler

Bu hammaddeler de kendi içinde Çizelge 2.6' da görüleceği üzere gruplanmıştır. Kuvars ile feldispat en yüksek tane boyutuna, killer en düşük tane boyutuna sahiptir. Ürün içerisinde toplam yüzey alanının % 98 kaolen ve kilden oluşmaktadır (Heckrodt 1990).

Çizelge 2.6 Hammadde tane boyutları ve spesifik yüzey alanları (Carty 1998).

Hammaddeler		Tane boyutu (d_{50}) (μm)	Spesifik yüzey alanı (m^2/gr)
Özlü	Kil ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	0,3-0,5	25
	Kaolen ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	$d \geq 0,3-0,5$	27
Özsüz	Kuvars (SiO_2)	$63 \geq d$	0,9
	Sodyum feldispat ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)	$63 \geq d$	1,1
	Potasyum feldispat ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)	$63 \geq d$	1,1

Genel olarak seramik hammaddelerinin etkiledikleri parametreler ve mekanizmaları Çizelge 2.7'de özetlenmiştir:

Çizelge 2.7 Hammaddelerin etkiledikleri parametreler ve mekanizmaları (Tayçu 2009).

Hammadde	Proses	Parametre	Mekanizma
Kil	Çamur	Viskozite, Tiksotropi	Tane boyutu ve miktarı, Mineralojik kompozisyon, Organik ve tuz içeriği ve miktarı, pH
	Döküm	Kritik döküm konsantrasyonu Döküm hızı Plastiklik Kuru mukavemet	Viskozite, Tiksotropi Mineralojik kompozisyon, Organik içeriği ve miktarı, Tane boyutu, Plastiklik
	Kurutma	Küçülme, Kurutma süresi	Plastiklik
	Pişirim	Pişirme rengi İğne deliği hatası	TiO_2 , Fe_2O_3 , Organik ve çözünebilir tuz miktarı
Feldispat	Çamur	Viskozite	Tane boyutu ve miktarı
	Döküm	Döküm hızı, Plastiklik	Tane boyutu ve miktarı
	Kurutma	Kurutma hızı	Tane boyutu ve miktarı
	Pişirim	Pişirme sıcaklığı, Piroplastik deformasyon	Ötektik noktası, Camsı fazın viskozitesi
Kuvars	Çamur	Viskozite	Tane boyutu ve miktarı
	Döküm	Döküm hızı, Plastiklik	Tane boyutu ve miktarı
	Kurutma	Kuruma hızı	Tane boyutu ve miktarı
	Pişirim	Mukavemet, Genleşme katsayısı	Serbest kuvars boyutu ve miktarı

2.3.1 Kil ve Kaolen Grubu

Kil, killi kayaç veya killer olarak jeolojide iki anlamda kullanılır. Kil minerallerinden oluşmuş kayaçlar, killi kayaç veya kil olarak adlandırılır. Ayrıca, 2 µm'den daha küçük tane boyutuna sahip kayaçlar veya çökeltiler de kil veya killi kayaçlar olarak isimlendirilmektedir. Kil mineralleri birim kristal üniteleri silis tabaka/zincirleri ile alumina tabaka/zincirlerinden oluşur (Dağ 2009). Killer ağırlıklı olarak belirli şartlar altında, feldispatların ayrışması veya volkanik kayaçların çözünmesi veya değişmesi ile oluşurlar. Killer saf bir şekilde bulunamamakla birlikte empürite de içermektedirler. Empürite (safsızlık), alüminyum silikat ve magnezyum, sodyum, kalsiyum, demir, potasyum, kuvars gibi minerallerden oluşmaktadır. Ayrıca, kilde organik madde ve suda çözünebilen tuzlar da bulunabilir (Malayoğlu 1995).

Killerin bileşimine giren empüritelerin birtakım etkileri mevcuttur. Serbest silis, plastikliği ve kuruma-pişme esnasındaki küçültmeyi azaltmakla birlikte tane boyutu kalın olduğu durumlarda kırılma mukavemetini azaltır. Alüminyum bileşikleri kilin refrakterliğini artırırken plastik olmayan bu bileşikler plastikliği azaltır. Alkali bileşikler vitrifikasyon ve refrakter sıcaklığı ile refrakterliği azaltmakla birlikte plastik olmayan bu bileşikler kuruma küçülmesini azaltırken kuruma işlemlerini hızlandırır. Kalsiyum bileşikleri, vitrifikasyon ve refrakter sıcaklığını azaltmakla birlikte düşük ısıda kuruma küçülmesini azaltarak kuruma işlemlerini hızlandırır. Demir bileşikleri refrakterliği azaltırken pişme rengine de etki ederken eriyen demir bileşikleri ürün yüzeyinde çiçeklenmeye sebep olur (Fortuna 2000b).

Killer, bünyeye plastiklik ve yaş mukavemet sağlamak amacıyla kullanılmakta olup içerdikleri safsızlıklara bağlı olarak pişmiş ürüne rengini verir. Plastiklik, ürünün dışarıdan gelen bir etki ile çatlama veya kırılma olmaksızın şekillerini değiştirebilmesi ve uygulanan kuvvet ortadan kaldırıldığında bu şekli koruyabilme özelliğidir (Dağ 2009).

Seramik sağlık gereçlerinde kullanılan killer 'ball clay' (bağlama killeri) olarak adlandırılırlar. Bağlama killeri, kaolenlerden daha ince tane yapısına sahiptir ve daha fazla empürite içermektedirler. Özellikle karbonat içeriği daha fazladır. Empürite çokluğu ve çeşitliliği, özellikle ısı ile renk değişimi özelliğini kazandırmaktadır. Diğer killere göre su absorbe ve plastiklik özellikleri daha fazladır (Şengöz 2006).

Seramik sağlık gereçleri ęamurunda kullanılan killerin seğiminde; plastiklik ve kalıba döküm süresine ęalıřılabilirlik, fırınlama öncesi mekanik mukavemet, pişirim boyunca vitrifikasyona desteği dikkate alınır. Bunlardan da önce killer bünyenin reolojik davranışına yüksek oranda etki ettiği için döküm prosesine, kuru ve pişmiş paketlemeye, pişirim sonrası renge etki eder (Fortuna 2000a).

Kaolenler de killer gibi bünyede plastikliği ve ęalıřılabilirlięi sağlama amağlı eklenirler. Ancak killere göre daha düşük plastiklik ve pişmemiş mekaniksel dirence sahiptirler (Fortuna 2000b). Ayrıca, bünyenin beyazlığını geliştirir ve alümina oranını arttıırır. Artan alumina ile birlikte bünyenin yüksek sıcaklık deformasyon direncini de arttıırır (Fortuna 2000a). Yapısal özelliklerinden kaynaklanan süspansiyonu askıda tutma özellikleri de seramik sağlık gereçlerinde kullanılma sebeplerindendir (Tiryaki 2014).

Kaolenler, feldispatik kayaların dehidratasyonu ile meydana gelirler. Killere göre taşınım mesafeleri daha kısa olduğu için daha saf ve daha kalın tane boyutuna sahiptirler. İğerdiği mineraller kaolinit (% 75-93), kuvars (%1-4), mika (% 4-20) ve feldispat (% 0-3) olup kile göre daha az mineral iğerirler. Titanyum, demir ve organik madde iğeriği ęok azdır. Demir miktarının ęok az olması pişirim sonrası kaolenin beyaz renkte olmasını sağlar (Güngör 2010).

Kaolenlerin reolojik özellikleri organik kirlilik iğermemeleri, tane boyutlarının daha kalın olması, simektit iğermemeleri, ęözünür tuz iğermemeleri sebebiyle killerden farklıdır. Ayrıca, kaolinit içerikleri yüksek kristalinite özelliğine sahip olduğundan değişim kapasiteleri düşüktür (Güngör 2010).

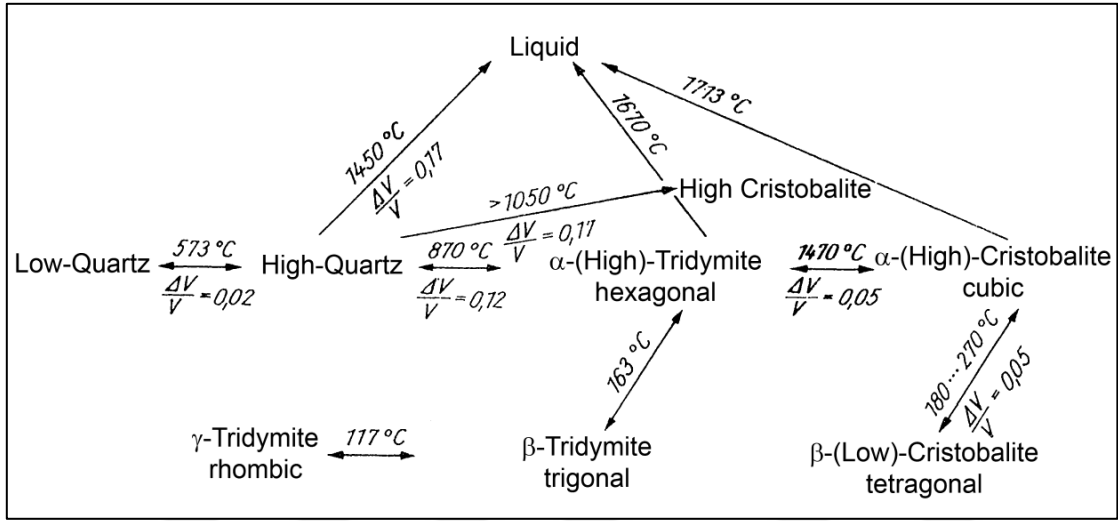
Kil ve kaolenler arasındaki temel farklar ęizelge 2.8' de özetlenmiştir (Yılmaz 2007).

ęizelge 2.8 Kil ile kaolen arasındaki temel farklılıklar.

Kil	Kaolen
Sekonder yapıda olduklarından safsızlık içerir ve pişme renkleri de farklılık gösterir.	Pimer yataklarda bulunduğundan safsızlık daha azdır ve doğal görünümleri ile pişme renkleri beyazdır.
Kristallerinde köşelerden kırılma olmuştur ve daha küçüktür. Plastiklik ve kuru mukavemet özellikleri daha fazladır.	Kristalleri tam şekilli ve daha büyüktür.
Killerin ateşe dayanımı daha düşük olması sebebiyle daha düşük sıcaklıkta sinterleşir.	Kristal büyüklüğü ve saflık durumundan ateşe dayanım kabiliyeti daha yüksektir. Pişme küçülmeleri daha azdır.

2.3.2 Kuvars

Kuvars bileşiminde SiO_2 içerir ve ergime sıcaklığı 1713°C 'dir. Saf kuvars ısıtılmaya başladığında 573°C 'de α -kuvarstan β -kuvarsa; 870°C 'de ise tridimite dönüşür. Bağlar kırılarak yeni bir yapı oluşur ve 1470°C 'de kristobalite dönüşür. 573°C 'deki dönüşüm esnasında % 1,6 hacimsel büyüme gerçekleşir. Bu sebeple dönüşüm sıcaklıklarında ani sıcaklık değişimleri yapılmamalıdır (Richerson 1992).



Şekil 2.7 SiO_2 sisteminde sıcaklık dönüşümlü faz diyagramı (URL-3).

Kuvars, kaba tane boyutu ile kuruma esnasında çatlaklara karşı mukavemet gösterir. Ayrıca pişirim sırasında feldispatla birleştiğinde kalıntı kuvarslar müllit yapısını oluştur ve bunlarda pişirim sırasında iskelet ağı oluşturarak piroplastik deformasyonu azaltır ve deformasyon olmaksızın gaz çıkışına müsaade eder. Plastikliği düşürürken, bünyenin kuru çekmelerini azaltır ve ısıl genişmesini ayarlar. Bünyenin viskozitesinin yüksek sıcaklıklarda kontrolünü de sağlar (Stathis 2004). Bünyenin vitrifikasyon sıcaklığını ve bünyenin beyazlığını artırır.

2.3.3 Feldispat ve Diğer Ergiticiler

2.3.3.1 Feldispat

Feldispatlar yeryüzündeki kayaları oluşturan mineral grubunun en önemlilerinden biri olup yeryüzünde yaygın olarak bulunup yer kabuğunun % 60'ını meydana getirirler (Hızal 1997).

Feldispatların yapıları alkali içeren alumina silikatlar olarak tanımlanır (Madencilik Ö.İ.K. 2001). Seramik reçetesine ergitici (flaks) olarak seramik pişirildiğinde sıvı oluşumunu sağlama ve sıcaklığın düşürülmesi amacıyla katılır. Fırın rejimini belirleyen en önemli hammadde olup kullanılan feldispatın türü ve miktarı ile proses parametreleri ayarlanır. Silika içeriği, bünye kompozisyonu, toplam alkali içeriği ile alkali oksit oranları (Na_2O , K_2O , LiO_2) da feldispatın ergitici özelliğine etki eder. (Dağ 2009). Alkali içeriğinin artması, eritici özelliği artırırken erime noktası da düşer (Kangal 1998).

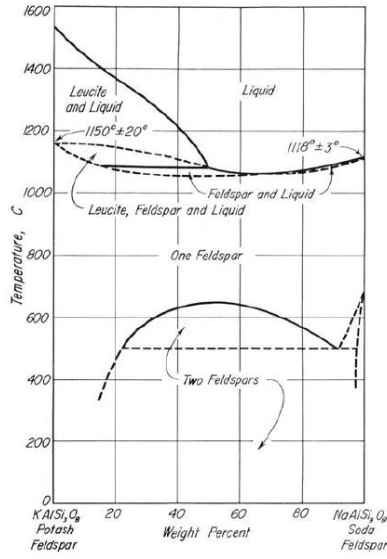
Feldispatlar kimyasal içerikleri açısından temel olarak aşağıdaki şekilde gruplanabilir (Sokolar 2014):

- Potasyum feldispat (K-feldispat) $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ – ortoklaz
- Sodyum feldispat (Na-feldispat) $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ – albit
- Kalsiyum feldispat (Ca-feldispat) $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ – anortit

Feldispatlar, seramik sektöründe camsı bir faz oluşturmak için ergitici olarak kullanılır, böylece vitrifikasyon ve yarı saydamlığı artırır. Ayrıca, sırlarda alkali ve alümina kaynağı olarak kullanılır. Uygun bir feldispat tipi seçimi, ateşlenmiş seramik gövdenin özelliklerini ve optimum ateşleme sıcaklığını önemli ölçüde etkiler. Feldispatın tane boyut dağılımı bünyenin yoğunlaşmasını etkiler (Sokolar 2014).

Seramik sektöründe feldispatların erime derecelerinin büyük önemi olup, yayınlarda net değerler bulunmamakla birlikte yaklaşık değerler potasyum feldispat için $1150^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, sodyum feldispat için $1118^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$, kalsiyum feldispat için $1553^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 'dir (Kyonka 2007).

Sodyum feldispat ve potasyum feldispat ikili karışımlarının erime ilişkileri Şekil 2.8' de verilmiştir. Sodyum feldispat-potasyum feldispat ikili sistemde asgari $1063^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$ erime sıcaklığı % 65 sodyum feldispat ve % 35 potasyum feldispat karışımı için tespit edilmiştir (Kyonka 2007).



Şekil 2.8 İkili sistemin erime denge faz diyagramı $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{KAlSi}_3\text{O}_8$ (Kyonka 2007).

Seramik sektöründe ticari öneme sahip feldispat mineralleri ortoklaz (KAlSi_3O_8), potasyum alüminyum silikat; albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), sodyum alüminyum silikat; anortit ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) kalsiyum alüminyum silikattır (URL-4). Bu feldispatlara ilişkin saf hallerinin kimyasal analizler Çizelge 2.9’ da belirtilmiştir.

Çizelge 2.9 Saf feldispatların kimyasal analizleri (Kangal 1998).

	Na_2O	K_2O	CaO	Al_2O_3	SiO_2
Albit	11.0			19.4	68.8
Ortoklas		10.9		18.4	69.7
Anortit			20.1	28.6	43.3

Seramik sektöründe kullanılan feldispatlar genel olarak saf olmayıp, potasyum feldispat içerisinde sodyum feldispat ve kalsiyum feldispat içerir. Sodyum feldispat ise doğada potasyum feldispat ile birlikte bulunur.

Potasyum feldispat 1150°C ’de erimesi ile viskozitesi yüksek cam oluşturması ve uzun erime aralığı oluşturması sebebiyle en ideal feldispattır (Dağ 2009). Saf sodyum feldispat ise 1118°C ’de erirken daha az viskoz cam oluşturur ve kısa erime aralığına sahiptir. Seramik sağlık gereçlerinde ürün kalınlıklarının 600 mm ’den fazla olması farklı bölgelerde farklı vitrifikasyona sebep olacağından bu sorun yine erime aralığının geniş olması ile yani potasyum feldispat kullanımı ile aşılabılır. Potasyum feldispatın oluşturduğu yüksek cam

viskozitesi sayesinde pişme sırasında seramiğin şekil bozulmalarına karşı mukavemetli olarak deformasyon artmadan vitrifikasyonu sağlamak mümkün olacaktır.

Tüm bu avantajlara rağmen ekonomik sebeplerden seramik sektöründe sodyum feldispat kullanımı daha yaygındır (Dağ 2009). Hammadde seçimi yapılırken genel olarak dikkate alınan parametreler aşağıda özetlenmiştir:

- Potasyum feldispat sodyum feldispata göre pişirim esnasında bünyeye daha fazla deformasyon direnci sağlar. Yüksek viskoziteye sahip bir eriyik oluşturması, düşük elektriksel iletkenliği ve bu özellikleri ile pişirim sırasında seramiğin şekil bozulmalarına karşı mukavemet sağlar (TMMOB Maden M.O.2010).
- Potasyum feldispat sodyum feldispata göre pişirim esnasında bünyeye daha geniş vitrifikasyon aralığı sağlar. Bu aralıklar yaklaşık olarak; sodyum feldispatta 25-30°C iken, potasyum feldispatta 50°C'dir.
- Potasyum feldispat sodyum feldispata göre daha yüksek erime sıcaklığına sahip olup 1250°C geçmeyen bünyelerde kullanımı daha uygun olacaktır. Düşük sıcaklık ve daha yüksek pişirme hızında düşük maliyetli vitrifikasyon elde etmek mümkündür. Daha yüksek sıcaklıklarda ise sodyum feldispatın kararlılığı daha yüksektir (Dağ 2009).

2.3.3.2 Diğer Ergiticiler

Seramik sağlık gereçleri sektöründe karakteristik özellikleri ve maliyetleri sebebiyle kullanılan diğer ergiticiler nefelin siyenit ve pegmatittir.

Nefelin siyenit ($K_2O.3Na_2O.4Al_2O_3.9SiO_2$) doğal bir malzeme olup yüksek alkali (% 15-17) ve yüksek alumina (% 24) içeriği ile hızlı pişirme özelliğine sahiptir. Nefelin siyenit % 25 potasyum feldispat, % 55 sodyum feldispat ve %20 nefelinden oluşmaktadır. Nefelin siyenit sıvı fazın viskozitesini azaltarak yoğunlaştırma sürecini hızlandırmaktadır (Aydın 2018). Bünyenin düşük sıcaklıkta sinterlenmesini sağlarken albite göre daha geniş vitrifikasyon aralığına sahiptir. Beraberinde albit aksine oluşturduğu yüksek viskoz camsı faz oluşumu ve yüksek alumina içeriği sayesinde deformasyonu düşürür. Bu avantajların yanında yüksek maliyetli oluşu sebebiyle ekonomik bulunmamaktadır (Dağ 2009).

Pegmatit kuvars ve feldispatın doğal öğütülmüş hali olup düşük miktarlarda kil de içermektedir. Ergime sıcaklığı, en az % 85 SiO_2 içeriği ve düşük alkali içeriği sayesinde yüksektir yani eritici özelliği düşüktür (Fortuna 2000b).

Spodümen bir alumina silikat olup ($\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$) % 4-7,5 lityum içeriği ile ergiticilik verimi % 2 gibi az kullanımlarda bile yüksektir. Saf lityumun ergime sıcaklığı $180,5^\circ\text{C}$ iken spodümen formunda 1420°C 'dir (Merivale 2003). Ancak feldispat gibi diğer ergiticilerle birlikte kullanıldığında düşük pişirme sıcaklıkları elde etmek mümkündür.

2.4 SERAMİK SAĞLIK GEREÇLERİ ÜRETİM PROSESİ

Seramik sağlık gereçleri ürünlerine yönelik Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen standartlar Çizelge 2.10' da verilmiştir. Eylül 2019'da bir çok standardın uluslararası standartlardaki değişikliklere uyum baz alınarak revize edilip güncellendiği görülmektedir.

Standart gereklilikleri su emme, küçülme, genleşme katsayısı, yüzey sertliği, deterjana dayanıklılık, çarpmaya dayanıklılık, aşınmaya direnç, seyreltik asit&alkaliye dayanıklılık, yüklemeye testleri gibi testler gerçekleştirilerek sağlanmaktadır.

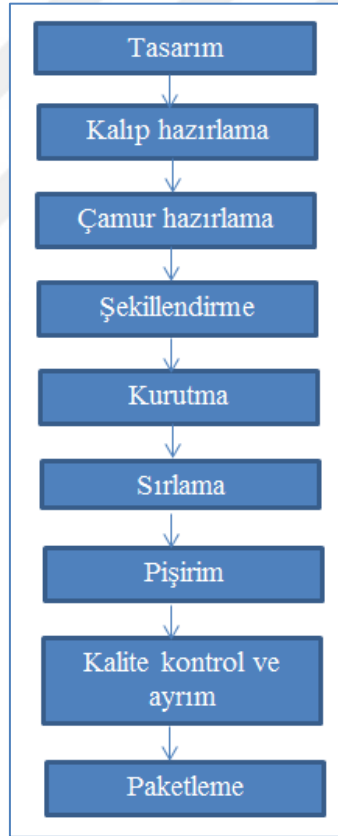
Çizelge 2.10 TSE seramik sağlık gereçleri üretim standartları.

İptal Standart No	Kabul Tarihi	Yeni Standart No	Kabul Tarihi	Standart Adı
TS 605	06.07.1982	TS EN 14688+A1	30.09.2019	Sağlık gereçleri - Lavabolar - İşlevsel gerekler ve deney yöntemleri
TS 800 EN 997	06.07.1982	TS EN 997	30.09.2019	Tek parça ve takım klozetler - Sifonlu
TS EN 31	22.11.2000	TS EN 31+A1	30.10.2014	Lavabolar- Bağlantı ölçüleri
TS EN 32	22.11.2000			
TS EN 33	21.03.2000	TS EN 33	30.09.2019	Tek parça ve takım klozetler - Bağlantı ölçüleri
TS EN 34	25.05.1998			
TS EN 38	25.05.1998			
TS EN 35	25.05.1998	TS EN 35	30.10.2014	Ayaklı ve duvara asılabilen bideler - Musluk delikleri kenarında olan - Bağlantı boyutları
TS EN 36	21.03.2000	TS EN 36	21.03.2010	Asma bideler- Batarya delikli bağlantı boyutları
TS EN 37	21.03.2000	TS EN 33	30.09.2019	Tek parça ve takım klozetler - Bağlantı ölçüleri
TS 799	20.01.1987	TS 799	18.02.2015	Alaturka hela taşları
TS 823	18.10.1995	TS EN 14055+A1	23.10.2015	WC ve pisuar rezarvarları
TS 2747	06.07.1982	TS EN 13407+A1	30.09.2019	Asma pisuarlar - İşlevsel gerekler ve deney yöntemleri
TS 2748	06.07.1982	TS EN 14528+A1	30.09.2019	Bideler - İşlevsel gerekler ve deney yöntemleri
TS 2749	28.04.1977	TS EN 14688+A1	30.09.2019	Sağlık gereçleri - Lavabolar - İşlevsel gerekler ve deney yöntemleri
TS 6432 EN 232	25.05.1998	TS EN 232	10.04.2013	Küvetler- Bağlantı ölçüleri
TS 9671 EN 251	10.11.2005	TS EN 251	10.04.2013	Duş tekneleri - Bağlantı ölçüleri
TS EN 80	25.05.1998	TS EN 80	10.11.2005	Asma pisuarlar - Bağlantı boyutları
TS EN 111	12.04.1995	TS EN 31+A1	30.10.2014	Lavabolar- Bağlantı ölçüleri
TS EN 13310	24.03.2005	TS EN 13310+A1	30.09.2019	Mutfak eviyeleri - Fonksiyonel özellikler ve deney metotları

Seramik sağlık gereçleri üretiminde vitreous china (VC) ve fine fire clay (FFC) olmak üzere iki farklı tip çamur reçetesi kullanılabilmele beraber iki reçetenin de üretim yöntemi aynıdır.

VC çamur reçetesi genel özellikleri, % 9-11 toplam küçülme değeri, < % 0,5 su emme değeri ve yüksek darbe dayanımına sahip olmasıdır. FFC çamur reçetesine göre maliyeti bakımından daha avantajlıdır. FFC çamur reçetesi genel özellikleri ise, düşük piropplastik değeri, % 4-6 toplam küçülme değeri, % 5-10 su emme değeri, VC'ye göre daha düşük deformasyona sahip olmasıdır. VC çamur reçetesine göre yüksek maliyetli olup henüz ülkemizde üretimi olmayan ve ticari değeri yüksek kalsine kil kullanımımıdır. Sektörde ağırlıklı olarak VC çamur reçetesi kullanılmaktadır.

Genel seramik sağlık gereçleri temel prosesleri Şekil 2.9' da verilmiştir.



Şekil 2.9 Seramik sağlık gereçleri üretim akım şeması.

2.4.1 Çamur Hazırlama

Özlu hammaddeler olan kil ve kaolen su ve deflokulant yardımı ile çözümlenmesi ardından eleme ve manyetik ile demir uzaklaştırma işlemi gerçekleştirilir. Akabinde değirmende öğütölmüş ve istenilen tane boyutlarına getirilmiş özsüz hammaddeler olan kuvars ve feldispat ile karıştırılır. Yeniden eleme ve demir uzaklaştırma işlemi gerçekleştirilir (Tiryaki 2014). Özlu hammadde tane boyutu özsüz hammaddelere göre çok küçük olduğu ve standart bir ürün bünyesinde toplam yüzey alanının % 95'ini oluşturmakta olup çamur reolojisi ve kararlılığı üzerinde etkindirler. Bu sebeple yüzey alanlarının daha fazla artmaması için kil ve kaolen değirmende öğütme işlemine tabi tutulmaz. Döküm öncesi çamurun temel karakteristik özellikleri litre ağırlığı, sıcaklığı, viskozitesi, tiksotropisi ve kalınlık alma zamanı kontrol altına alınarak döküme hazır hale getirilir (Sarı 2012).

2.4.2 Döküm

Döküm, yaş metot ile şekillendirme işlemidir. Seramik sağlık gereçlerinde dizaynların kompleks yapıda olması, ince cidarlı ve boşluklu yapıları sebebiyle döküm yöntemi kullanılmaktadır (Sarı 2012).

Alçı kalıp döküm (klasik döküm) ve reçine kalıp döküm (yüksek basınç döküm) olmak üzere iki farklı şekillendirme yöntemi kullanılmaktadır (Tiryaki 2014). Alçı kalıp çalışma prensibi, gözenekli yapısı sebebiyle çamurdaki fazla suyu emerek dışarı atması ve kil taneciklerinin kalıbı geçemeyerek birikmesi şeklindedir. Çamurun kalıba girdikten sonra hızla kalınlaşmaya başlayarak geçirgen bir kek yapısı oluşturması istenmektedir. Daha sonra şekillenerek kalınlık alan çamur kalıptan çıkarılır (Sarı 2012). Yüksek basınç dökümde ise sulu çamur belirli basınç ve sürede sentetik polimer kalıba gönderilir. Su, polimer kalıp yüzeyindeki kanallar aracılığıyla alınır (Açıkbaş 2016).

Ürünlerin döküm yöntemi ile şekillendirilmesi çeşitli problemlerin oluşmasına sebebiyet verirken çamurun reolojik olarak akışkan olabilme yeteneğini etkileyen parametrelerin iyi belirlenerek kontrol altına alınması gerekir. Çamura eklenecek suyun oranı, fiziksel yapısı, kimyasal yapısı, kullanılan hammaddelerin minerolojik bileşimi ve tane büyüklüğü, kullanılacak deflokulant seçimi, özsüz hammadde öğütölme süresi, çamurun litre ağırlığı ve viskozitesi reolojik özellikleri etkileyen hususlardır (Özel 1997).

Klasik döküm yöntemi ile gerçekleştirilen şekillendirme prosesinde ve üründe oluşabilecek hatalar Çizelge 2.11’ de verilmiştir.

Çizelge 2.11 Klasik döküm sürecinde oluşabilecek hatalar (Tiryaki 2014).

Hata	Tanımı	Nedeni	İyileştirme
Zayıf dolum	Kalıpları doldurmak çok uzun	Akışkanlık çok düşük	Eklenen suyu artır veya eklenen deflokülantı artır
Yumuşak dökümler	Gevşek dökümler ellemek zor	Tiksotropi çok yüksek	Eklenen deflokülantı artır
Kırılgan dökümler	Sert döküm şekillendirme zor	Tiksotropi çok düşük	Deflokülantı azalt
Yetersiz akma	Slip dar bölümlerde akmıyor	Akışkanlık çok düşük/ Tiksotropi çok yüksek	Eklenen suyu artır veya eklenen deflokülantı artır
Çelenkleşme	Dökümün slip tarafında küçük eğri-büğrü saçaklar	Tiksotropi çok düşük	Deflokülant veya su miktarını azalt
İğne delikleri	Döküm parçasının kalıp tarafının yüzeyinin hemen üstünde oluşan küçük delikler	Akışkanlık çok düşük	Eklenen suyu artır veya eklenen deflokülantı artır
Çatlaklar	Gövdenin birleşim yerlerinde küçük çatlaklar	Tiksotropi çok düşük	Deflokülant veya su miktarını azalt
Döküm benekleri ve döküm parlaklıkları	Parçanın kalıp tarafında oluşan rengi değişen bölüm	Akışkanlık çok yüksek/ Tiksotropi çok düşük	Deflokülant veya su miktarını azalt

Bu hataların önüne geçebilmek için şekillendirme kullanılan döküm çamurundan ve kalıptan beklenen özellikler Çizelge 2.12’ de verilmiştir (Sarı 2012).

Çizelge 2.12 Döküm çamuru ve kalıp özellikleri.

Döküm çamuru özellikleri	Kalıp özellikleri
Viskozitesi iyi olmalı	Dayanıklı ve uzun ömürlü olmalı
Yaş ürün mukavemeti iyi olmalı	Kalıp kalınlığı her yerde eşit olmalı
Kuru küçülmesi az olmalı	Kalıp parça sayısı az olmalı
Su içeriği mümkün oldukça az olmalı	Kalıpta yabancı madde, hava kabarcığı vb olmamalı
Hava kabarcığı bulunmamalı	Döküm öncesi kuru olmalı
Döküm hızı kontrol edilebilir olmalı	Ürün kalıptan kolayca alınabilmeli
Hızlı et kalınlığı almalı	

2.4.3 Kurutma

Şekillendirme sonrası kalıptan alınan ürünün içerdiği nem kontrollü olarak giderilmek üzere 33-36°C ve % 40-60 bağıl nemli koşullandırılmış ortamda bir gün bekletilir. Ortalama % 15-17 nem ihtiva eden ürün 80-100°C sıcaklıktaki fırınlarda 10-13 saat kurutmaya tabi tutulur (Sarı 2012). Kurutma fiziksel bir süreç olup ısı etkisiyle ürün tane yüzey neminin buharlaştırılarak dışarı atılmasını sağlamaktadır. Kurutma pişirme aşamasından üründe çatlama, patlama gibi olumsuzluklar yaşanmaması için yapılmaktadır (Ürkmez 2018). Kurutma işlemi öncesi birbirinden ayrı olan taneler nem miktarının azalmasıyla birlikte birbirlerine dokunacak kadar yakınlaşır ve üründe küçülme meydana gelir (Sarı 2012).

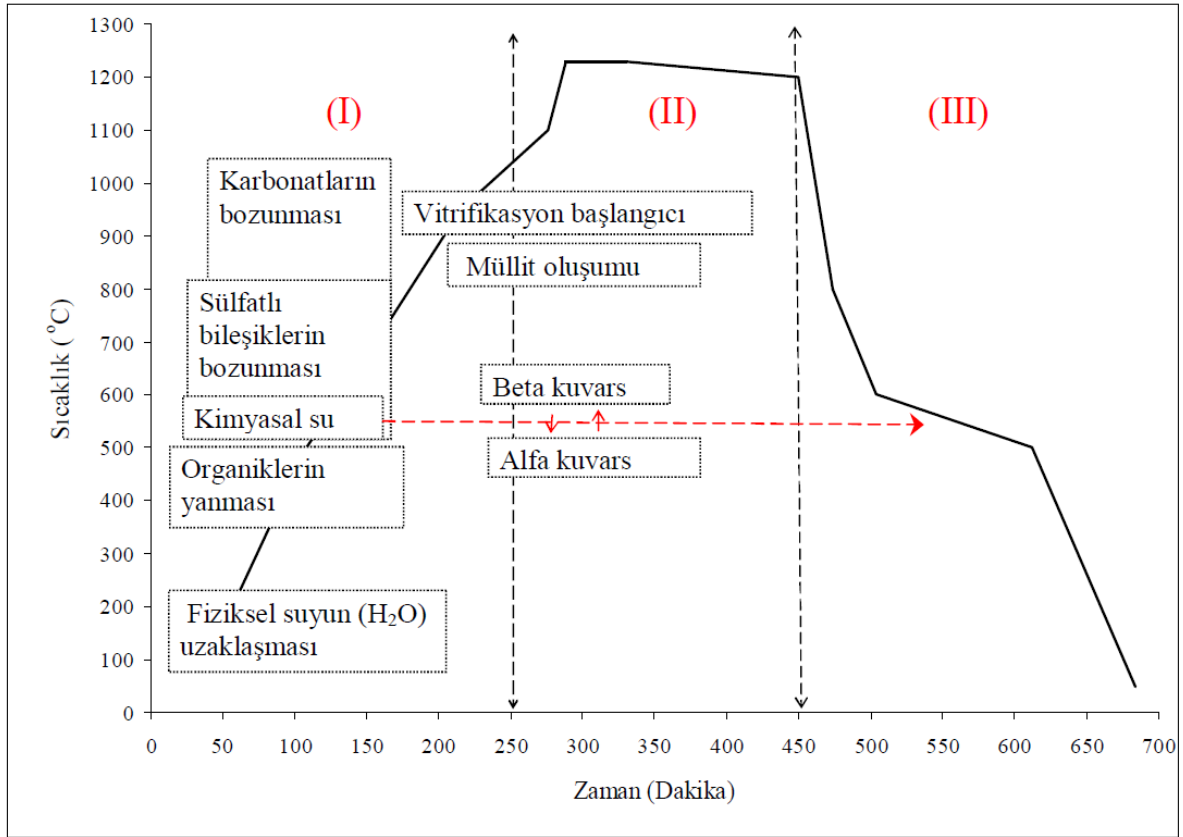
Kurutma sürecini hem ürün açısından hem de ekonomik açıdan değerlendirmek önemlidir. Suyun çabuk, ürüne zarar vermeden uzaklaştırılması sağlanmalıdır. Bu durumda yüzey büyüklüğüne göre kurutma havası sıcaklığı, hızı ve süresi iyi ayarlanmalıdır (Dalkıran 2015).

2.4.4 Sırlama

Sırlama işlemi için hazırlanan seramik sırsı reçetesinin, kurutma sonrası en fazla % 0,5 nem ihtiva eden ürünlere hijyenik , estetik gibi ilave özellikleri kazandırmak amacıyla manuel ya da robot uygulanması işlemidir.

2.4.5 Pişirim

Pişirim prosesi, seramik sağlık gereçlerinde sıcaklık geçiş ve sürelerinin kritik olduğu ve ürüne son kullanım özelliklerinin kazandırıldığı aşamadır. Bu esnada sır ve bünyede meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişiklikler ; bünye ve sırsın kimyasal ve mineralojik kompozisyonundan ve içerikte yer alan hammadde tane boyutu ve dağılımından etkilenmektedir (Tiryaki 2014). Hammaddelerin birbirleri ile reaksiyonları v esinterleme mekanizması ile bu mekanizmayı etkileyen parametrelerin iyi bilinmesi gerekir. Tüm bu parametreler göz önünde bulundurularak fırın rejimi belirlenir ve hedeflenen mikroyapıya ulaşmak için parametrelerin kontrol altına alınması sağlanır (Sarı 2012). Seramik sağlık gereçleri için pişirim eğrisi Şekil 2.10' da verilmiştir.



Şekil 2.10 Seramik sağlık gereçlerinin pişirim eğrisi (Remmey 1997).

(I) Ön ısıtma bölgesi:

Kaolen, kil, kuvars ve feldispat homojen bir karışım oluşturmuştur ve taneler birbirleri ile fiziksel temastadırlar.

30-150°C aralığında fiziksel suyun uzaklaşması: Artan sıcaklık ile birlikte tanelerin arasında bulunan fiziksel su uzaklaşırken, çatlamalara engel olmak için ani buharlaşmadan kaçınılmalıdır. Optimum ısıtma hızı 1,7-2,2°C/dak.'dır (Fortuna 2000c).

150-500°C aralığında kimyasal suyun uzaklaşması ve organiklerin yanması: Kil ve kaolende bulunan kaolinit bozunması esnasında ortaya çıkan su 460-550°C'lerde buharlaşmaya başlar, 650°C lere tamamen uzaklaşır (Fortuna 2000c). Isıtma hızının 300°C /dak.'ya çıktığında 700°C ye kadar organikler, 1100°C'ye kadar kömür türevi safsızlıklar yanmaya devam eder. Optimum ısıtma hızı 1,7-3,33°C/dak.'dır (Fortuna 2000c).

500-700°C aralığında kuvars dönüşümü: $\alpha \rightarrow \beta$ kuvars dönüşümü 573°C'de gerçekleşirken 1,6% hacim genişmesi meydana gelir. Bu genişleme kaolinit metakaolinit dönüşümü sırasında oluşan küçülme ve tanecikler arasında bulunan boşluklar sayesinde dengelenir. Bu esnada kilde yer alan karbonat ve mika bileşikleri de bozunmaya başlar. Optimum ısıtma hızı 5-6,7°C/dak.'dır (Fortuna 2000c).

700-1050°C aralığında karbonat ve sülfat türü bileşiklerin bozunması: Karbonatlar normalde vitrifiye bünyede bulunmaz iken sır kompozisyonlarında yaklaşık % 18 oranında bulunabilmektedir (Yeşilkaya 2019). Bu sıcaklık aralığında 800°C'de magnezyum karbonat ve 950°C kalsiyum karbonat bozunmaya başlar. Bu sıcaklık aralığında oluşan SO₂ gazının bünyeden atılmaya başladığı sıcaklık ısıtma hızına bağlı değişir ve sırn ergime sıcaklığından düşük olmalıdır (Fortuna 2005). Gazın bünyeden uzaklaştırılmaması durumunda sır içinde kalıp iğne deliği hatasına sebebiyet verir ve yüzey kalitesini düşürür (Fortuna 2005).

(II) Pişirim bölgesi:

Kristal faz ve kristal fazı bir arada tutan amorf fazın oluşmaya başladığı bölgedir. Hammaddeler arası boşluklar feldispat ve kir ara yüzeyinde oluşan camsı faz ile doldurulmaya başlar. Bünye boyutları küçülmeye ve piroplastik deformasyon oluşmaya başlar (Tayçu 2009).

950-1100°C aralığında amorf faz ve müllit kristallerinin oluşması: İlk sinterleme reaksiyonları ile bünyede küçülme meydana gelir. Küçülme, kil içinde yer alan metakaolinin 950-1000°C'de birincil müllit (iğne şekilli) kristallerine ve silika cama dönüşmesi ile gerçekleşir (Rado 1998). Potasyum feldispat 1150°C ve sodyum feldispat 1050°C'de erir. Potasyum feldispat ortamda su buharı bulunması durumunda silika ile temas halinde 1000°C'nin altında bir sıvı faz oluşturabilir. Feldispatın kaolenle 1050°C üstündeki ergitici reaksiyonları ise camsı az ve feldispat yakınında birinci müllit (iğne şekilli) ve kaolen yakınında ikinci müllit (tabaka şekilli) oluşturur. Bünye üzerine uygulanan sır 1100°C'lerde erimeye başlar (Reed 1995). Optimum ısıtma hızı 2-2,5°C/dak.'dır.

1100-1200/1250°C aralığında sinterlemenin tamamlanması: Maksimum pişirme sıcaklığında seramik sağlık gereci vitrifikasyonu tamamlanmış olur. Feldispat eriyiğinin oluşturduğu amorf faz kristal fazı sararak bir kısmını da eritir. Bünyede kalan kalıntı kuvars

miktarı bünyenin termal genişleme katsayısını belirler ve kalıntı kuvars miktarı düştükçe termal genişleme katsayısı da düşer. Kalıntı kuvars miktarı % 5-18 arası bünyede bulunabilirken termal genişleme katsayısı ise $5,9-6,9 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ değerlerini alabilir. Optimum ısıtma hızı $2-2,5^\circ\text{C}/\text{dak.}$ 'dır (Fortuna 2000c).

(III) Soğutma bölgesi:

Ürünlerde istenilen mikroyapı eldesinden sonra kontrollü bir şekilde sıcaklık düşürülerek fırından çıkışı sağlanır (Fortuna 2000c).

1230/1250-1200°C aralığında sırda biriken gazların uzaklaştırılması: Sırda biriken gazların ürün kalitesini düşürmemesi için $0,17-0,25^\circ\text{C}/\text{dak}$ optimum hız ile soğutma yavaşça gerçekleştirilir (Fortuna 2000c).

1200-800°C aralığında hızlı soğutma: Optimum $16,7^\circ\text{C}/\text{dak.}$ soğutma hızı ile gerçekleştirilen işlem esnasında bünyede oluşabilecek gerilimler piroplastik deformasyonlar ile sönmelenir (Fortuna 2000c).

800-600°C aralığında amorf fazın katı hale geçmesi: Bünyede sıcaklık dağılımının homojenliğini sağlamak amacıyla $1,7-2,17^\circ\text{C}/\text{dak.}$ hızlarda yavaş soğutma gerçekleştirilir (Fortuna 2000c).

600-180°C aralığında kuvars dönüşümü: $\beta \rightarrow \alpha$ kuvars dönüşümü 573°C 'de gerçekleşirken hacimsel küçülme oluşur. Bünyede sıcaklık farklılığının ve kalıntı kuvars miktarının az olması bu dönüşüm esnasında hacimsel küçülme kaynaklı çatlamları engelleyecektir. Optimum soğutma hızı $0,8^\circ\text{C}/\text{dak.}$ 'dır (Fortuna 2000c).

Pişirim işlemi sonrası ürün kalite kontrole gönderilen ürünler paketlenme, ıskarta veya tamire gönderilir. Kalite kontrolde ilgili TSE standardına göre belirlenmiş fiziksel, kimyasal, boyutsal, fonksiyonel ve estetik özelliklerin kontrolü yapılır. Bu özellikler Çizelge 2.13'te verilmiştir (Türköz 2010).

Çizelge 2.13 Kalite kontrol prosesinde yapılan kontroller.

Fiziksel özellikler	Kimyasal özellikler
Su emme	Kimyasal analiz
Sertlik	Kimyasal direnç
Küçülme	Kimyasal yapı
Deformasyon	Boyutsal özellikler
Renk	Uzunluk
Akıcılık	Çap
Yoğunluk	Açı
Isıl şoka dayanım	Fonksiyonel özellikler
Aşınma	Kullanıma uygunluğu
Yüke dayanım	Diğer yan ve montaj parçaları ile ilişkiler
Basınçlı buhara dayanım	Estetik özellikler
Plastiklik	Renk
Tane iriliği	Tasarım
Rutubet	Yüzey özellikleri
Ergime sıcaklığı	
Ağırlık	



BÖLÜM 3

TEZİN AMACI

3.1 LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Garcia-Ten vd. (2000) alternatif ergiticiler ile yaptığı çalışmada, sodyumfeldispat yerine % 4 spodümen ilavesiyle tepe sıcaklığında bekleme süresinde % 33 azalma ve aynı sürede pişirme sıcaklığında 50°C azalma tespit etmiştir.

Mukhopa vd. (2006) alternatif ergiticiler ile yaptığı çalışmada, % 3 talk ilavesi ile pişirme sıcaklığında 50°C (standart 1250°C) azalma tespit etmiştir.

Tulgayanov vd. (2006) alternatif ergiticiler ile yaptığı çalışmada, sodyumfeldispat yerine % 1- 5 spodümen ilavesiyle pişirme sıcaklığında 100°C (standart 1250°C) azalma tespit etmiştir.

Reed (1995), Richerson (1992), German (1996), Villegas vd. (1996) bünyenin sinterlenebilme özelliğinin, hazırlanan çamur karışımının tane boyut ve dağılımından etkilendiklerini çalışmalarında tespit etmişlerdir. Gerekçe olarak ince tanelerin enerjilerinin yüksek olması ve sonucu hareket ve reaksiyon kabiliyetlerinin yüksek olmasının sinterleme hızlarının da artırdıkları olarak belirtmişlerdir.

Kingery (1976), Sanchez vd.(2004) feldispat tane boyutunun inceltilerek artan yüzey alanı ile sinterleme özelliğinin iyileştirilerek camsı faz oranının arttığını tespit etmişlerdir.

Dağ (2009) sinterleme sıcaklığının düşürülebilmesi için optimum bir Na₂O/K₂O oranında toprak alkalilerin (CaO ve MgO) ilavesiyle sinterleme sıcaklığı ve deformasyon oranında bir miktar düşüş elde edildiği, ilaveten ince tane boyutlu hammaddeler kullanıldığında bu düşüşlerin daha net olduğu saptanmıştır. Nefelin siyenit, lityum ve talk ile hazırlanan reçete

ile sinterlemeyi 1100°C'de gerçekleştirebilmiştir. Sinterleme sıcaklığındaki 100°C' lik düşüşün % 30'luk enerji tasarrufu sağladığını tespit etmiştir.

Taycu (2009) kil oranını değiştirmeden sadece sodyum feldispat oranını artırarak standart reçeteye göre (1210°C) yaklaşık 20°C daha düşük sıcaklıkta bünyenin pişirildiği görülmüştür. Ayrıca, Na-feldispat yerine % 4 (ağırlıkça) spodümen ilavesi ile bünyenin viskozitesi düşürülmüş, aktivasyon enerjisi azalmış ve sinterleme hızı artmıştır. Bu sayede pişirme sıcaklıklarında 10°C düşüş tespit edilmiştir. Ayrıca, % 51 özsüz + % 49 özlü hammadde (spodümen+NaF+K) kompozisyonu ile hazırlanmış SFK(M) reçetesi; % 43,5 özsüz + % 56,5 özlü hammadde (NaF) kompozisyonu ile hazırlanmış olan STD reçete ile kıyaslandığında 60°C daha düşük sıcaklıkta pişmiş ve pişirme süresi 4,5 saat kısalmıştır. Ancak maliyet standart reçeteye göre 73 TL/ton daha fazladır. Enerji maliyetleri azalırken reçete maliyetleri artmıştır. % 51 özsüz + % 49 özlü hammadde (NaF) kompozisyonu ile hazırlanmış B1 ise STD reçeteye göre 40°C daha düşük sıcaklıkta pişmiş ve pişirme süresi 3 saat daha kısalmıştır. B1 reçetesi ile SFK(M) reçetesi kıyaslandığında ise sıcaklık 20°C ve süre 1,5 saat olacak şekilde kısalmıştır. B1 reçetesinin maliyeti ise STD'ye göre 16TL/ton, SFK(M)'ye göre ise 89 TL/ton daha ucuzdur.

Özel vd.(2011) farklı sürelerde öğütme işlemine tabi tutulan kuvars ve feldispat karışımları ile hazırlanan reçeteler sonucunda 1210°C'de % 0,38 su emme değeri sağlanmıştır.

Sarı (2012) Na_2O/K_2O , Na_2O+K_2O , SiO_2/Al_2O_3 , CaO/MgO ve $SiO_2+Al_2O_3$ parametreleri üzerinde çalışarak daha düşük yumuşama sıcaklığı ve viskozite değerlerinde yeni camsı faz kompozisyonları oluşturabilme üzerine çalışmıştır. Parametre optimizasyonu ile standart camsı faz kompozisyonunun yumuşama sıcaklığı 1242°C'den 1150°C'ye düşürülmüştür. Kimyasal kompozisyon ve tane boyutu çalışmaları ile standart reçeteye göre 80-100°C daha düşük sıcaklıkta sinterlenebilen reçeteler geliştirilmiştir. Geliştirilen reçetelerden birir ile endüstride yapılan endüstriyel deneme sonucu 50°C daha düşük sıcaklıkta ürünlerin pişirilebildiği tespit edilmiştir.

Tunçel (2012) özsüz hammadde tane boyutunun düşürülmesiyle sinterleme sıcaklığının 30°C düşürülebildiğini tespit etmiştir.

El-Fadaly (2013) sonuç olarak, porselen karo bünyelerine seramik atığı ilavesi, sinterleme sıcaklığını azaltılabildiğini tespit etmiştir.

Sarı (2013) genel olarak bünyeye toprak alkali ilavesinin sinterleme sıcaklığını düşürdüğünü belirtmiştir. Ancak CaO/MgO oranının optimize edilmesi gerektiğini çünkü bir noktadan sonra oranda artışın sinterleme sıcaklığını tekrar yükseltmeye başladığını tespit etmiştir. Bununla birlikte toplam alkali miktarı, $SiO_2+Al_2O_3$ değeri ile optimum Na_2O/K_2O ve CaO/MgO oranlarının optimize edilerek düşük yumuşama sıcaklığı ile viskozitesine sahip camsı faz kompozisyonu üzerinden oluşturulan reçete ile sinterleme hızı artırılabilmiştir. Standart reçeteye göre $\sim 80^\circ C$ daha düşük sıcaklıkta sinterlenebilen reçete geliştirilebilmiştir.

Sokolar (2014), mixed sodyum-potasyum feldispat (X43KNa50), potasyum feldispat (Z75K13) ve mixed sodyum-kalsiyum feldispat (Z80NaCa40) kullanarak farklı numuneler oluşturmuş ve sinterleme sıcaklıklarını kıyaslamıştır. Reçetede % 45 mixed sodyum-potasyum feldispat kullanılan reçete, % 75 saf potasyum feldispat kullanılan reçeteye göre daha düşük sıcaklıkta sinterlenmiştir. Yapılan çalışmada mixed sodyum-feldispat numunesinin $1190^\circ C$, potasyum feldispat numunesinin $1205^\circ C$ ve mixed kalsiyum-sodyum feldispat numunesinin $1275^\circ C$ 'de sinterlendiği tespit edilmiştir.

Kunduracı vd. (2015) çalışmasında, % 40 nefelin siyenit ilavesi ile sinterleme sıcaklığının referans reçeteye göre $1220^\circ C$ 'den $1190^\circ C$ 'ye düşürülebildiğini tespit etmiştir.

Kunduracı vd. (2016), seramik sağlık gereçlerinde mixed feldispat etkisini gözlemlemek için nefelin siyenit ile reçete kompozisyonları hazırlamıştır. Nefelin siyenit % 25 potasyum feldispat, % 55 sodyum feldispat ve %20 nefelinden oluşmaktadır. Yapılan çalışmada max.% 30 nefelin siyenit ilavesi ile hazırladıkları reçetelerde, artan nefelin siyenit ile birlikte sıvı fazın artarak sinterleme sıcaklığı ve süresinde iyileştirme tespit etmişlerdir. Referans reçete $1234^\circ C$ 'de sinterlenirken, nefelin siyenitli reçetelerin 1180, 1181 ve $1190^\circ C$ 'lerde sinterlendiği gözlemlenmiştir.

Hopa vd. (2016) Seger yaklaşımıyla toplam kaolen miktarı sabit tutularak içerikteki iki farklı tip kaolenin miktarları değiştirilerek standart reçeteye göre $10^\circ C$ düşük sinterlenme sıcaklığı oluşulabileceği tespit edilmiştir.

Sokolar vd. (2017), sinterleme sıcaklığını düşürmek amacıyla bünyeye farklı ilaveler yapılarak reçete kompozisyonları oluşturulmuştur. Kaolene ergitici olarak kuvars, potasyum feldispat, sodyum-kalsiyum feldispat karışımı, sodyum-potasyum feldispat karışımı, kül ilavesi yapılarak 1360°C pişirme sıcaklığında elektrikli laboratuvar fırınında çalışma gerçekleştirilmiştir. Kaolene % 20 potasyum feldispat ilavesi ile yapılan reçetelerin 1285°C , % 40 potasyum feldispat ilavesi yapılan reçetenin 1250°C'de sinterlendiği gözlemlenmiştir. Kaolene % 20 sodyum-potasyum feldispat ilavesi ile yapılan reçetelerin 1315°C , % 40 sodyum-potasyum feldispat ilavesi yapılan reçetenin 1285°C'de sinterlendiği gözlemlenmiştir.

Aydın vd. (2018), max.% 30 nefelin siyenit ilavesi ile viskozitede azalma sağlayarak 13°C'lere kadar sinterleme sıcaklığında azalma tespit etmiştir.

Kunduracı vd. (2019) çalışmasında, K₂O/Na₂O oranını artırarak piroplastik deformasyonun düşürülmesini amaçlamakla birlikte ve potasyum feldispat oranını artırarak sinterleme sıcaklıklarını düşürmeyi ve bu değişikliklerin maliyet üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Sonuç olarak potasyum feldispat ilavesi ile birlikte sinterleme sıcaklıklarının 1232°C'den 1200°C'ye düşürülebildiği tespit edilmiştir.

3.2 AMAÇ

Türkiye'de enerji konusunda dışa bağımlılık sebebiyle siyasi dengeler ve döviz kurlarındaki değişimlerden enerji maliyetleri sürekli olarak olumsuz yönde etkilenmektedir. Doğalgaz ile elektrik üretimi yapan bir santralde yakıt maliyetinin de % 80-90 civarında olduğu dikkate alındığında elektrik birim fiyatlarının da artması kaçınılmazdır. Bu sebeplerle seramik sağlık gereçleri sektöründe enerji maliyetlerinin düşürülmesine yönelik çalışmaların yapılmasına ağırlık verilmiştir.

Bu çalışmada, seramik sağlık gereçleri üretiminde pişirme sürelerinin kısaltılmasına bağlı enerji tasarrufu sağlayan kompozisyonların geliştirilmesi amaçlanmıştır. Literatür tarandığında elde edilen bilgilerin hammadde tane boyutlarının iyileştirilmesi ve ilave hammadde katkıları ile ürünün iyileştirilebileceği gözlemlenmiştir.

Çalışma iki bölümde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde farklı tane boyutlarında albit elde edilerek 1245°C sıcaklıkta pişirilmiş ve farklı sinterleme sıcaklıklarında numuneler elde edilmiş ve incelenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde albit girdisi azaltılarak yerine dışarıdan potasyum feldispat ilave edilerek 1245°C sıcaklıkta pişirilmiş ve farklı pişirme sıcaklıklarında numuneler elde edilmiş ve incelenmiştir. Pişirme sürelerine olumlu etki yaptığı bilgisi literatürden elde edilen potasyum feldispat rutin olarak kullanılan seramik sağlık gereçlerinde kil, kaolen, kuvars hammaddelerinden kirlilik olarak gelmekte olup bu çalışma ile dışarıdan ilave edilmesi çalışmaya önem katmaktadır.

Seramik sağlık gereçleri sektöründe üretim içerisindeki pişirim ve kurutma işlemlerinden oluşan enerji maliyeti, üretim maliyetlerinin yaklaşık % 20' sini oluşturmakta olup yaptığımız çalışmanın % 3-5 oranında enerji tasarrufu sağlayarak katma değer yaratacağı öngörülmektedir. Pişirme sıcaklığının düşürülmesine bağlı olarak sürelerinin düşürülmesi, aynı zamanda üretim kapasitesinin artmasına ve fırın ömrünün uzamasına, bakım ve yedek parça maliyetlerinin düşürülmesine de katkı sağlayarak enerji tasarrufu elde edilecektir. Rekabet gücünün artması ve enerji konusunda % 75 dışa bağımlı olan ülkemizde gelirin içeride tutulması ülkemiz ekonomisine de katkı sağlayacağı gibi çevre normlarının gerekliliklerinin sağlanmasına da olumlu etkisi olacaktır.



BÖLÜM 4

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, reçetelerdeki hammaddelerin kullanım oranları değiştirilmiş ve farklı tane boyutlarında albit ve dışarıdan potasyum feldispat ilave edilerek pişme küçülmesi, su emme, deformasyon, genleşme katsayısı, faz analizi ve sinterleme analizleri gerçekleştirilmiştir. Referans reçete dahil olmak üzere dokuz farklı reçete üretilmiştir. R1, R2, R3, R4 nolu reçetelerde farklı tane boyutlarında albit ilavesi yapılmıştır. D1, D2, D3, D4 nolu reçetelerde albit miktarı azaltılarak dışarıdan potasyum feldispat ilavesi yapılmıştır.

4.1 KULLANILAN HAMMADDELERİN KİMYASAL ANALİZLERİ

Tüm hammaddelere ilişkin kimyasal analizler Epsilon 5 XRF cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Hammadde kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Kullanılan hammaddelerin kimyasal analizleri (% ağırlıkça).

Hammadde	A.Z.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	ZrO ₂	ZnO	P ₂ O ₅
Albit	0,4	71	17,5	0,1	0,22	0,85	0,1	9,5	0,2	0	0	0
Kuvars	2,25	92,5	4,75	0,2	0,05	0,05	0,05	0,05	0,2	0	0	0
Kil-1	8	61,5	24,5	2,4	1,2	0,2	0,6	0,12	2,3	0	0	0
Kil-2	9,5	53	30,5	1,85	1,15	0,45	0,55	0,1	2,23	0	0	0
Kil-3	10,5	55,5	28,5	1,6	1,2	0,2	0,5	0,2	1,5	0	0	0
Kaolen-1	15,45	49,59	35,47	0,72	0,48	0,14	0,2	0,15	0,8	0	0	0
Kil-4	10,5	57,5	27,5	1,6	1,2	0,2	0,4	0,2	1,5	0	0	0
Kaolen-2	11,6	47,8	36,5	0,88	0,06	0,04	0,33	0,12	2,5	0	0	0
Potasyum feldispat	0,52	67,41	17,85	0,35	0,02	0,15	0,04	2,81	10,78	0	0	0

4.2 REÇETELERİN HAZIRLANMASI

4.2.1. Reçete İçerikleri

R1, R2, R3, R4 nolu reçetelerde kullanılan albit titreşimli elek makinasında 90-75-63-45 μm elekler kullanılarak farklı tane boyutlarında elde edilmiştir. R1 nolu reçetede 45 μm altı, R2 nolu reçetede 45-63 μm , R3 nolu reçetede ise 63-75 μm , R4 nolu reçetede ise 75-90 μm tane boyutlarında albit kullanılmıştır.



Şekil 4.1 Titreşimli elek makinası.

D1, D2, D3, D4 nolu reçetelerde albit temin edildiği üzere kullanılmış olup tane boyutları için herhangi bir işlem yapılmamıştır, albit miktarı azaltılarak yerine dışarıdan potasyum feldispat ilavesi yapılmıştır.

Çizelge 4.2 Reçete içerikleri (% ağırlıkça).

HAMMADDELER	REFERANS	R1	R2	R3	R4	D1	D2	D3	D4
Albit	36	36	36	36	36	34	32	30	28
Kuars	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Kil-1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Kil-2	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Kil-3	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Kaolen-1	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Kil-4	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Kaolen-2	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Potasyum feldispat	-	-	-	-	-	2	4	6	8

4.2.2. Çamur Hazırlama

Bu çalışmada kullanılan tüm hammaddeler Alvit Bartın Seramik A.ř.'den temin edilmiştir. Çamur hazırlama işlemleri ise Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Metalurji-Malzeme Mühendisliği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Hazırlama aşamasında karıştırıcı (şekil 4.2), hassas terazi (şekil 4.3), hammaddelerin kurutulması için etüv (şekil 4.4), pişirme için fırın (şekil 4.5), numunelerin alma için kalıplar (şekil 4.6), ısıtıcı tablalı manyetik karıştırıcı (şekil 4.7) ve piknometre (şekil 4.8) kullanılmıştır.



şekil 4.2 Dragon Lab OS40-Pro marka karıştırıcı.



şekil 4.3 NS-3200g marka terazi.



Şekil 4.4 Nükleon marka etüv.



Şekil 4.5 Protherm marka fırın.



Şekil 4.6 Numune alma için kullanılan kalıplar.



Şekil 4.7 Isıtıcı tablalı manyetik karıştırıcı.

Tüm reçeteler hazırlanırken 2000 devir karıştırıcı hızında tutulmuş olup yoğunluklar 1800 ± 5 gr/lt baz alınarak hazırlanmış olup 100cc'lik piknometre ile kontrol edilmiştir.



Şekil 4.8 Piknometre.

Çamur karıştırma işlemi esnasında killerin tamamen açılmasını sağlamak amacıyla sodyum silikat deflokülan olarak ilave edilmiştir.

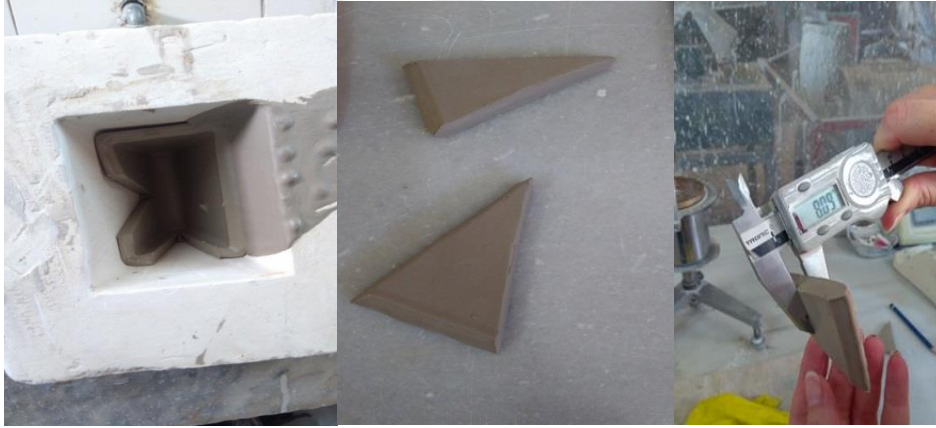
Çamur hazırlama işlemi, öncelikle kil grubu hammaddelerden reçete verilen oranlar doğrultusunda 2000 gr/reçete için tartım işlemi yapılması ile başlar. Alınan kil grubu plastik kovaya alınır, hammaddelerin üzerine 550 ml su ilave edilir ve 45-50 dakika beklenir.

Kil grubu hammaddeler bu suyu emmesi akabinde karışımda toprak kalmayacak şekilde karıştırma işlemi 2000 devirde gerçekleştirilir. Deflokülan karışıma yavaş yavaş ilave edilerek killerin karışım içerisinde tamamen açılması sağlanır. Daha sonra ayrıca tartılmış olan albit,kuvarsa,kaolen ve (reçetede var ise) potasyum feldispat karışımı içerisinde çamur haline gelmiş olan kil grubu-su-deflokülan karışımı bulunan kovaya eklenir. Karışım yine içerisinde toprak kalmayınca kadar karıştırıldıktan sonra kalıplara dökülür. Çamurun katılaşması için 1 saat beklenir ve numuneler kalıplarda çıkarılır.

4.3 REÇETELERİN FİZİKSEL ÖZELLİK TESTLERİ

Reçetelerin pişme küçülmesi ve deformasyon davranışları incelenmiştir.

Döküm işlemi sonrası küçülme testleri için hazırlanan numuneler pişirim öncesi ve önce pişirim sonrası kumpas ile ölçülür. Eşitlik 4.1' de yer alan formüller ile pişme küçülmesi değerleri hesaplanır.



Şekil 4.9 Pişme küçülmesi testi için numuneler.

$$\%Pişme\ Küçülmesi = \frac{\text{İlk boyut} - \text{Son boyut}}{\text{İlk boyut}} \times 100 \quad (4.1)$$

Su emme testi için ise numunelerin ilk ağırlıkları ölçülür. Su emme kazanına konulan numunelerin yüzeyi 2 cm'den fazla su ile doldurulacak şekilde 2 saat kaynatılır. Kaynama süresi sonrasında 20 saat kazan içerisinde soğumaya bırakılır. Toplam 22 saat sonunda numuneler yüzeyindeki su temiz ve nemli bez ile kurularak yeniden tartılır ve su emme değerleri (%) Eşitlik 4.2' deki formül baz alınarak hesaplanır.

$$\%Su\ emme\ miktarı = \frac{w_2 - w_1}{w_2} \times 100 \quad (4.2)$$

Eşitlik 4.2’de;

w_1 : pişirim sonrası kuru parçanın ağırlığı

w_2 : suda bekletme sonrası nemli parçanın ağırlığıdır.

Yüksek sıcaklıklarda reçetelerin göstereceği deformasyonu ölçmek için numuneler 2 saat kalıpta bekletilir. Kalıptan çıkarılan deformasyon numuneleri etüvde 100°C’de 24 saat kurutulur. Numuneler iki ayak üzerine ölçülerek sabit bir şekilde yerleştirilir. Fırında ürünün pişirdiği rejimde pişirilerek iki ayak arasında yaptığı salınım mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.10 Deformasyon testi numuneleri.

4.4 DENEYSEL SONUÇLAR

Bu çalışmada, toplamda referans reçete dahil 9 reçete denemesi yapılmıştır. Referans nolu reçetede tane boyutları sabit tutulmuş ve potasyum feldispat ilavesi yapılmamıştır. R1, R2, R3, R4 nolu reçetelerde kullanılan albit titreşimli elek makinasında 90-75-63-45 µm elekler kullanılarak farklı tane boyutlarında elde edilmiştir. R1 nolu reçetede 45 µm altı, R2 nolu reçetede 45-63 µm, R3 nolu reçetede ise 63-75 µm, R4 nolu reçetede ise 75-90 µm tane boyutlarında albit kullanılmıştır. D1, D2, D3, D4 nolu reçetelerde albit temin edildiği üzere

kullanılmış olup tane boyutları için herhangi bir işlem yapılmamıştır, albit miktarı azaltılarak yerine dışarıdan potasyum feldispat ilavesi yapılmıştır. Akabinde reçetelerin fiziksel, pişme, deformasyon davranışları incelenmiştir.

Hazırlanan reçetelerin pişme küçülmesi sonuçları Çizelge 4.3 ve 4.4’ de verilmiştir.

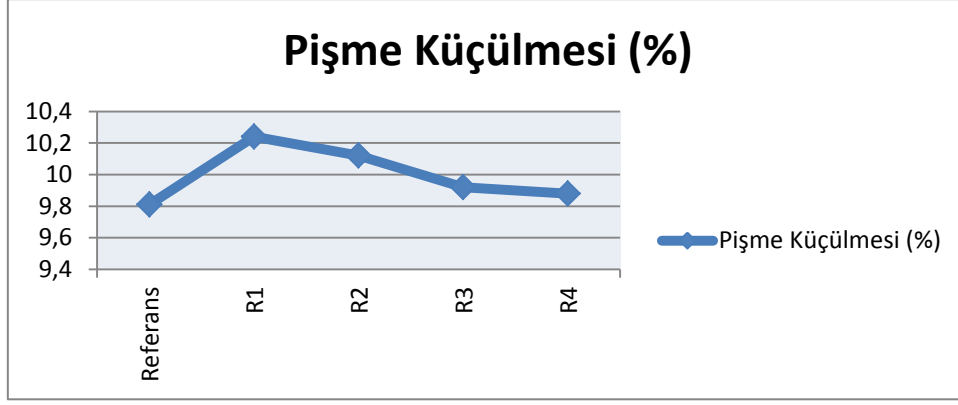
Çizelge 4.3 R grubu reçetelerin pişme küçülmesi test sonuçları (%).

REÇETE KODU	Pişme Küçülmesi (%)
REFERANS	9,81
R1	10,24
R2	10,12
R3	9,92
R4	9,88

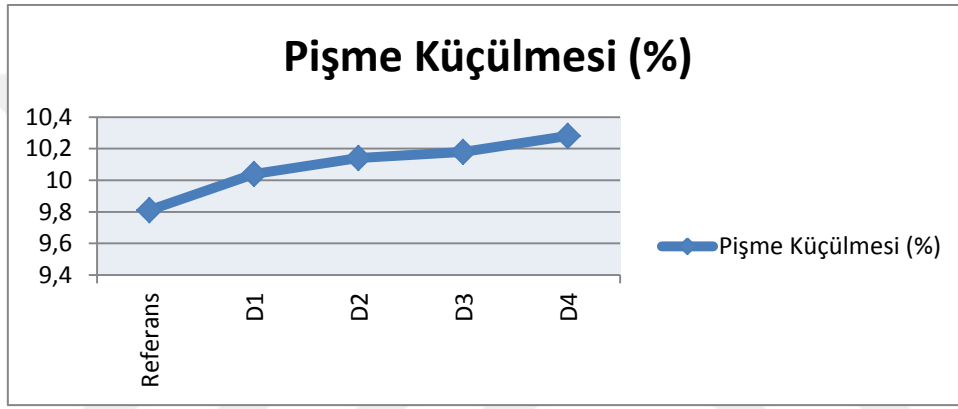
Çizelge 4.4 D grubu reçetelerin pişme küçülmesi test sonuçları (%).

REÇETE KODU	Pişme Küçülmesi (%)
REFERANS	9,81
D1	10,04
D2	10,14
D3	10,18
D4	10,28

Şekil 4.11’ de farklı tane boyutlu albit kullanımı ve Şekil 4.12’ de potasyum feldispat ilavesi ile küçülme değerleri arasındaki ilişki verilmiştir. Reçete sonuçları, referans reçete ile kıyaslandığında R4 (75-90 μm)’ten R1 (45 μm altı)’e gittikçe yani tane boyutu küçüldükçe pişme küçülmesi değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. D1, D2, D3, D4 nolu reçetelerde potasyum feldispat ilave yapılan reçeteler referans reçete ile kıyaslandığında potasyum feldispat miktarı arttıkça pişme küçülmesinin arttığı gözlemlenmiştir. Tane boyutu küçüldükçe ve potasyum feldispat miktarı arttıkça, pişme küçülmesinin artması ürünün çok iyi sinterlendiğinin bir göstergesi olup amaçlanan sonuçlara ulaşıldığını göstermektedir.



Şekil 4.11 R grubu reçetelerin küçülme değerleri ilişkisi.



Şekil 4.12 D grubu reçetelerin küçülme değerleri ilişkisi.

Hazırlanan reçetelerin su emme sonuçları Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6' da verilmiştir.

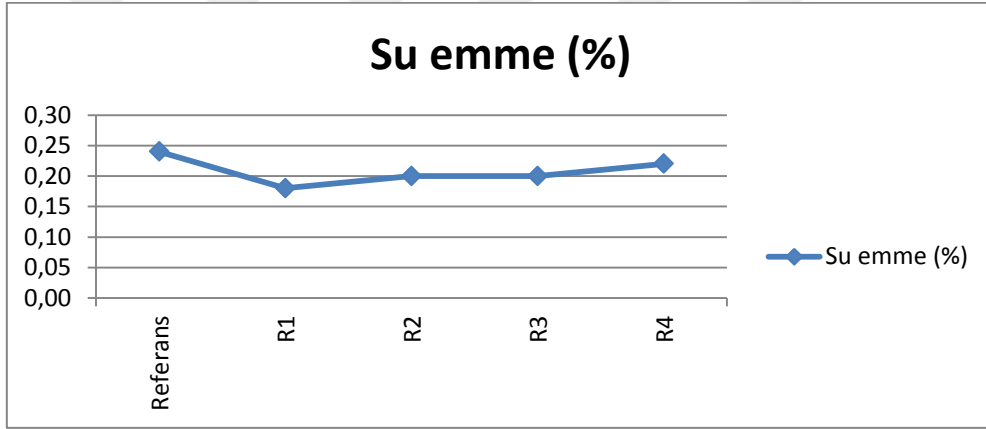
Çizelge 4.5 R grubu reçetelerin su emme sonuçları (%).

REÇETE KODU	REFERANS	R1	R2	R3	R4
Su Emme (%)	0,24	0,18	0,20	0,20	0,22

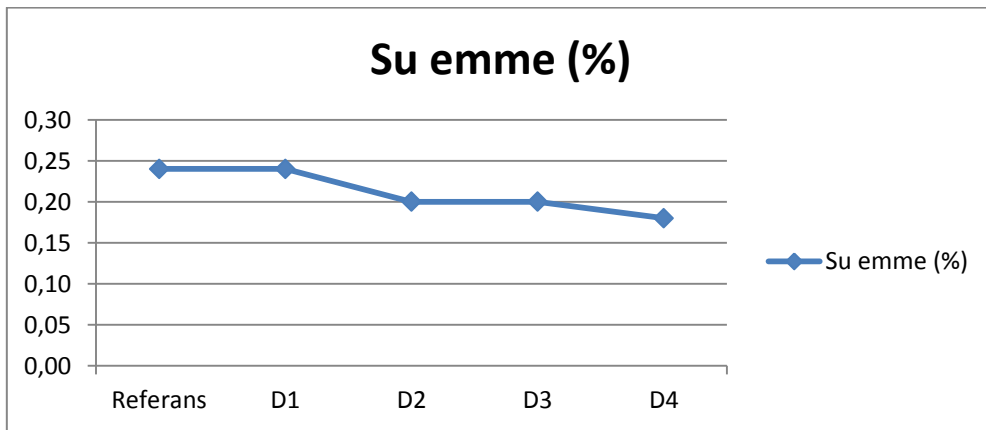
Çizelge 4.6 D grubu reçetelerin su emme sonuçları (%).

REÇETE KODU	REFERANS	D1	D2	D3	D4
Su Emme (%)	0,24	0,24	0,20	0,20	0,18

Şekil 4.13' de farklı tane boyutlu albit kullanımı ve Şekil 4.14' te potasyum feldispat ilavesi ile su emme değerleri ilişkisi verilmiştir. Reçete sonuçları, referans reçete ile kıyaslandığında R4 (75-90 µm)'ten R1 (45 µm altı)'e gittikçe yani tane boyutu küçüldükçe su emme değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. D1, D2, D3, D4 nolu reçetelerde potasyum feldispat ilave yapılan reçeteler referans reçete ile kıyaslandığında su emme değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Tane boyutu küçüldükçe ve potasyum feldispat miktarı arttıkça su emmenin düşmesi porların kapandığının ve ürünün çok iyi sinterlendiğinin bir göstergesi olup amaçlanan sonuçlara ulaşıldığını göstermektedir. Feldispat reçetelerde ergitici olarak kullanılıyor olup oluşturduğu camı faz pişme sırasında porozitenin azalmasını ve porların kapanarak kompaktlığın artmasını sağlar. Artan potasyum feldispat ile su emme değerlerinin düşüyor olması, potasyum feldispatın sodyum feldispat/albite göre daha yüksek erime sıcaklığına sahip olup daha fazla viskoz cam oluşturması olarak düşünülmektedir.



Şekil 4.13 R grubu reçetelerin su emme değerleri ilişkisi.



Şekil 4.14 D grubu reçetelerin su emme değerleri ilişkisi.

Hazırlanan reçetelerin deformasyon sonuçları Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’ de verilmiştir.

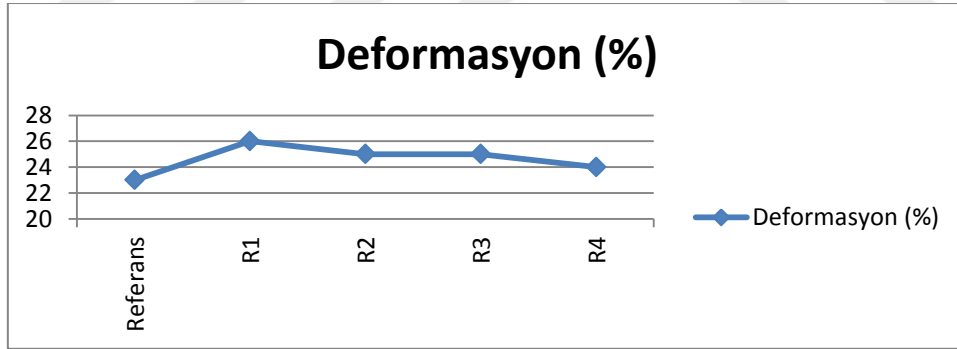
Çizelge 4.7 R grubu reçetelerin deformasyon sonuçları (%).

REÇETE KODU	REFERANS	R1	R2	R3	R4
Deformasyon (mm)	23	26	25	25	24

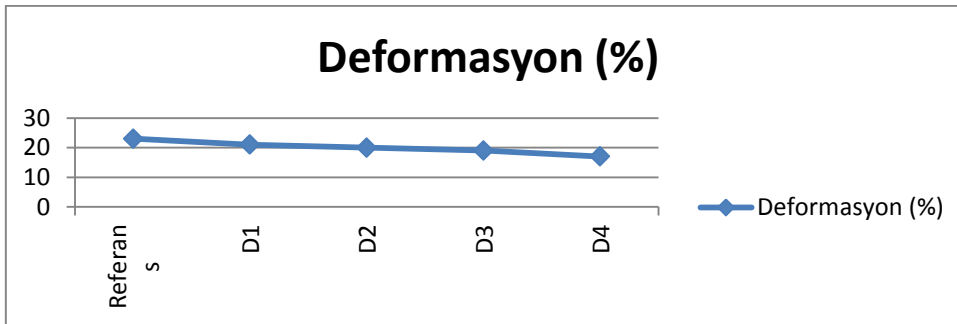
Çizelge 4.8 D grubu reçetelerin deformasyon sonuçları (%).

REÇETE KODU	REFERANS	D1	D2	D3	D4
Deformasyon (mm)	23	21	20	19	17

R1, R2, R3 ve R4 reçetelerine ilişkin deformasyon sonuçları referans reçete ile kıyaslanarak değerlendirildiğinde tane boyutu küçüldükçe deformasyonun arttığı tespit edilmiştir. Referans reçete ile kıyaslandığında dışarıdan potasyum feldispat ilavesi yapılan D1, D2, D3, D4 nolu reçetelerde deformasyonun azaldığı tespit edilmiştir. Potasyum feldispat oluşturduğu viskoz cam ve dışarıdan ilave potasyum feldispat ilavesi ile artan K_2O oranı ile deformasyona karşı direncin arttığı düşünülmektedir (Tarhan 2019).



Şekil 4.15 R grubu reçetelerin deformasyon değerleri ilişkisi.



Şekil 4.16 D grubu reçetelerin deformasyon değerleri ilişkisi.

Hazırlanan reçetelerin termal genleşme katsayıları Netzsch DIL 402 EP dilatometre cihazı ile elde edilmiştir. Seramik bünyelerde 573°C’de α - kuvarsın β -kuvarsa dönüşümü gerçekleştiği için, bu sıcaklıkta bünyede yer alan kalıntı kuvars ısı genleşme katsayısı üzerinde etkilidir (Tarhan 2019). Bu sebeple reçetelerin 600°C’deki termal genleşme katsayıları (α_{600}) Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10’ da ve değişim grafikleri Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de, dilatometre eğrileri Şekil 4.19 – Şekil 4.27’ de verilmiştir.

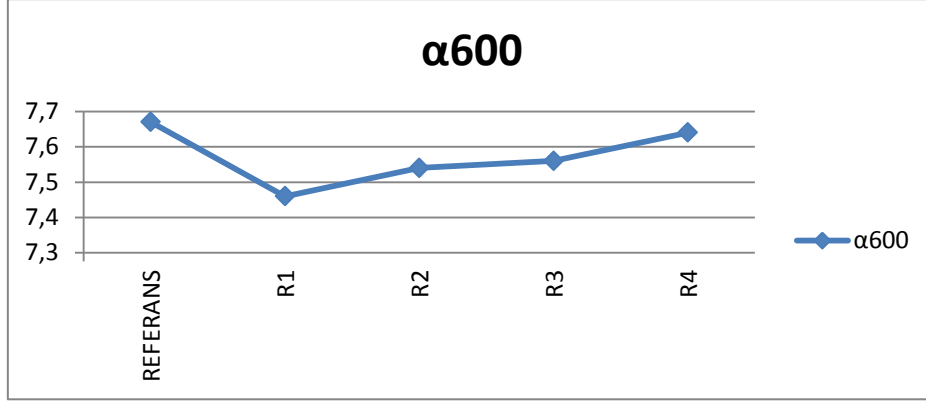
Çizelge 4.9 R grubu reçetelerin termal genleşme katsayıları ($\times 10^{-6}$).

REÇETE KODU	α_{600} ($\times 10^{-6}$)
REFERANS	7,67
R1	7,46
R2	7,54
R3	7,56
R4	7,64

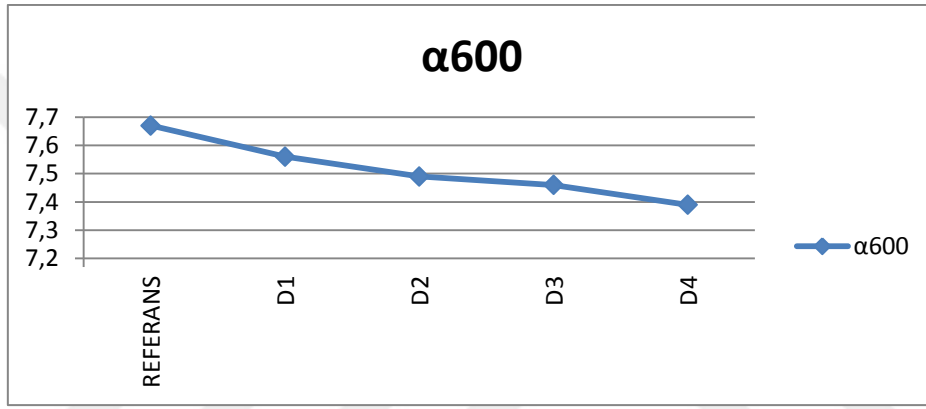
Çizelge 4.10 D grubu reçetelerin termal genleşme katsayıları ($\times 10^{-6}$).

REÇETE KODU	α_{600} ($\times 10^{-6}$)
REFERANS	7,67
D1	7,56
D2	7,49
D3	7,46
D4	7,39

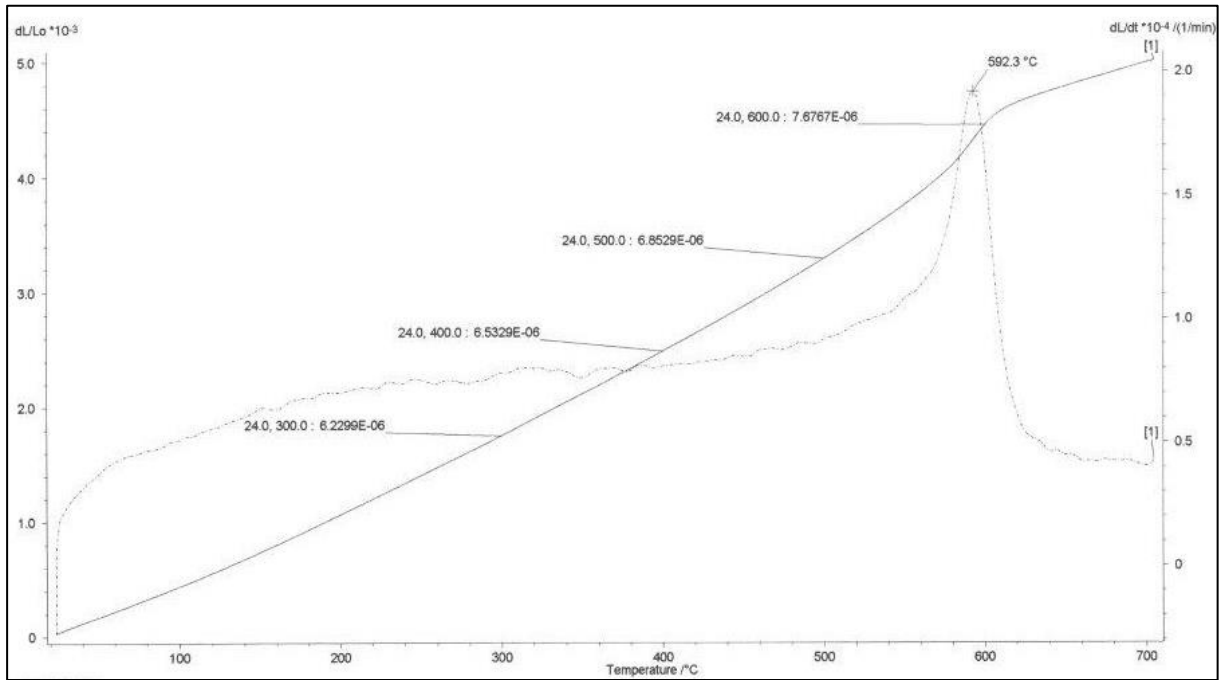
Seramik bünyenin termal genleşmesini serbest haldeki kuvars belirler. Seramik bünyede reaksiyona girmeyen kalıntı kuvars var ise yani kalıntı kuvars miktarı ve boyutu ne kadar fazla ise bünyenin genleşme değeri de o kadar artacaktır. Ayrıca, termal genleşme katsayısının düşük olması termal şok direncini yükseltir ve sır ile bünye arasında oluşabilecek gerilmeleri minimuma indirir (Yüksel 2007). Tane boyutunun küçülmesi ve ilave ergitici potasyum feldispat girilmesi ile reaksiyon hızı artacağından sistemde kalıntı kuvars miktarının azaldığı öngörülerek termal genleşme katsayılarının düştüğü gözlemlenmiştir.



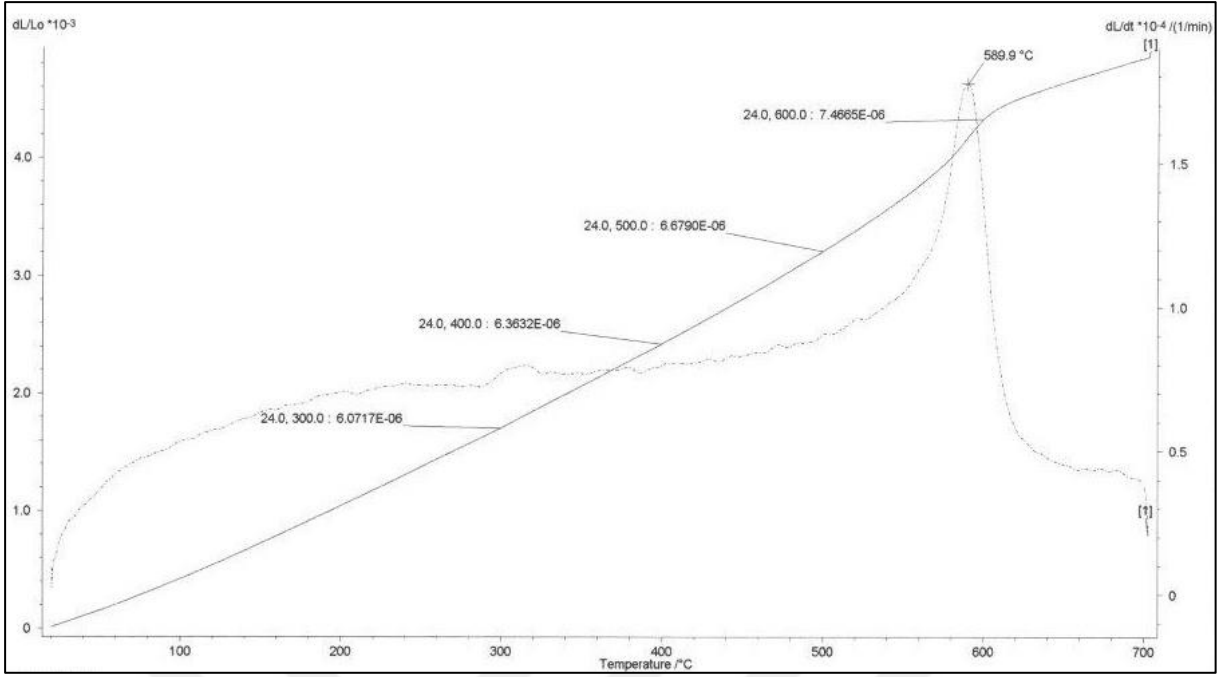
Şekil 4.17 R grubu reçetelerin reçetelerin termal genişleme katsayıları değişimi.



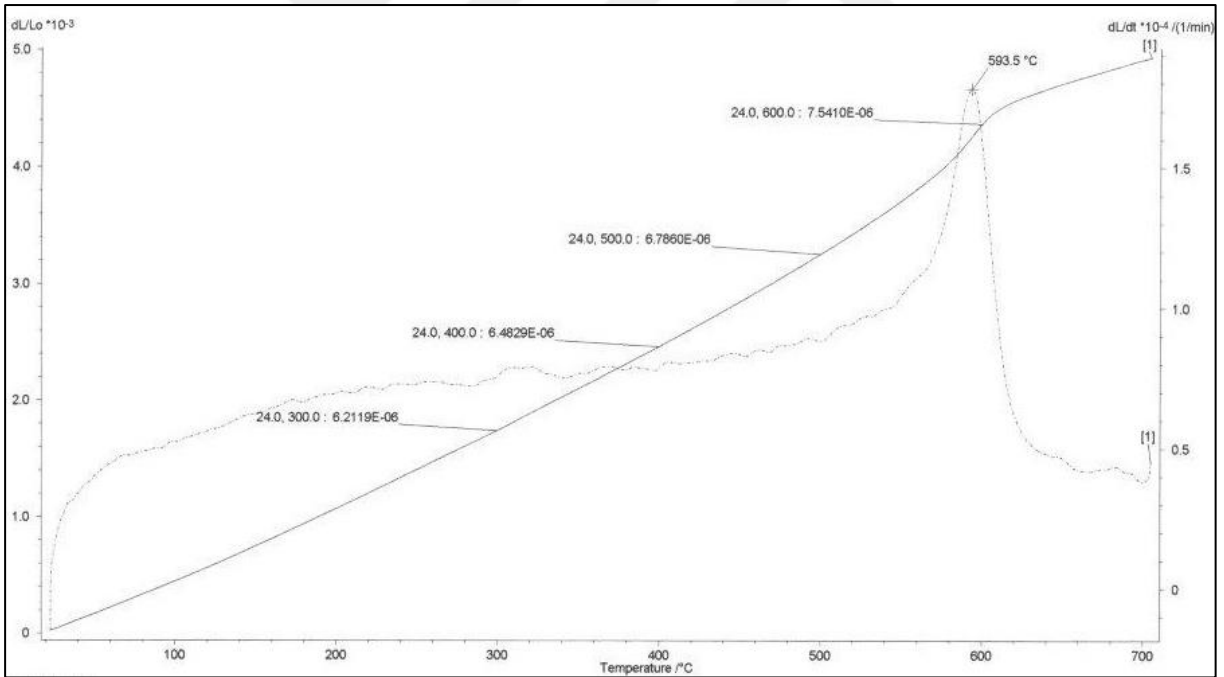
Şekil 4.18 D grubu reçetelerin reçetelerin termal genişleme katsayıları değişimi.



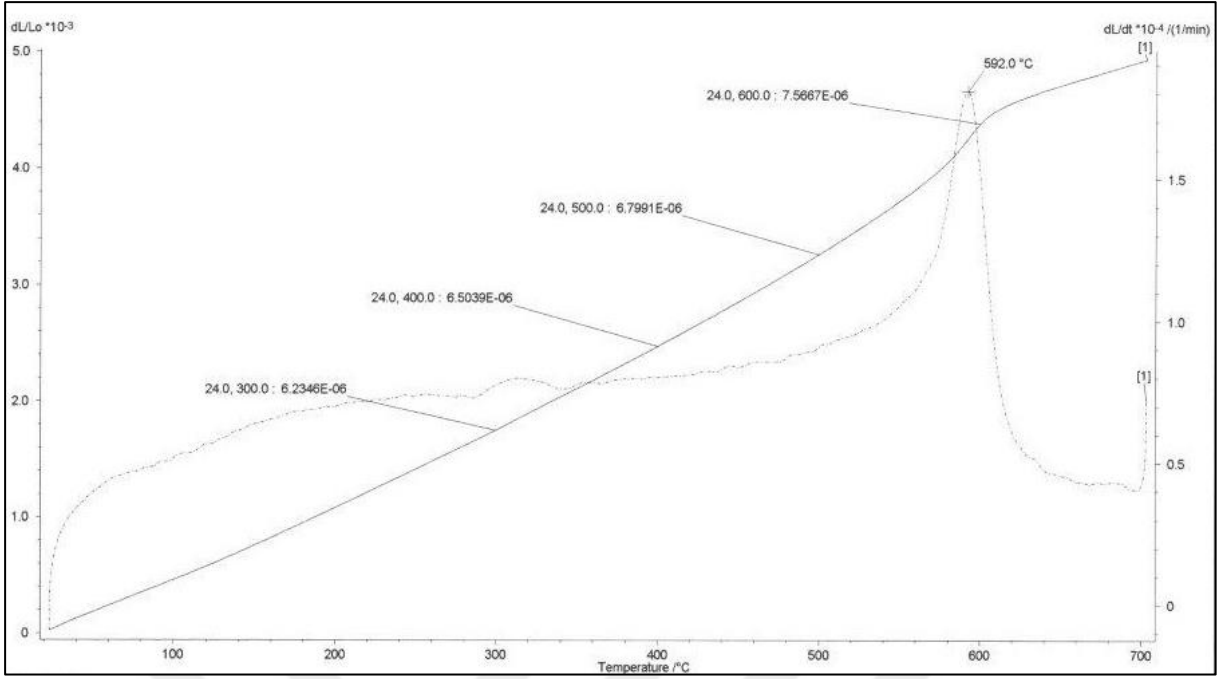
Şekil 4.19 Referans reçete termal genişleme katsayısı grafiği.



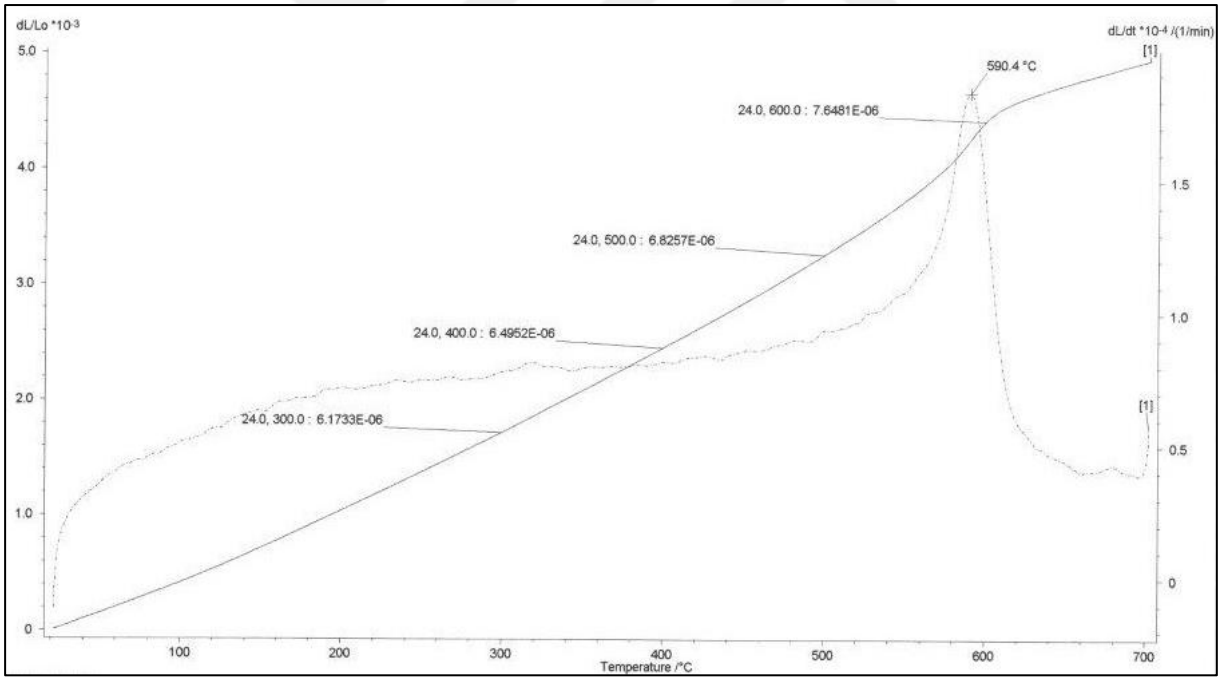
Şekil 4.20 R1 reçete termal genişleme katsayısı grafiği.



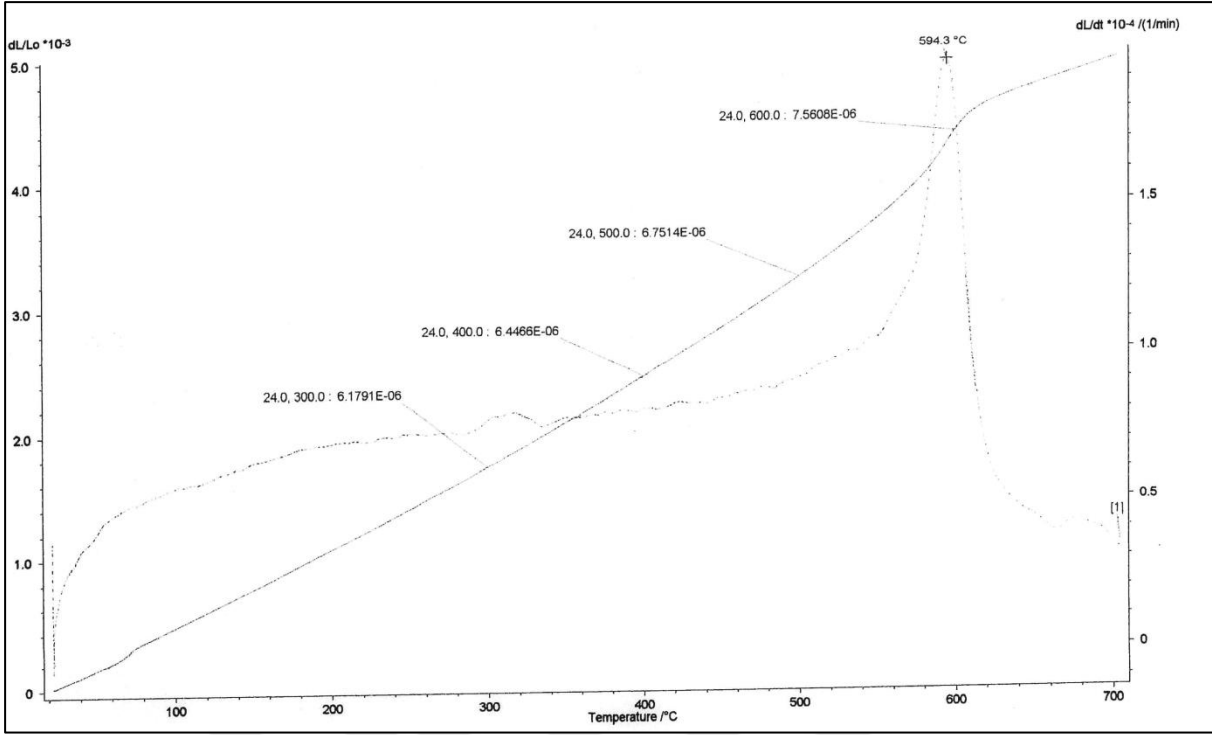
Şekil 4.21 R2 reçete termal genişleme katsayısı grafiği.



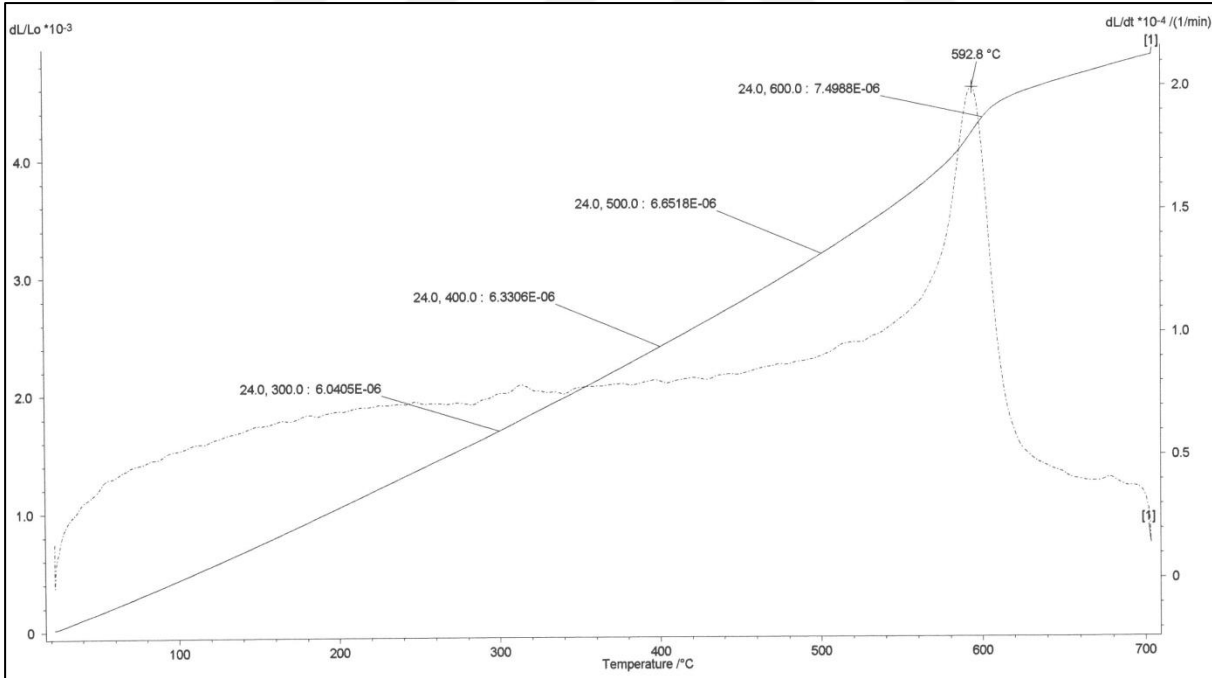
Şekil 4.22 R3 reçete termal genişleme katsayısı grafiği.



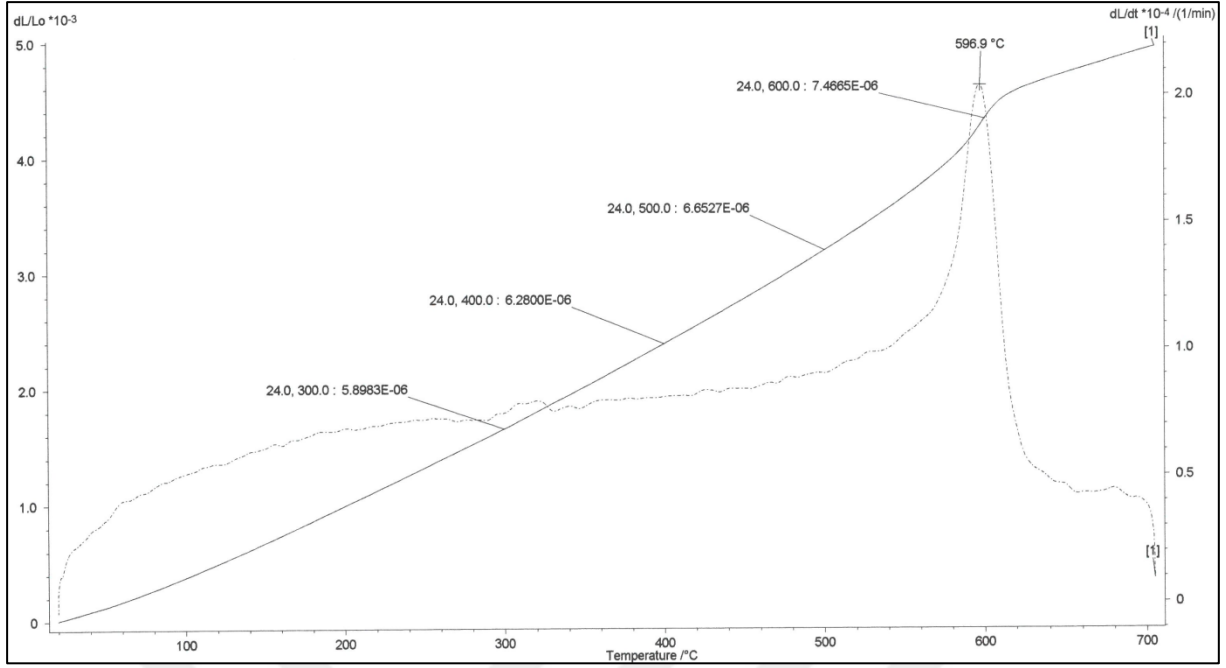
Şekil 4.23 R4 reçete termal genişleme katsayısı grafiği.



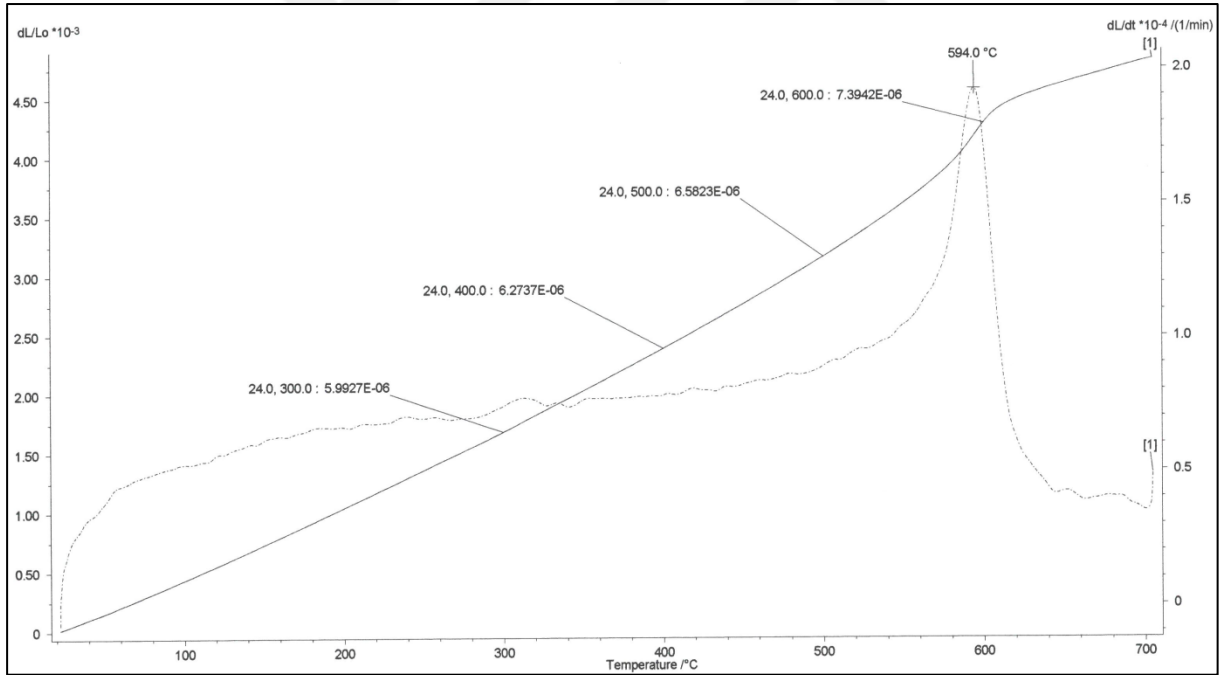
Şekil 4.24 D1 reçete termal genişleme katsayısı grafiği.



Şekil 4.25 D2 reçete termal genişleme katsayısı grafiği.

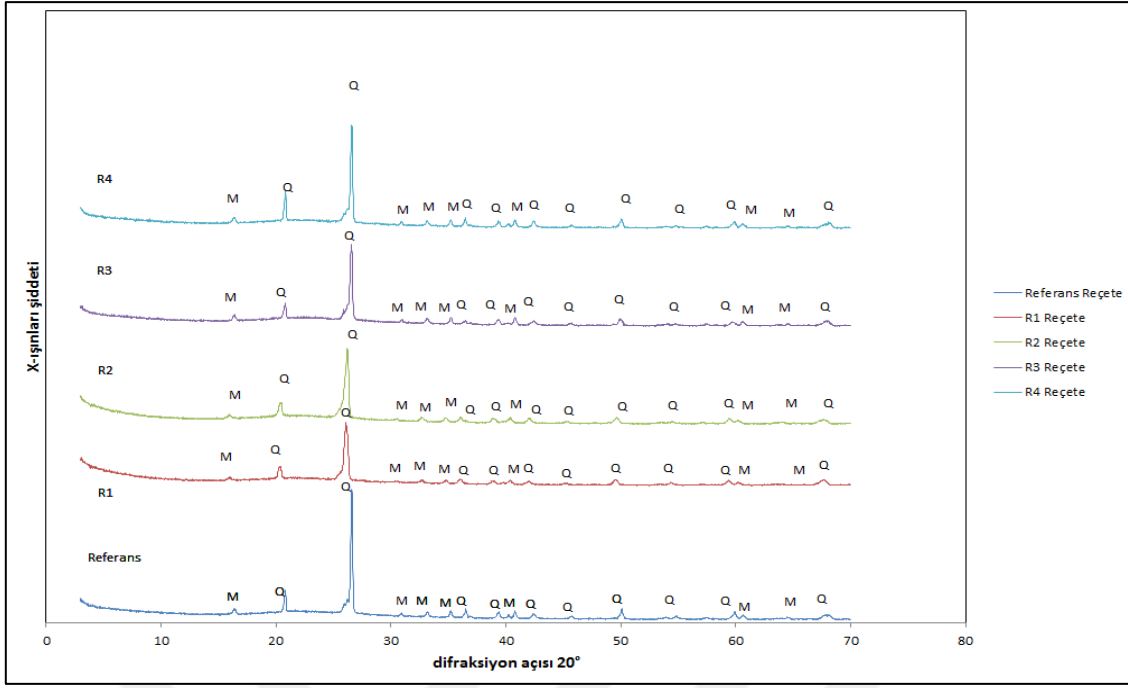


Şekil 4.26 D3 reçete termal genişleme katsayısı grafiği.

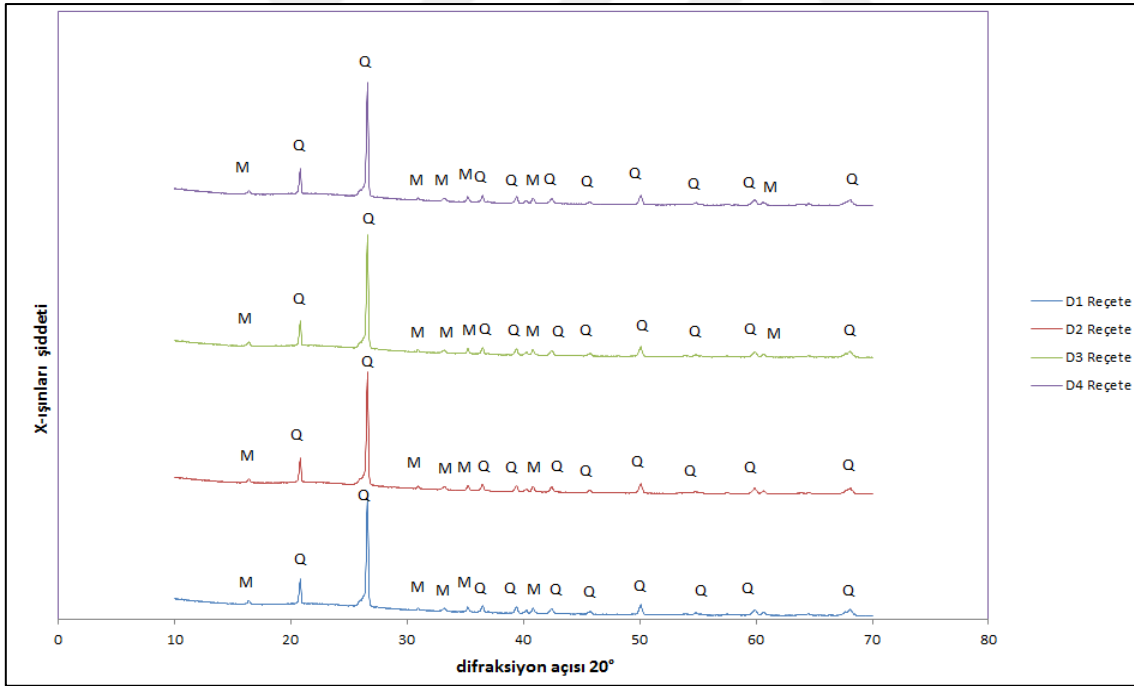


Şekil 4.27 D4 reçete termal genişleme katsayısı grafiği.

Hazırlanan reçetelerin XRD grafikleri Panalytical marka Empeyan CU LFF HR Target model cihaz ile elde edilmiştir. Analiz grafikleri Şekil 4.28 ve Şekil 4.29’ da verilmiştir.



Şekil 4.28 R grubu reçetelerin XRD grafiği.



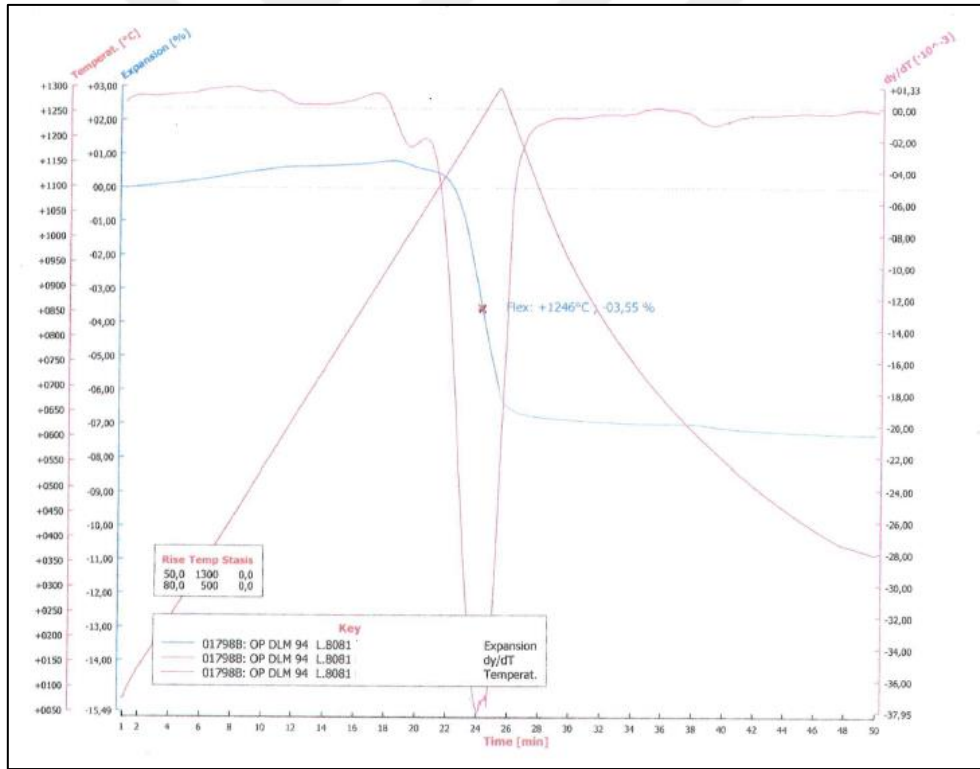
Şekil 4.29 D grubu reçetelerin XRD grafiği.

Hazırlanan reçeteler 1245°C’de Protherm fırında pişirilmiştir. Çizelge 4.11’ de sıcaklıklar ve ısıtma/soğutma hızları ile toplam süreler verilmiştir. Toplam pişirme süresi 1058 dak (17 saat 38 dak) olarak gerçekleşmiştir.

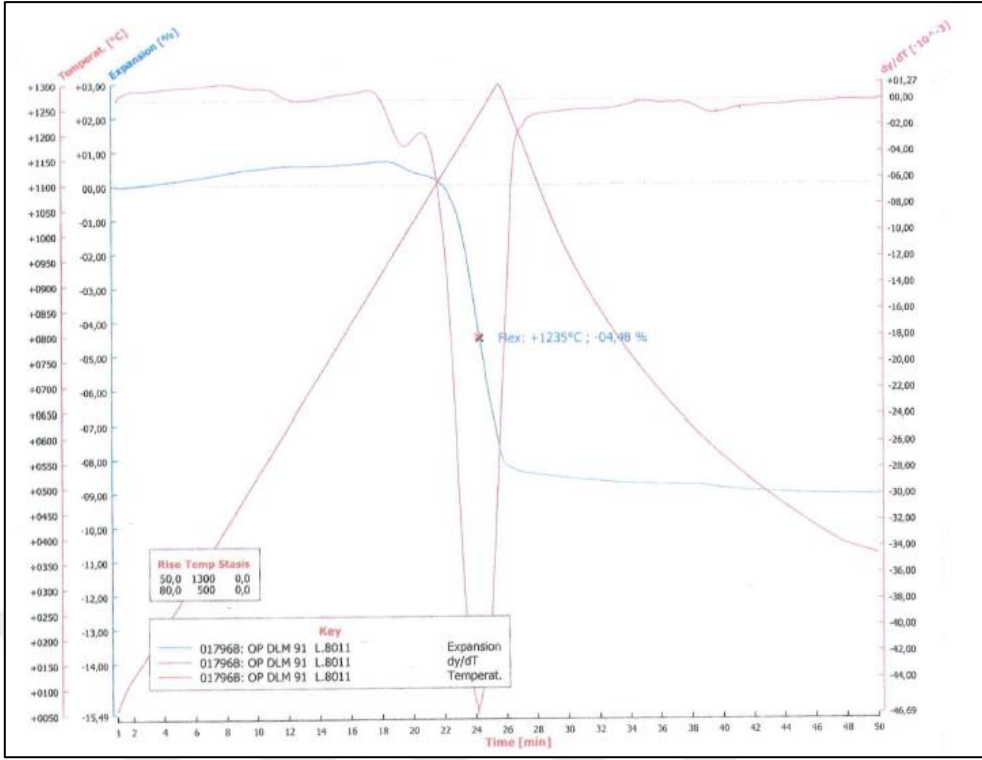
Çizelge 4.11 Pişirim proses parametreleri.

Sıcaklık (°C)	Isıtma/Soğutma hızı (°C/dak)	Süre (dak)
0-550°C	3°C/dak (ısıtma)	183 dak
550°C	3°C/dak (ısıtma)	183 dak
550-650°C	2°C/dak (ısıtma)	50 dak
650-1245°C	3°C/dak (ısıtma)	198 dak
1245°C	Bekleme	20 dak
1245-650°C	3°C/dak (soğutma)	198 dak
650-550°C	2°C/dak (soğutma)	50 dak
550-20°C	3°C/dak (soğutma)	176 dak

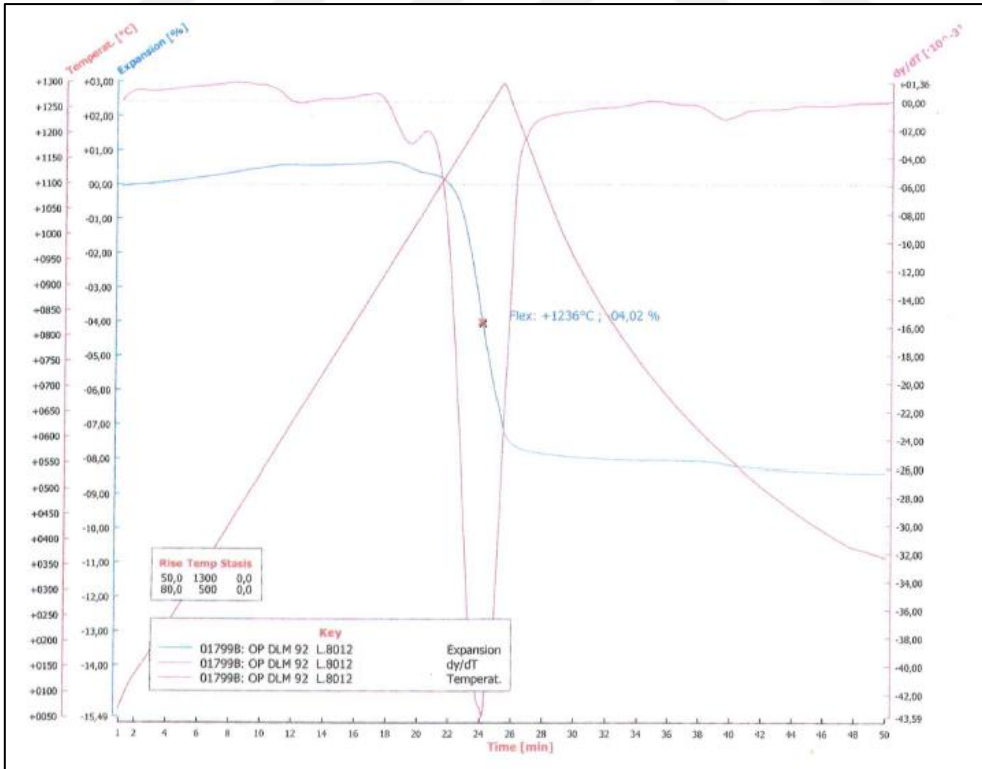
Hazırlanan reçetelerin optik dilatometre ile sinterleme analizleri Misura ODHT 1600/80 cihazı ile yapılmıştır. Analiz grafikleri Şekil 4.30 – Şekil 4.38’ de verilmiştir.



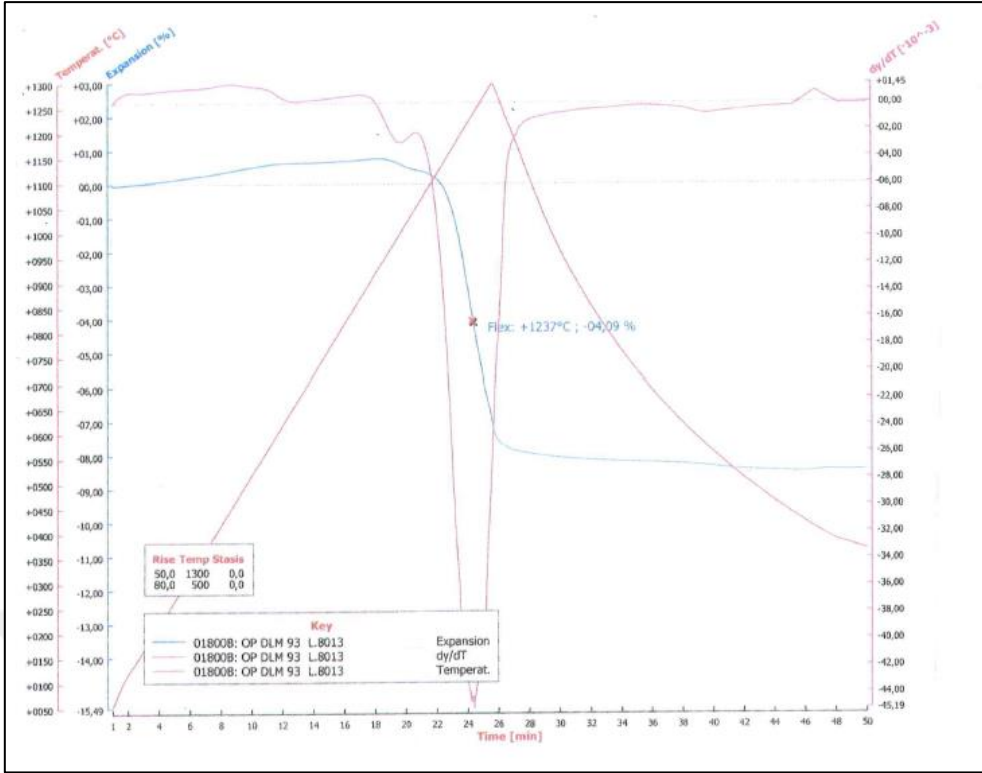
Şekil 4.30 Referans reçete sinterleme grafiği.



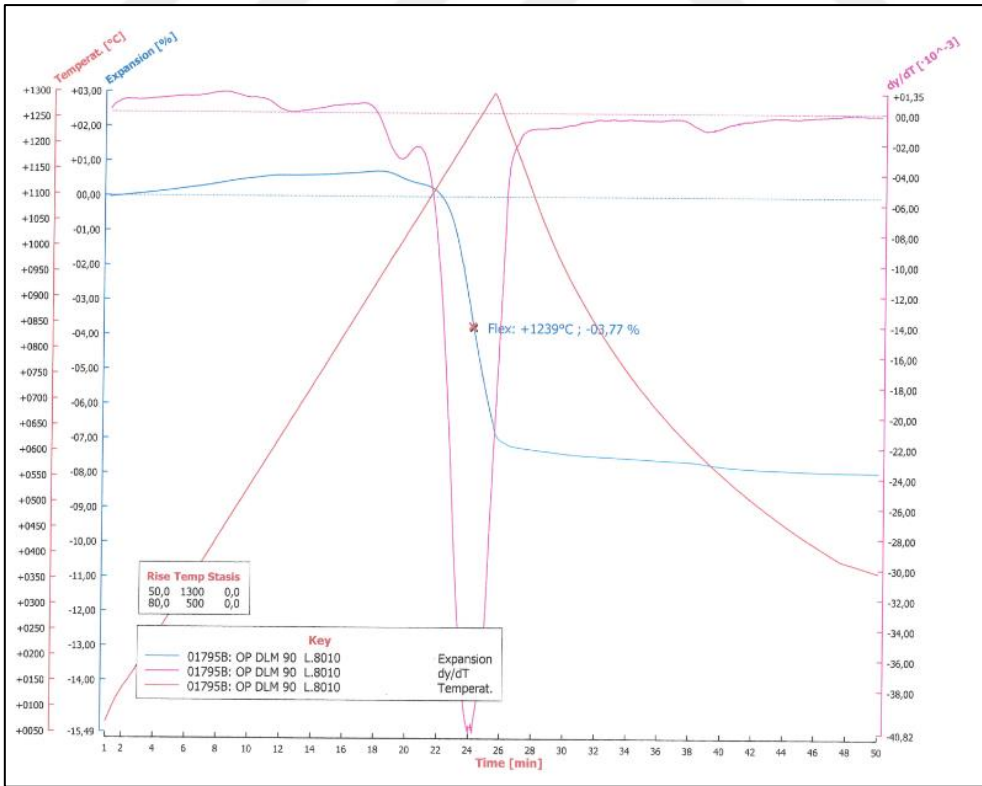
Şekil 4.31 R1 reçete sinterleme grafiği.



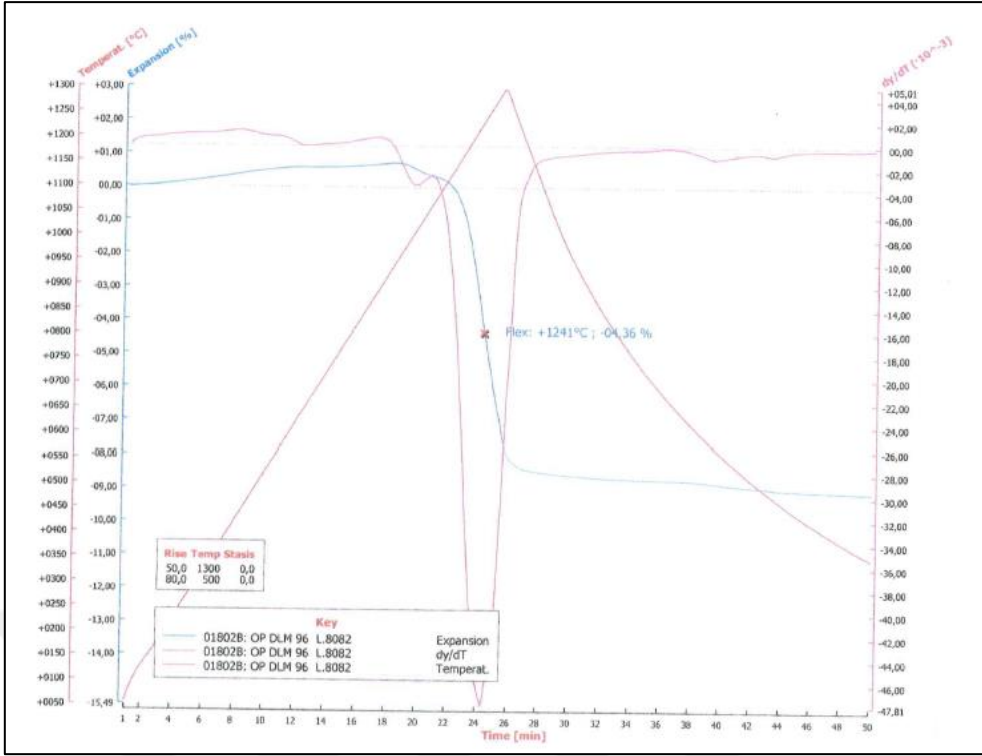
Şekil 4.32 R2 reçete sinterleme grafiği.



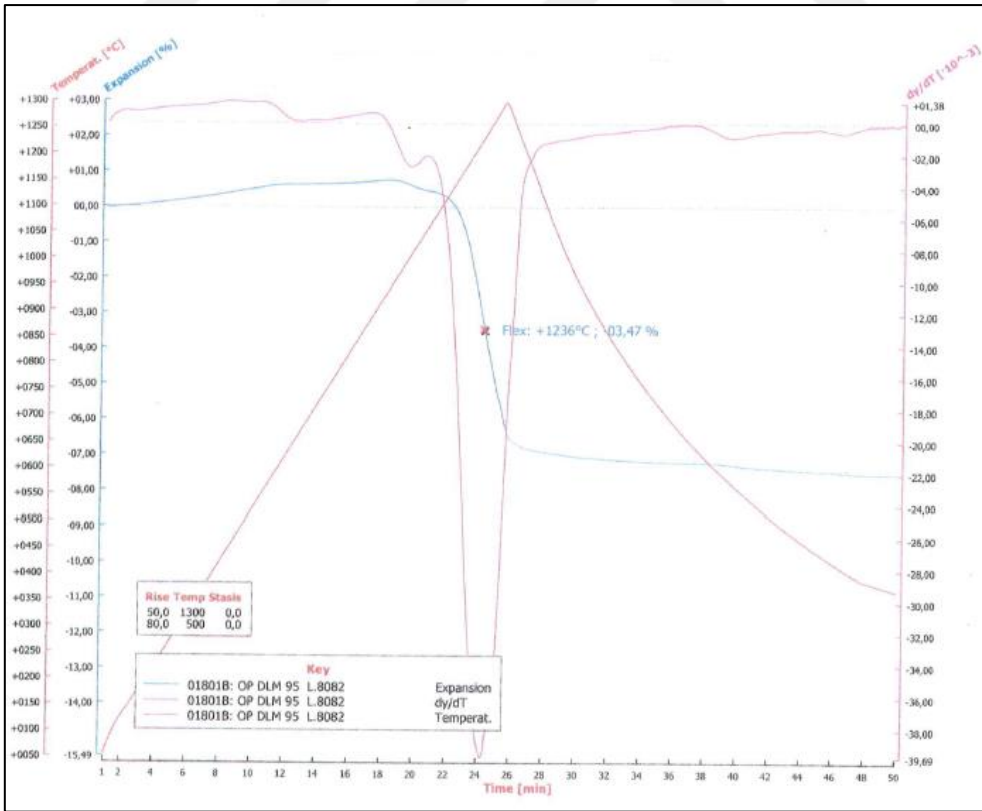
Şekil 4.33 R3 reçete sinterleme grafiği.



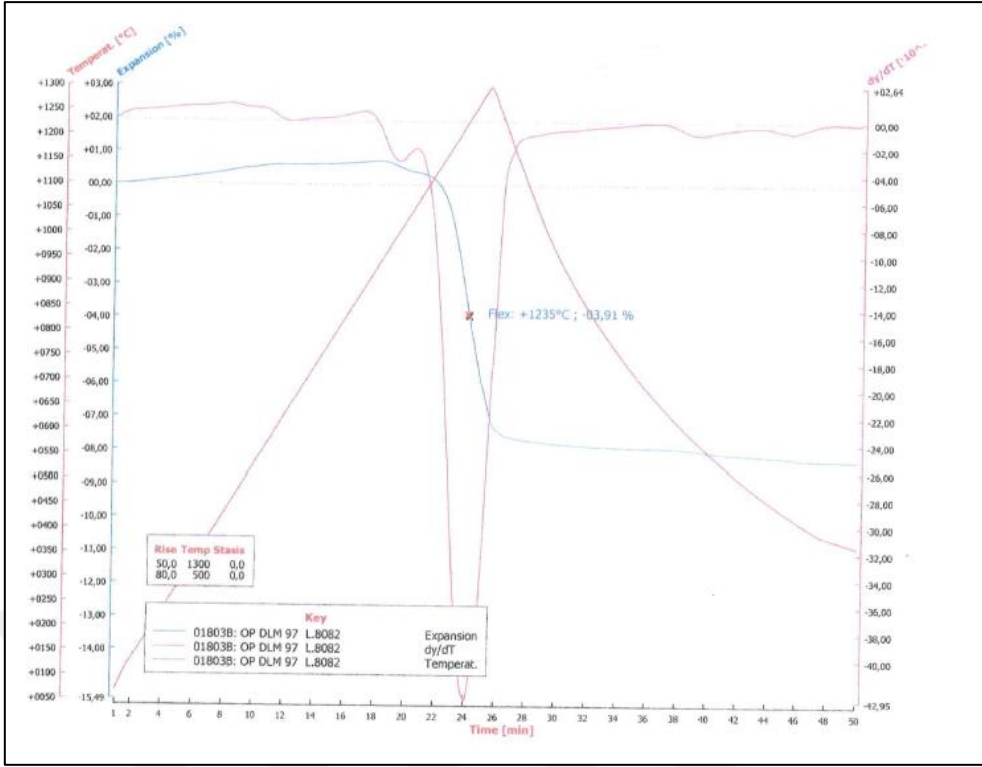
Şekil 4.34 R4 reçete sinterleme grafiği.



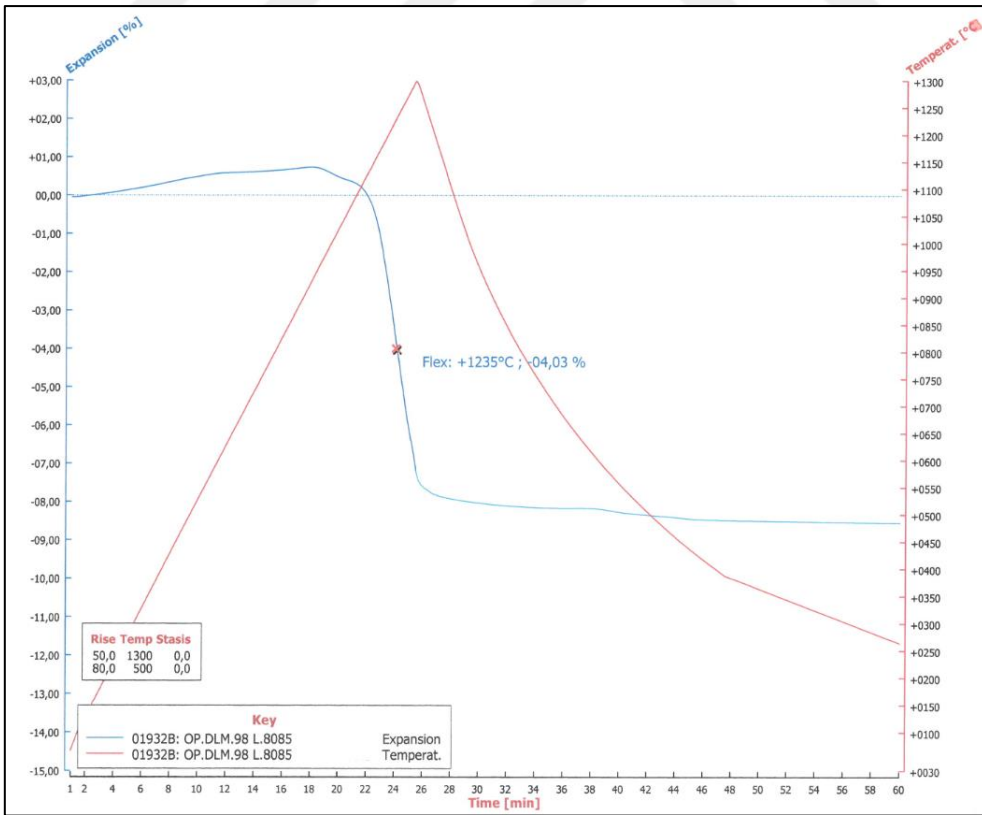
Şekil 4.35 D1 reçete sinterleme grafiği.



Şekil 4.36 D2 reçete sinterleme grafiği.



Şekil 4.37 D3 reçete sinterleme grafiği.



Şekil 4.38 D4 reçete sinterleme grafiği.

Hazırlanan reçeteler 1245°C’de Protherm fırında pişirilmiş olup sinterleme grafiklerinden alınan sinterleme sıcaklıkları Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13’te verilmiştir. Numunelerin sinterleme sıcaklıkları flex noktası ile tespit edilmiş olup flex noktası sinterlemenin en hızlı olduğu noktayı ifade etmektedir.

Çizelge 4.12 R grubu reçetelerin sinterleme sıcaklıkları.

Reçete no	Sinterleme sıcaklığı (°C)
Referans reçete	1245 °C
R1 (45mikron altı)	1235 °C
R2 (45-63 mikron)	1236 °C
R3(63-75 mikron)	1237 °C
R4 (75-90 mikron)	1239 °C

Çizelge 4.13 D grubu reçetelerin sinterleme sıcaklıkları.

Reçete no	Sinterleme sıcaklığı (°C)
Referans reçete	1245 °C
D1 (%2 pot.feld)	1241 °C
D2 (%4 pot.feld)	1236 °C
D3 (%6 pot.feld)	1235 °C
D4 (%8 pot.feld)	1235 °C

BÖLÜM 5

GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada seramik sağlık gereçleri üretiminde pişirme sürelerinin kısaltılmasına bağlı enerji tasarrufu sağlayan kompozisyonların geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda farklı tane boyutunda elde edilen albit ile dışarıdan potasyum feldispat ilavesi yapılarak farklı reçeteler oluşturularak analizler gerçekleştirilmiştir.

Önce tane boyutunda herhangi bir ayrıştırma yapılmamış albit ve içerisinde potasyum feldispat bulunmayan referans reçete oluşturulmuştur.

DeneySEL çalışmaların ilk bölümünde farklı tane boyutunda albit ilavesiyle oluşturulan reçeteler ile başlanmıştır. R1 reçetesi 45 µm altı, R2 reçetesi 45-63 µm, R3 reçetesi 63-75 µm, R4 reçetesi 75-90 µm tane boyutlarında albit içermektedir. Reçete içeriklerinde (%) herhangi bir değişiklik yapılmamakla birlikte; R1, R2, R3, R4 nolu reçetelerde albit hariç diğer hammaddelerin tane boyutlarında herhangi bir farklılık bulunmamaktadır.

1. R1, R2, R3 ve R4 reçetelerine ilişkin pişme küçülmesi sonuçları referans reçete ile kıyaslanarak değerlendirildiğinde tane boyutu küçüldükçe pişme küçülmesinin arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuç ile tane boyutu küçüldükçe, reaksiyonun ve sinterleme mekanizmasının ergitici gücünün arttığı görülmüştür.

2. R1, R2, R3 ve R4 reçetelerine ilişkin su emme sonuçları referans reçete ile kıyaslanarak değerlendirildiğinde tane boyutu küçüldükçe su emme değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Daha erken reaksiyona girebilme kabiliyeti ile porların kapandığı ve su emmenin azaldığı belirlenmiştir.

3. R1, R2, R3 ve R4 reçetelerine ilişkin deformasyon sonuçları referans reçete ile kıyaslanarak değerlendirildiğinde tane boyutu küçüldükçe deformasyonun arttığı tespit edilmiştir.

4. R1, R2, R3 ve R4 reçetelerine ilişkin termal genleşme katsayıları sonuçları referans reçete ile kıyaslanarak değerlendirildiğinde tane boyutu küçüldükçe termal genleşme katsayısının düştüğü tespit edilmiştir.

5. Albit tane boyutu küçüldükçe sinterleme sıcaklıklarının düştüğü ve sinterleme sıcaklıklarının referans reçeteye göre 6-10°C arasında iyileşme sağlandığı optik dilatometre ile tespit edilmiştir. Referans reçetede sinterleme sıcaklığı 1245°C olarak ölçülmüş olup deney sonuçları da incelendiğinde 10°C'lik iyileştirme elde edildiği görülmüştür.

Pişme küçülmesi, su emme, deformasyon testleri ile termal genleşme katsayıları değerlendirildiğinde analiz sonuçlarının referans reçete ile kıyaslandığında albit tane boyutlarının düşürülmesi ile daha iyi sinterleme sıcaklıkları elde edilebildiği gözlemlenmiştir. Standardın gereklilikleri düşünülerek toleranslar baz alındığında sinterleme sıcaklıklarında 6-10°C'lik iyileştirmenin yapılabileceği sonucuna varılmıştır. Deformasyon testi sonuçları da dikkate alındığında, endüstride daha küçük ebatlı ürünler için reçete kompozisyonları kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Deneysel çalışmaların ikinci bölümünde enerji tasarrufuna yönelik seramik sağlık gereçlerinde harici olarak potasyum feldispat ilavesi yapılarak reçete kompozisyonu gerçekleştirilmiştir. Albit miktarı azaltılarak aynı oranda dışarıdan potasyum ilavesi yapılarak oluşturulan D1, D2, D3, D4 reçetelerine sırasıyla % 2 - % 4 - % 6 - % 8 oranlarında ilaveler yapılmıştır. Tüm hammaddelere ilişkin tane boyutlarında herhangi bir farklılık bulunmamaktadır. Albit ve potasyum feldispat hariç diğer hammadde oranlarında bir değişiklik yapılmamıştır.

1. D1, D2, D3 ve D4 reçetelerine ilişkin potasyum feldispat miktarı arttıkça, pişme küçülmesinin arttığı tespit edilmiştir. Pişme küçülmesinin artması ürünün çok iyi sinterlendiğinin bir göstergesi olup amaçlanan sonuçlara ulaşıldığını göstermektedir.

2. D1, D2, D3, D4 nolu reçetelerde potasyum feldispat ilave yapılan reçeteler referans reçete ile kıyaslandığında su emme değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Potasyum feldispat miktarı arttıkça su emmenin düşmesi porların kapandığının ve ürünün çok iyi sinterlendiğinin bir göstergesi olup amaçlanan sonuçlara ulaşıldığını göstermektedir.

3. D1, D2, D3 ve D4 reçetelerine ilişkin deformasyon sonuçları referans reçete ile kıyaslanarak değerlendirildiğinde artan potasyum feldispat miktarı ile deformasyonun azaldığı tespit edilmiştir. Potasyum feldispat ilavesi ile artan K_2O oranı ile deformasyona karşı direncin arttığı düşünülmektedir.

4. D1, D2, D3 ve D4 reçetelerine ilişkin termal genleşme katsayıları sonuçları referans reçete ile kıyaslanarak değerlendirildiğinde potasyum feldispat ilavesinin artması ile termal genleşme katsayısının düştüğü tespit edilmiştir.

5. Dışarıdan potasyum feldispat ilavesi ile sinterleme sıcaklıklarının referans reçeteye göre $4-10^{\circ}C$ arasında iyileşme sağlandığı optik dilatometre ile tespit edilmiştir. Referans reçetede sinterleme sıcaklığı $1245^{\circ}C$ olarak ölçülmüş olup deney sonuçları da incelendiğinde $10^{\circ}C$ 'lik iyileştirme elde edildiği görülmüştür.

Pişme küçülmesi, su emme, deformasyon testleri ile termal genleşme katsayıları değerlendirildiğinde analiz sonuçlarının referans reçete ile kıyaslandığında potasyum feldispat ilavesi ile daha iyi sinterleme sıcaklıkları elde edilebildiği gözlemlenmiştir. Standardın gereklilikleri düşünülerek toleranslar baz alındığında sinterleme sıcaklıklarında $4-10^{\circ}C$ 'lik iyileştirmenin yapılabileceği sonucuna varılmıştır. Deformasyon testi sonuçları da dikkate alındığında, potasyum feldispat ilavesi ile referans reçeteye kıyasla daha iyi sonuçlar elde edilmiş olup endüstride daha büyük ebatlı ürünler için reçete kompozisyonları kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Deneyel çalışmaların ilk ve ikinci bölümü birlikte değerlendirildiğinde, sinterleme/pişirme sürelerinin kısaltılmasına bağlı enerji tasarrufu sağlayan reçete kompozisyonlarının oluşturulduğu sonucuna varılmıştır.

2009 yılında yapılan çalışmada, seramik sağlık gereçleri için pişirme sıcaklığında $1250^{\circ}C$ 'den $1150^{\circ}C$ 'ye $100^{\circ}C$ 'lik bir iyileştirmenin yalnızca sinter fırınında % 30'luk bir enerji avantajı getireceği belirtilmiştir (Dağ 2009). Bu bilgi ışığında, sinterleme sıcaklığında gerçekleştirilecek ortalama $10^{\circ}C$ 'lik iyileştirmenin % 3 civarında bir maliyet avantajı sağlayacağı öngörülmektedir.

Seramik sağlık gereçleri sektöründen alınan bilgiler ışığında, pişirim ve kurutma işlemleri kaynaklı enerji maliyetlerinin aylık ortalama 150.000 TL elektrik ve 150.000 TL doğalgaz olduğu bilgisi elde edilmiştir. Pişirme süresinde yapılacak 10°C'lik iyileştirmenin % 3 civarında maliyet avantajı getireceğini öngörmüştük. Bir üretici için, ürün kapasite artışı yanında yaklaşık 108.000 TL/yıl maliyet avantajı getireceğini söyleyebiliriz. Sinterleme sıcaklıkları ve sinterleme sürelerinin düşürülmesi, enerjide % 75 dışa bağımlı olan ülkemiz ve doğalgaz&elektrik birim fiyatlarının her geçen gün arttığı düşünüldüğünde seramik üretiminin bugünü ve yarını için ciddi bir katma değer sağlayacaktır.

Sinterleme sürecinde yapılacak iyileştirme, üretim kapasitesinin artması, fırın ömrünün uzaması, fırın bakım ve yedek parça maliyetlerinin düşmesi gibi birçok avantajı beraberinde getireceği gibi düşen üretim maliyetleri iç piyasa ve dış piyasada rekabet gücünü de artıracaktır. Karbon salınımının azalması ile çevre normlarının gereklilikleri sağlanacağı gibi çevre dostu yaklaşım sergilenmiş olacaktır. Gerçekleştirilen çevre dostu aktiviteler aynı zamanda pazarlama argümanı olarak kullanılabilir ve bu bilincin tüketiciye de geçmesi için sosyal sorumluluk projeleri gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Açıkbaş G** (2016) Seramik Sağlık Gereçlerine Alternatif Polimer Matrisli Kompozit Malzemelerin Geliştirilmesi ve Karakterizasyonu, *Doktora Tezi*, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya, 178 s.
- Aydın T, Kunduracı N, Akbay A** (2018) The Effect of Nepheline Syenite Addition on Pyroplastic Deformation of Sanitarywares, *Science of Sintering*, 50 (1): 85-94.
- Biricik M** (2010) Seramik Sağlık Gereçleri Üreten İşletmelerde İhracat İşlemlerinin Muhasebeleştirilmesi ve Bir Uygulama, *Yüksek Lisans Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme (Muhasebe) Anabilim Dalı , Eskişehir, 142 s.
- Carty W M, Senepati U** (1998) Porcelain-Raw Materials, Processing, Phase Evolution and Mechanical Behaviour, *Journal of the American Ceramic Society*, 81: 3-20.
- Dağ P** (2009) Sağlık Gereçlerinde Kompozisyon Değişimlerinin Sinterleme Üzerine Etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 151 s.
- Dalkıran E** (2015) Pişmiş Sağlık Gereçleri Atıklarının Fine Fire Clay Bünyelerinde Şamot Yerine Kullanılabilirliği, *Yüksek Lisans Tezi*, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya, 58 s.
- El-Fadaly E** (2013) Characterization of Porcelain Stoneware Tiles Based on Solid Ceramic Wastes, *International Journal of Science and Research*, 4: 602-608.
- Fortuna D** (2000a) *Ceramic Technology Sanitaryware*, Gruppo Editoriale Faenza Editrice, Italy, 65-66.
- Fortuna D** (2000b) *Ceramic Technology Sanitaryware*, Gruppo Editoriale Faenza Editrice Italy, 75-76.
- Fortuna D** (2000c) *Ceramic Technology Sanitaryware*, Gruppo Editoriale Faenza Editrice Italy, 125-126.
- Fortuna D, Angeli A** (2005) Pinholing Part1, *Interceram*, 54: 10-14.
- Garcia-Ten J, Sanchez E** (2000) Use of Spodumene as a Flux in Porcelain Tile Compositions, *Qualicer 2000 World Congress*, 12-15 March 2000, Castelon, İspanya, 47-50.
- German R M** (1996) Fundamentals of Sintering, *Engineered Materials Handbook: Ceramic and Glasses*, 4: 260-269.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Güngör E** (2010) Galvanizli Atıkların Vitrikiye Bünyelerde Kullanımının Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı , Kütahya, 94 s.
- Güngör F** (2012) Daha Az Enerji ile Yumuşak Porselen Üretimini İncelenmesi, *Doktora Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 168 s.
- Heckroodt R O** (1990) Raw Material Selection in the Quest for Productivity, *Interceram*, 3: 16–17.
- Hızal M** (1997) Potasyum Feldispatların Dünü, Bugünü ve Yarını, *2.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 16-17 Ekim 1997, İzmir, 31-39.
- Hopa D Y T, Özel E** (2016) Kaolen Türünün Sağlık Gereçleri Porselen Bünyesinin, Piroplastik Deformasyonu Üzerine Etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31 (2): 313-322.
- Kangal M O** (1998) Yüksek Titanyum İçerikli Albit Cevherlerinin Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı, İstanbul, 86 s.
- Kingery W D, Bowen H K, Uhlmann D R** (1976) *Introduction to Ceramics*, 2.edition, New York, 1032 pp.
- Kyonka J C, Cook R L** (2007) *The Properties of Feldspars and Their Use in Whitewares*, Engineering Experiment Station Bulletin, no.422, 42 pp.
- Kunduracı N, Aydın T** (2015) The Effect of Nepheline Syenite Addition n the Sanitaryware Bodies, *Dergipark*, 7 (2): 16-19.
- Kunduracı N, Aydın T, Akbay A** (2016) The Effect of Nepheline Syenite Addition on The Sintering Behaviour of Sanitaryware Bodies, *Journal of The Australian Ceramic Society*, 52 (2): 82-86.
- Kunduracı N, Tarhan B, Sarısakal C** (2019) Seramik Sağlık Gereçleri Ürünlerinde Piroplastik Deformasyon Azaltılmasına Bağlı Olarak Geliştirilen Kompozisyonların Üretim Maliyeti Açısından Değerlendirilmesi, *Uluslararası Mühendislik ve Geliştirme Dergisi*, 11 (2): 474-480.
- Madencilik Özel İhtisas Komisyonu** (2001), *Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayi Hammaddeleri I*, Devlet Planlama Teşkilatı, ISBN: 978-19-2837-0, Ankara, 204 s.
- Malayoğlu U, Akar A** (1995) Killerin Sınıflandırmasında ve Kullanım Alanlarının Saptanmasında Aranılan Kriterlerin İrdelenmesi, *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 21-22 Nisan 1995, İzmir, 125-133.
- Merivale C** (2003) Lithium in Ceramics, *American Ceramic Society Bulletin*, (82): 61.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Mukhopadhy T K, Ghosh S, Ghatak S, Maiti H S** (2006) Effect of Pyrophyllite on Vitrification and on Physical Properties of Triaxial Porcelain, *Ceramic International*, (32): 871-876.
- Okumuş H** (2013) Geçmişte ve Günümüzde Seramik Kullanım Alanları, *7.Uluslararası Pişmiş Toprak Sempozyumu*, 9-22 Eylül 2013, Eskişehir, 14s.
- Özel E** (1997) Sağlık Gereçleri Döküm Çamurlarının Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi ve Geliştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 101 s.
- Özel E, Tunçel D Y, Kara M K** (2011) Sert Hammadde Tane Boyutunun Sağlık Gereçleri Porseleninin Fiziksel Özelliklerine Etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(2): 299-306.
- Rado P** (1988) *An Introduction to The Technology of Pottery*, Pergamon Press, Great Britain, 266 pp.
- Reed J S** (1995) *Introduction to The Principles of Ceramic Processing*, John Wiley & Sons Inc, New York, 486 pp.
- Remmey G B** (1997) *Firing Cycles Firing Ceramic*, World Scientific Publishing Company, 27-36.
- Richerson D W** (1992) *Modern Ceramic Engineering*, Marcel Dekker Inc, New York, 22-181.
- Sanchez E C, Torres E M, Diaz C, Saito F** (2004) Effects of Grinding of Feldspar in The Sintering Using A Planetary Ball Mill, *Journal of Materials Processing Technology*, 152 (3): 284-290.
- Sarı H** (2012) Seramik Sağlık Gereçlerinin Pişirim Sıcaklık ve Sürelerinin Azaltılması, *Doktora Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 195 s.
- Sarı H, Kurama S** (2013) Seramik Sağlık Gereçleri Bünyelerinde Camsı Faz Kompozisyonunun Pişirim Sıcaklıklarına Etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28 (3): 445-454.
- Seramik İhracatçıları Birliği** (2018) *Seramik Sektörü Makro Pazar Araştırması Raporu*, Ekonomi ve Strateji Danışmanlık Hizmetleri, İstanbul, 184 s.
- Sokolar R, Vodova L** (2014) Sintering Behaviour of Feldspar Rocks, *International Journal of Engineering and Science*, 49-55.
- Sokolar R, Kersnerova L, Sveda M** (2017) The Effect of Different Fluxing Agents on The Sintering of Dry Pressed Porcelain Bodies, *Journal of Asian Ceramic Societies*, 290-294.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Stathis G, Ekonomakou A, Stournaras C J, Ftikos C** (2004) Effect of Firing Temperature, Quartz Grain Size and Content on Bending Strength and Microstructure of Sanitary Porcelain, *Journal of the European Ceramic Society*, 24: 2357-2366.
- Şengöz T E** (2006) Killerin Kullanım Alanları, Killerin Mühendislik Özellikleri ve İmara Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt Çalışmalarında Killerin Önemi, *Kil Mineraolojisi Dersi Çalışması*, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya, 84 s.
- Tarhan B, Tarhan M** (2019) Çanakkale Bölgesi Alkali Kaynağının Seramik Sağlık Gereçleri Bünyesi Isıl ve Mikroyapı Özellikleri Üzerine Etkisi, *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 675-687.
- Tayçu A** (2009) Seramik Sağlık Gereçleri Pişirim Koşullarının İncelenmesi, *Doktora Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 176 s.
- TC Kalkınma Bakanlığı** (2015) *Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018 Seramik Çalışma Grubu Raporu*, T.C.Kalkınma Bakanlığı, ISBN: 978-605-9041-54-6, Ankara, 138 s.
- Tiryaki V** (2014) Sağlık Gereçleri Döküm Çamurunda Tane Boyut Değişiminin Fiziksel ve Pişme Özelliklerine Olan Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya, 72 s.
- TMMOB Maden Mühendisleri Odası** (2010) *Feldispat Raporu*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, ISBN: 978-9944-89-905-5, Ankara, 40 s.
- Tulyaganov D U, Agathopoulos S, Fernandes H R, Ferreira J M F** (2006) Influence of Lithium Oxide Auxiliary Flux on The Properties of Triaxial Porcelain Bodies, *Journal of The American Ceramic Society*, 26: 1131-1139.
- Tunçel D Y** (2012) Seramik Sağlık Gereçleri Bünyelerinin Piroplastik Deformasyonun Azaltılması, *Doktora Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya, 165 s.
- Türköz H** (2010) Seramik Sağlık Gereçleri Üretiminde Kalıp Doldurma Sürecinin Sayısal Olarak İncelenmesi ve Bir Uygulama Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 69 s.
- Türkyılmaz O, Sakarya O, Bayrak O** (2018) *Elektrik ve Doğalgaz Fiyatlarına Yapılan Son Zamların Analizi*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 31s.
- URL-1**<<https://malzemebilimi.net/ileri-teknoloji-seramik-cesitleri.html>>, Ziyaret tarihi: 24.09.2018.
- URL-2**< http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/48943/43472/tek._ser._1.pdf >, Ziyaret tarihi: 24.09.2018.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

URL-3< http://www.ceramics-processing.com/fileadmin/ceramics/Introduction_toCeramics_processing.pdf >, Ziyaret tarihi: 24.09.2018.

URL-4< https://www.academia.edu/37947022/Feldspat_1_>, Ziyaret tarihi: 24.09.2018.

Ürkmez A (2018) Seramik Sağlık Gereçleri Deformasyonlarının Sonlu Elemanlar Analiziyle Doğrulanması, *Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 45 s.

Villegas-Palacio S, Dinger D R (1996) PSD Effects on Firing Properties of Porcelains, *Journal of American Ceramic Society*, 75: 71-83.

Yeşilkaya T (2019) Seramik Sağlık Gereçlerinde Piroplastik Davranışın ve Yarı Mamül Mukavemetinin Geliştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 81 s.

Yılmaz R (2007) Malatya Yöresi Profillitinin Karakterizasyonu ve Vitrikiye Bünyede Kullanımının Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Dumlupınar Üniversitesi, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya, 118 s.

Yüksel B (2007) %20-35-50 LAS4 İçeren LS2-LAS4 Camların Kontrollü Kristalizasyonu, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 98 s.



ÖZGEÇMİŞ

Aslı AYDIN GÜNBAY 1983'te Zonguldak/Kdz.Ereğli'de doğdu; ilk öğrenimini Zonguldak/Kdz.Ereğli Cumhuriyet İlkokulu'nda; orta ve lise öğrenimini ise Zonguldak/Kdz.Ereğli Kdz.Ereğli Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2001 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği bölümünü kazandı. 2005 yılında lisans eğitiminden mezun olduktan sonra 2005-2008 yılları arasında Kırıkkale AKG Gazbeton'da Laboratuvar Sorumlusu olarak görev yaptı. 2008-2016 yılında Düzce Ferroli Isıtma ve Klima Sistemleri San.Tic.ve Servis A.Ş.'de Kalite ve Boyahane Yöneticisi olarak görev yaptı. 2016 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalında başladığı yüksek lisans eğitimine halen devam etmekte olup aynı zamanda 2017 yılında Ümran Çelik Boru Sanayii A.Ş.'de Kalite Güvence Yöneticisi olarak başladığı görevine devam etmektedir. Evli ve bir çocuk annesidir.

İLETİŞİM BİLGİLERİ:

E-posta: asliaydin1983@gmail.com