



Seramik Sağlık Gereçleri Ürünlerinde Piroplastik Deformasyonun Azaltılmasına Bağlı Olarak Geliştirilen Kompozisyonların Üretim Maliyeti Açısından Değerlendirilmesi

Evaluation of Production Costs Based on Reduction of Pyroplastic Deformation in Ceramic Sanitaryware Products

Nazım Kunduracı¹  Baran Tarhan² , Cahide Sarısakal¹ 

¹ Bülent Ecevit Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 67000, Zonguldak, TÜRKİYE

² Uşak Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümü, 64000, Uşak, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 14/12/2018

Kabul/Accepted: 11/04/2019

Son Versiyon/Final Version: 30/06/2019

Öz

Seramik Sağlık Gereçleri (SSG); metalik olmayan ve inorganik hammaddelerin belirli oranlarda karıştırılarak akışkan bir çamur haline getirilmesi, daha sonra da bu karışımın alçı veya sentetik reçine kalıplarda şekillendirilerek 1200-1250 °C aralığında pişirilmesi ile elde edilen ve su emme değeri % 0,5'in altında olan ürünlerdir. Kil, kaolen, kuvars, feldispat gibi inorganik hammaddeler temel yapıyı oluşturur. Beyaz veya renkli lavabo, ayak, klozet, rezervuar, bide, hela taşı, pisuar ve duş teknesi ürün yelpazesinin başlıca ürünleridir.

Bu çalışmada, K₂O/Na₂O oranı artırılarak SSG'nin piroplastik deformasyonun düşürülmesi amaçlanmıştır. Potasyum-feldispat oranı artırılarak yüksek sıcaklıkta bünye viskozitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. XRD, su emme, mukavemet, pişme küçülmesi ve deformasyon analizleri yapılmıştır. Artan K-feldispat miktarına bağlı olarak, yüksek sıcaklıkta bünye viskozitesi yükselmekte ve deformasyona karşı direnç artmaktadır. Sisteme K-feldispat ilavesinin, camsı fazda çözünen SiO₂ miktarını artırarak bünye viskozitesini yükselttiği gözlenmiştir. Bünyede K-feldispat miktarı artırılıp sinterleme sıcaklığı düşürülmüş; buna bağlı olarak bünyenin deformasyon direnci artmıştır. Bu değişikliklerin üretim maliyeti üzerine etkisi değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler

“Seramik sağlık gereçleri, piroplastik deformasyon, K-feldispat”

Abstract

Ceramic Sanitarywares (CSW); are the products produced by mixing inorganic and non-metallic raw materials at a certain ratio into a fluid mud, then this mud is shaped in gypsum or synthetic resin molds, fired at 1200-1250 °C range 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, it is aimed to decrease CSW's pyroplastic deformation by increasing K₂O/Na₂O ratio. The effect on high temperature body viscosity was investigated by increasing the K-feldspar ratio. XRD, water absorption, strength, shrinkage and deformation analyzes were performed. Depending on the amount of increased potassium-feldspar, the high temperature body viscosity increases and the resistance to deformation increases. It was observed that the addition of K-feldspar to the system increased the viscosity of the body by increasing the amount of (SiO₂) dissolved in the glassy phase.

Key Words

“Ceramic sanitaryware, pyroplastic deformation, K-feldspar”

1. Giriş

Seramik sağlık gereçleri Türkiye’de gelişen inşaat sektörüne bağlı olarak giderek önem kazanmaktadır. Sağlık gereçlerinin başlıca ürünleri; lavabo ve ayakları, klozet, küvet, rezervuarlar ve pisuarlardır. Yaşam alanları içerisinde nem oranı yüksek banyo ve tuvaletlerde kullanılan sağlık gereçlerinin atıklarla sürekli temas halinde olması nedeniyle hijyenik ve insan ağırlığına maruz kaldığı için mukavemetli olması istenir. Seramik sağlık gereçlerinde “vitreous china” (VC) ve “fine fire clay” (FFC) olmak üzere iki tür çamur kullanılmaktadır. FFC çamuru büyük ebatlı ürünlerin üretiminde kullanılırken, VC çamuru daha küçük lavabo, klozet gibi diğer seramik sağlık gereçlerinin üretiminde kullanılmaktadır. Seramik sağlık gereçlerinin üretiminde VC çamuru daha düşük su emme ve porozite (gözenek) değerlerine sahip olduğu için hijyen ve mukavemet açısından daha çok tercih edilmektedir (Seramik Sağlık Gereçleri Sektörü Dokuzuncu Kalkınma Planı, 2007-2013).

Seramik sağlık gereçleri fonksiyonel kullanımlarının yanı sıra bir tür ev dekorasyon malzemesi haline gelmiştir. Son yıllarda evlerin bir uzantısı olan banyolarda daha fazla vakit geçirilmekte olup özel tasarım ürünlerine talep giderek artmaktadır. Genellikle büyük boyutlu, düz ve keskin hatlı ürünler tercih edilmektedir. Ancak piropplastik deformasyon bu ürünlerde daha çok görülmektedir. Pişirim sırasında büyük ve köşeli ürünler dik olarak fırına konulduklarından kendi ağırlıkları altında piropplastik deformasyona uğramaktadırlar. Piropplastik deformasyon bu ürünlerde problem yarattığından dolayı VC çamuru yerine farklı olarak FFC çamuru kullanılmaktadır. FFC çamuruyla hazırlanan ürünler su emme değerlerinin yüksek olması ve poroziteli oluşları nedeniyle uzun ömürlü olmamaktadır. Kullanıcı açısından olduğu gibi üretici açısından da olumsuz yönleri bulunmaktadır. VC çamurundan farklı olarak FFC çamurunun hazırlama aşaması ve kullanılan hammaddelerin farklı olması nedeniyle yeni bir üretim hattı gerektirmektedir. Bu da üretici için ek tesis kurulumu ve işçilik maliyeti demektir. FFC çamuru VC çamurundan % 30 daha maliyetlidir (Tunçel, 2012). FFC çamurunun su emme değerleri fazla olduğu için hijyenik olmamakla birlikte klozet üretiminde kullanılmamaktadır. Ancak düşük deformasyonla üretimi sebebiyle büyük ve düz ebatlı ürünlerde kullanılması kaçınılmazdır.

Piropplastik deformasyon, yüksek sıcaklıkta pişirim sırasında camsı faz içeriğinin fazla olması nedeniyle çamurun kendi ağırlığına dayanamayarak şekil bozukluğuna uğramasıdır. “Vitreous China” (VC) camsı faz içeriği yüksek olduğundan dolayı piropplastik deformasyona daha çok uğramaktadır. Bu durum et kalınlığı yüksek, büyük ebatlı ve karmaşık şekilli ürünlerde sorunlara yol açmaktadır (Miura vd., 1999). Fireclay bünyelerinde duvar karosu atığı çalışmaları yapılmış ve duvar karosu kırıklarının fireclay bünyelerinde kullanılabileceği belirlenmiştir (Tarhan, 2019). İssi vd. (2017) yaptıkları çalışmada farklı tane boyutuna sahip bünye kompozisyonlarının fireclay döküm ve sinterlenmesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Tarhan vd.’nin (2016) yaptığı çalışmada fireclay atıklarının duvar karosu üzerine etkisi, Tarhan vd.’nin (2017) yaptığı çalışmada ise seramik sağlık gereçleri atıklarının porselen karo bünyeleri üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Na-Feldispat ve K feldispat ile yapılan çalışmalarda ayrı ayrı kullanıldıklarında Na feldispat pişirim sıcaklığını su emme değerini K-Feldispat’a göre daha çok düşürdüğü belirlenmiştir (Swapan Kr Das. vd, 2003). Bu çalışmada, Na-feldispat ve K-feldispat oranlarında değişiklik yapılarak piropplastik deformasyona etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda feldispat tipinin sağlık gereçlerinde piropplastik deformasyonu nasıl etkilediğine yönelik detaylı çalışmalar bulunmamaktadır. Bu nedenle, çalışmada sağlık gereçlerinde feldispat türünün ve reçete oranlarının piropplastik deformasyona ve üretim maliyeti üzerine olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Seramik sağlık gereçlerinin reçetelerinde önce özlü hammaddeler (kil-kaolen grubu) 30 dakika karıştırıldıktan sonra özsüz hammaddeler (kuvars, feldispat grubu) ilave edilerek 2 saat boyunca mikserde karışarak homojen bir çamur elde edilmiştir. Homojen çamurun döküm işlemi öncesinde reolojik özellikleri kontrol edilerek yoğunluğu 1795-1800 g/cm³ aralığında olacak biçimde ayarlanmıştır. Çamur viskozitesi Gallenkamp viskozimetresi ile ölçülmüştür. V0: 320-330° V1: 300-295° ve V6:245-250° değerleri aralığında, çamur sıcaklığı da 25 °C olacak biçimde ayarlanmıştır. Çamurlar 24 saat dinlendikten sonra alçı kalıplara döküm işlemi gerçekleştirilmiştir. Hammaddelerin ve reçetelerin kimyasal analizleri X-ışını floresans spektrometresi (PanalyticalAxios XRF, Kaleseramik Ar-Ge Merkezi, Türkiye) kullanılarak belirlenmiştir. Reçete kimyasal analiz sonuçları ve rasyonel hesaplamaları sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

Numunelerin fiziksel özellikleri TS EN 997 standardı göz önüne alınarak ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Test sonuçları 5 ölçümün ortalama değerleri alınarak yapılmış ve standart sapma % ± 1,5 olacak şekilde değerlendirilmiştir. Eğilme Mukavemeti 3 noktalı eğme testi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numunelerin su emme değerleri TS EN 997 standardına göre yapılmıştır (Denklem 1).

$$Su\ emme\ \% = \frac{w_w - w_d}{w_d} \times 100 \quad (1)$$

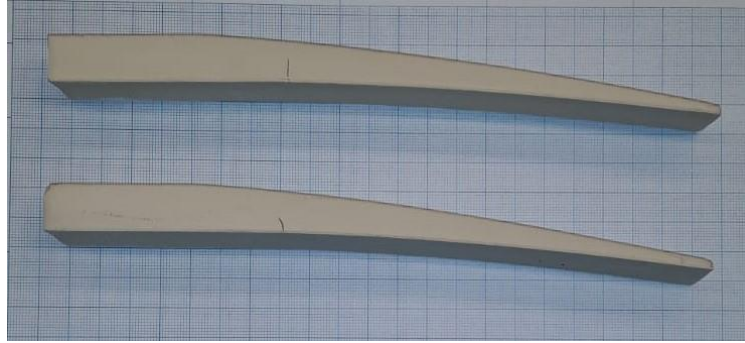
w_w : numunenin yaş ağırlığı, w_d : numunenin kuru ağırlığı.

Deformasyon miktarının belirlenebilmesi için numuneler, uç kısmı serbest salınım yapmakta olan özel şekilli alçı kalıplarda şekillendirilmiştir. Pişirim öncesinde numunenin baş kısmı ile uç kısmının yükseklikleri eşittir. Pişirim sonrasında Şekil 1’de gösterilen forma ulaşan numunenin baş ve uç kısımları arasındaki yükseklik farkı milimetrik kâğıt yardımıyla ölçülerek ne kadar deforme olduğu milimetre olarak ölçülmüştür. Numuneler kurutulmuş ve Kaleseramik Çanak Kalebodur Seramik San. A.Ş.

seramik sağlık gereçleri fabrikasında 1200°C ve 1232°C tepe sıcaklığına çıkılarak 16 saatte sinterlenmiştir. Fırından gelen numunelerin boyları kumpas ile ölçülür ve küçülme oranı hesaplanır. % küçülme hesaplaması şu şekilde şekildedir;

$$\% \text{ küçülme} = ((\text{ilk çap} - \text{son çap}) / \text{ilk çap}) * 100 \quad (2)$$

X-ışınları difraktometresi (XRD-X'pert Pro MPD, Kaleseramik Ar-Ge Merkezi, Türkiye) kullanılarak pişmiş bünyelerin faz analizi yapılmıştır. XRD analizleri $\text{CuK}\alpha$, 40 kV ve 30 mA şartlarında 10°-70° aralığında, tarama hızı 2°/dak. olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Deformasyon ölçümü yapılmış numune örnekleri.

Tablo 1. Reçete kimyasal analiz sonuçları (Ağırlıkça %)

Ağırlıkça(%)	K. K.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Diğerleri (Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , SO ₃)
Referans Reçete	5,69	67,39	20,98	2,70	1,14	0,38	0,28	1,44
D1	5,69	65,93	20,65	2,53	1,13	0,36	0,27	3,44
D2	5,71	67,21	20,98	2,43	1,61	0,35	0,27	1,44
D3	5,72	67,12	20,98	2,29	1,85	0,33	0,27	1,44
D4	5,73	67,03	20,98	2,16	2,08	0,32	0,27	1,43

K. K.: Kızdırma Kaybı

5 farklı reçetede Na-feldispat azaltılarak yerine farklı oranlarda K-feldispat kullanılmıştır. Sistemati olarak K₂O/Na₂O oranı artırılmıştır. Rasyonel değerleri açısından oran değişikliğinin bünye özellikleri üzerine olan etkisinin incelenmesi için kaolen ve kuvars rasyonel oranları sabit tutulmuştur. Referans reçete, D1, D2, D3 ve D4 için rasyonel analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. K₂O/Na₂O oranı referans reçete için 0,42, D1 için 0,45, D2 için 0,66, D3 için 0,81 ve D4 için 0,96'dır.

Tablo 2. Reçetelerin rasyonel analiz sonuçları

	K-feldispat	Na-feldispat	Kaolen	Kuvars
Referans Reçete	6,91	23,38	39,64	30,07
D1	7,01	22,34	40,36	30,29
D2	9,76	21,03	39,48	29,73
D3	11,18	19,86	39,40	29,56
D4	12,60	18,68	39,32	29,39

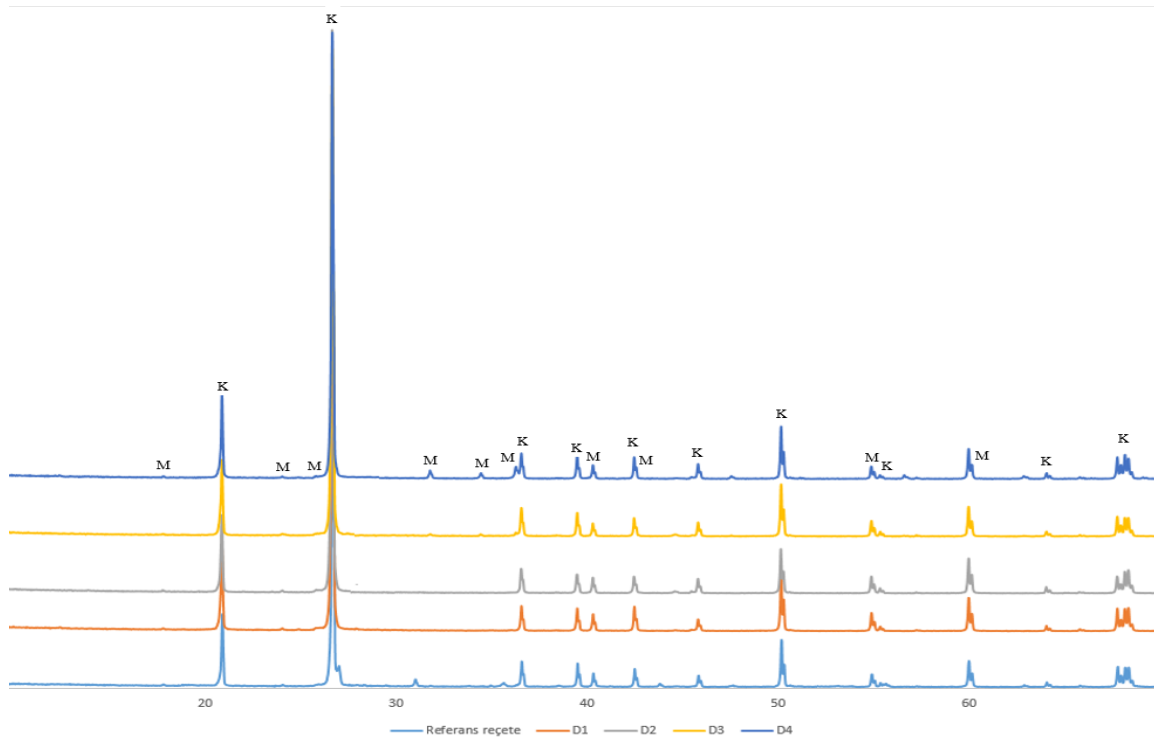
Hammaddelerin kimyasal analizleri X-ışını floresans spektrometresi (PanalyticalAxios XRF, Kaleseramik Ar-Ge Merkezi, Türkiye) kullanılarak belirlenmiştir.

Tablo 3. Hammaddelerin kimyasal analiz sonuçları(Ağırlıkça %)

Hammadde	K.K	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
Kil-1	10,09	57,55	27,12	1,44	0,94	0,13	0,30	0,23	2,06
Kil-2	9,37	60,64	24,88	1,24	1,45	0,25	0,43	0,01	1,80
Kil-3	9,44	56,32	27,32	1,41	2,05	0,31	0,63	0,09	2,27
Kaolen-1	11,73	48,51	35,67	0,06	0,90	0,04	0,33	0,02	2,60
Kaolen-2	12,38	50,56	34,56	0,39	0,91	0,13	0,15	0,07	0,57
Na-feldispat	0,10	73,04	16,46	0,33	0,06	0,90	0,19	8,63	0,30
Kuvars	0,14	98,63	0,91	0,03	0,01	0,01	0,03	0,24	0,12
K-feldispat	0,52	68,55	16,53	0,13	0,10	0,15	0,12	1,85	12,05

3. Sonuçlar ve Tartışma

Denemeler 1200 °C ve 1232 °C sıcaklıkta sinterlenmiştir. Şekil 2’de 1200 °C’de sinterlenen X-ışınları kırınım paternleri verilmiştir. Bütün bünyelerde ana faz olarak kuvars ve müllit belirlenmiştir.



Şekil 2. 1200 °C’de sinterlenen numunelere ait X- ışınları kırınım paternleri (Kuvars: K, Müllit: M).

XRD grafikleri incelendiğinde bünyedeki potasyum feldispat miktarı arttıkça yani K₂O/Na₂O miktarı arttıkça müllit pik şiddetlerinin arttığı dolayısıyla müllit faz oluşumunun da arttığı söylenebilir. Michel vd.’nin (1990) alümina-silika sistemlerini inceledikleri çalışmalarında, müllit fazının seramik bünyelerde mukavemet sağladığı belirtilmiştir. Schneider vd. (1993) seramik müllitler üzerine yaptıkları çalışmalarında, müllitin, düşük ısıl genleşme, yüksek ergime noktası, iyi sürünme dayanımı, düşük ısıl iletkenlik ve kimyasal kararlılık gibi özellikleri ile son yıllarda yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılabilen malzemeler arasına girdiğini belirtmiştir.

Yapılan çalışmalarda pişmiş mukavemet değerlerinin K-feldispat miktarının artışıyla orantılı şekilde arttığı Tablo 4 ve Tablo 5’teki pişme mukavemeti sonuçlarına bağlı olarak da yorumlanabilir. K-feldispat miktarının artmasıyla her iki sinterleme sıcaklığında da mukavemet artmıştır. Sıcaklık arttıkça piropplastik deformasyon artmıştır. Ancak, K-feldispat miktarı arttıkça

deformasyonda gözle görülür bir azalma gerçekleşmektedir. Bu bakımdan özellikle deformasyon kaynaklı kalite kayıpları azaltılarak verimlilik artırılabilir. Bu verimlilik artışı maliyetlerin düşmesine de sebep olacaktır. Düşük sıcaklıklarda su emme değeri yükselmekle birlikte deformasyon değeri de önemli ölçüde azalmaktadır (Tablo 5). Bu da ürün kalitesinin artışına bağlı sağlanan verimlilikle birlikte fırın sıcaklıklarının düşürülebileceği ve enerji verimliliğinin de artacağı anlamına gelmektedir.

Tablo 4. 1232 °C’de sinterlenen deneme reçetelerinin özelliklerinin referans reçete ile karşılaştırılması.

	Referans Reçete	D1	D2	D3	D4
Kuru Küçülme (%)	3,02	2,63	2,96	2,90	2,72
Kuru Mukavemet (kg/cm ²)	39,70	35,20	34,60	33,70	38,10
Pişme Küçülmesi (%)	10,30	10,45	11,00	11,38	11,51
Pişme Mukavemeti (kg/cm ²)	596,60	675,80	662,5	627,2	701,4
Deformasyon (mm)	30,50	30	31	29	29
Su Emme (%)	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02
Civa Yoğunluğu (g/cm ³)	2,355	2,347	2,358	2,364	2,367

1232 °C’de sinterlenen ürünlerde K₂O/Na₂O oranı kuru küçülme değeri standart değere göre daha düşüktür, fakat bu değerler işletme üretim standartları içindedir. Kuru mukavemet değerlerinde referans reçeteye yakın değerler elde edilmiştir. Pişme küçülmesi değeri ise standart reçete ile karşılaştırıldığında yükselmiştir. D4 reçetesindeki pişme küçülmesi değeri üretim sınırları dışındadır. Pişme küçülmesi, ürünün su emme değeri ile beraber değerlendirildiğinde ürün fazla sinterlenmiştir. Sıcaklığın düşürülerek çalışılması durumunda pişme küçülmesi değeri düşecektir. Pişme mukavemeti değerleri standart reçeteye göre yaklaşık 30-100 kg/cm² aralığında yükselmiştir. K₂O oranının artmasıyla deformasyon değeri azalmıştır. Sıcaklığın yüksek olması durumunda dahi deformasyonda düşüş belirlenmiştir. Bu düşüş camı fazın K₂O miktarının artmasıyla camı fazın viskozitesinin yükselmesi sebebiyle olduğu öngörülmektedir.

1200 °C’de sinterlenen ürünlerde K₂O/Na₂O oranı kuru küçülme değeri bir biri ile yakın değerlerdir. Kuru mukavemet değerinde artış belirlenmiştir. Bu sıcaklıktaki en belirgin fark pişme küçülme değerinin bütün reçetelerde benzer olmasına rağmen mukavemet değerinde, özellikle D4 reçetesinin mukavemet değerinde artış olmasıdır (Tablo 5). Tüm reçetelerin piropplastik deformasyon değerleri referans reçeteninkine yakın değerlerdedir. 1200 °C’de sinterlenen reçetelerin hepsi ISO ve işletme standartları içindedir. K₂O/Na₂O oranı arttıkça sinterlemenin daha düşük sıcaklıklarda yapılabileceği belirlenmiştir.

Tablo 5. 1200 °C’de sinterlenen deneme çamurlarının özelliklerinin referans çamur ile karşılaştırılması.

	Referans Reçete	D1	D2	D3	D4
Kuru Küçülme (%)	2,95	2,92	2,69	2,62	2,72
Kuru Mukavemet (kg/cm ²)	39,8	35,6	41,5	39,6	45,7
Pişme Küçülmesi (%)	10,64	10,59	10,39	10,56	10,29
Pişme Mukavemeti (kg/cm ²)	445,3	466,6	475,4	463,6	618,1
Deformasyon (mm)	25	27	25	26	23
Su Emme (%)	0,17	0,14	0,08	0,08	0,06
Civa Yoğunluğu (g/cm ³)	2,307	2,313	2,313	2,307	2,313

Tablo 6. Reçetelerin (TL/Ton) maliyetleri

	Referans Reçete*	D1	D2	D3	D4
Maliyet (TL/Ton)	X	X+5 TL	X+13 TL	X+20 TL	X+27 TL

*Referans reçete maliyeti "X" olarak belirtilmiştir.

Bartusch (2004) yaptığı çalışmada sağlık gereçleri üretiminde sinterleme sıcaklığında sağlanan 100 °C' lik bir düşüş ile % 30 enerji tasarrufu sağlanacağı kanıtlamıştır. Yapılan deneysel çalışmaların sonucunda sinterleme sıcaklığını 30°C düşürülebileceği belirlenmiştir. İlgili çalışma baz alınacak olursa gerçekleştirilen çalışmada da ortalama % 10'luk bir enerji tasarrufu sağlanması hesap edilebilmektedir. Yapılan bu hesaplamada sadece fırın için gerekli enerji yer almaktadır.

Yani 16 saat gibi uzun bir süreci kapsayan sağlık gereci pişiriminde düşük sıcaklıklarda çalışmak enerjiden tasarruf sağlayacaktır. Fırın yapı malzemelerinin (fırın tuğlası, cam yünü gibi...) de ömrünün artacağı düşünüldüğünde sağlık gereçlerinde sinterleme sıcaklığında yapılacak her türlü sıcaklık düşürme çalışması oldukça önemli kazançlar sağlayacaktır. Dolayısıyla sağlık gereçleri üretim maliyetinde en büyük paya sahip olan enerji maliyetlerinin düşürülmesi hem sektöre hem de ülkeye büyük katma değeri sağlayacaktır.

Reçetelerde ekstradan K-feldispat kullanıldığı için hammadde maliyetleri artacaktır (Tablo 6). Ancak daha düşük sıcaklıklarda pişirim yapılabileceği için enerjiden tasarruf edilecektir. Aylık 80.000 ürün üreten bir firmanın verilerine göre; gerekli hesaplamalar yapıldığında ürün başına % 35-40 arasında üretim maliyetlerinde azalma söz konusudur. Dolayısıyla enerjiden daha fazla tasarruf edileceği için hammaddedeki fiyat artışının göz ardı edilebilir seviyede olacağı öngörülmektedir.

4. Sonuçlar

Deneysel çalışmalar sonucunda K₂O/Na₂O oranı arttıkça ürünlerin mukavemet değerlerinin artması sonucunda hızlı pişirim veya enerji tasarrufu sağlayabilen bünyelerin üretimlerinin olabileceği belirlenmiştir. Maliyet açısından incelendiğinde de hammadde maliyetlerinde artış olmasına karşılık enerji maliyetleri olan doğalgaz ve elektrik tüketimlerinde düşüşler firmalara kazanç getireceğini göstermektedir. Firmaların üretim miktarlarına bağlı olarak bu hesaplama değişkenlik gösterebileceğinden ötürü Türkiye Seramik Sağlık Gereçleri üreticilerinin üretimlerinin ortalaması alındığında ortalama ürün başına % 35-40 arasında maliyet avantajı getireceği öngörülmektedir.

Teşekkür

Kaleseramik Çanakkale Kalebodur Seramik San. A.Ş. Ar-Ge Merkezi'ne desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Referanslar

Bartusch, R., (2004), Energy saving potentials in the ceramic industry. *Interceram*, 53, 312-317.

İssi, A., Derin Coşkun, N., Tiryaki, V., & Uz, V. (2017)., Casting and sintering of a sanitaryware body containing fine fire clay (FFC). *J. Aust. Ceram. Soc.*, 53.

Michel, D., Mazerolles, L., & Portier, R., (1990), Directional solidification in the alumina-silica system: microstructure and interfaces. *Ceramic Transactions*, 6, 435-437.

Miura, M., Shimadzu, T., Shin, H., & Ishida, E. H., (1999), Evaluation of softening deformation behaviour in porcelain bodies during firing. *Ceram. Eng. Sci. Proc.*, 20(2), sayfalar.

Tarhan, M., Tarhan, B., & Aydın, T., (2016)., The effect of fine fire clay sanitaryware wastes on ceramic wall tiles. *Ceramics International*, 42(15), 17110-17115.

Tarhan, B., Tarhan, M., & Aydın, T., (2017), Reusing sanitaryware waste products in glazed porcelain tile production. *Ceramics International*, 43(3), 3107-3112.

Tarhan, B., (2019), Usage of fired wall tile wastes into fireclay sanitaryware products, *Journal of the Australian Ceramic Society*, <https://doi.org/10.1007/s41779-018-0285-1>

Tunçel, D. Y., (2012), Seramik sağlık gereçleri bünyelerinin piyoplastik deformasyonunun azaltılması, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye.

Seramik Sağlık Gereçleri Sektörü Dokuzuncu Kalkınma Planı, 2007-2013. Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı

Schneider, H. Schmücker, M., İkeda, K., & Kaysser, W.A., (1993), Optically translucent mullite ceramics. Journal of American Ceramic Society, 76, 2912-2914.

Swapan Kr Das, Kaustic Dana.,(2003), Differences in densification behaviour of K- and Na-Feldspar containing porcelain Bodies, Thermocim Acta. 406, 199–206