

# Vitrifiye Seramik Beyaz Opak Sırlarda Zirkonyum Silikat Miktarının Azaltılması

## Reducing of Zirconium Silicate Quantity in Opaque White Sanitary Ware Glaze

Ahmet Emrah KAPLAN\*, Gülfem BİNAL<sup>1</sup>

**Özet-** Vitrifiye seramik beyaz opak sırlarında opasite sağlayıcı olarak yaygın ve pahalı bir hammadde olan zirkonyum silikat ( $ZrSiO_4$ ) kırınım indisinin yüksek olması sayesinde sıranın opaklığını artırarak daha beyaz görünmesini sağlamaktadır. Yüksek kırınım indisinin sağladığı örtücülük genelde koyu bej renkteki yarı porselen vitrifiye bünye rengini kamufle edebilmek için gereklidir. Vitrifiye seramik opak sırlarının maliyetini arttıran en baskın unsur zirkonyum silikattır. Opak sır reçetelerinde zirkonyum silikat oranını düşürmek üzerine seramik pek çok çalışmalar vardır. Bu çalışmada  $R_2O-RO-(ZrO_2)-B_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$  kristal sır sistemine kalsine kaolin eklenerek yüksek reçete maliyetini düşürmek amaçlanmıştır. Sonuç olarak endüstriyel anlamda herhangi bir kullanım engeli veya teknik özellik kaybı olmaksızın kayda değer oranda zirkon kullanım tasarrufu sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Zirkonyum silikat, Opak beyaz sır, Seramik sağlık gereçleri, Kalsine kaolin

**Abstract-** As expensive and common material the zircon ( $ZrSiO_4$ ) contributes opacity to sanitaryware white opaque glazes and promotes whiteness of glaze surface by its high optical refractive index. The high optical refractive index of zirconium silicate is necessary to obtain acceptable white camouflage influence to cover the dark beige color of the soft porcelain sanitaryware body. As known, as an opacifier the zircon has highest cost level in sanitaryware glaze recipes. There are many studies on decrease of usage percentage of zirconium silicate in opaque glaze recipes. The calcined caolin adapted alternative glaze recipes have been tried to obtain acceptable opaque sanitary glaze avoid high recipe cost in this study. Alternative recipe combinations have been tried to provide lower cost sanitary opaque glaze of  $R_2O-RO-(ZrO_2)-B_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$  glass and ceramic systems. As a result, the notable zircon usage reduction has been achieved without any technical specification lost or obstacle in industrial base.s

**Keywords :** Zirconium Silicate, Opaque White Glaze, Sanitaryware, Calsined Caolin

### I. GİRİŞ

Teknik ismi vitrifiye seramik (seramik sağlık gereçleri) olan sırlanmış veya camlaşmış porselen veya yarı porselen yapıdaki seramik malzemeler, kir tutmaması, kolay temizlenebilir yüzeye sahip oluşu nedeniyle pozitif hijyen etkisi, estetik, kullanım koşul ve fonksiyonları yönünden istenilen nitelikte elde edilebilmesi, suya, mekanik ve kimyasal etkilere, ısıya dayanıklı oluşu, ayrıca uzun kullanım ömrü gibi nedenlerle sıhhi tesisat gereçleri sektöründe ileri gelen malzemelerdir. Vitrifiye seramik ürünler; kil, kaolin, kuvars ve feldspat hammaddelerinin su ve elektrolit ilavesiyle teknik olarak yeterli öğütme ve/veya karıştırma ortamında belirli oranlarda karıştırılarak uygun reolojik özelliklere sahip bir çamur haline getirilir. Çamurun alçı veya sentetik reçine kalıplarda döküm yolu ile şekillendirilip kurutulan yarı porselen saniter bünyenin genelde parlak, opak ham sır ile kaplanarak 1170-1260 °C sıcaklık aralığında uygun rejimde pişirilmesi ile üretilirler. Bu ürünler, su emme değeri vitrifiye bünye için % 0.50'in altında, fireclay bünye için %10 mertebesinde olan lavabo, ayak, klozet, rezervuar, bide, hela taşı, pisuar ve duş teknesi gibi sırlı ürünlerdir [1]. Üretimde kullanılan sırlar  $R_2O-RO-(ZrO_2)-B_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$  kristal sır sistemine dahildir [2].

Opak sırlar bünye renginin örtülmesinde ve estetik görünümün önemli olduğu durumlarda kullanılırlar. Camsı fazın içine, bir ya da birden fazla kristalin veya camsı fazın dağıtılması sonucu sırda opaklık meydana gelir. Örtücülüğün derecesi ana faz içindeki bu safsızlıklardan ışığın yansımalarıyla ilgili olduğundan, bunun miktarı, boyutu ve dağıtıldıkları faz ile aralarındaki kırınım indisi farkı sırda opaklığını belirler [2]. Opaklık, ışığın sır içindeki partiküllerden veya kabarcıklardan dolayı meydana gelen difüzyonu, yansımaları ve kırılmasının bir sonucudur. Sırı opaklaştıran maddeler ve durumlar tiplerine göre gruplandırılabilir [3].

Endüstride vitrifiye sır reçetelerinde temelde örtücülük sağlama nedeni ile yaygın kullanım bulan  $ZrSiO_4$  yani öğütülmüş zirkonyum silikat,  $ZrO_2$ ,  $SnO$ ,  $TiO_2$  gibi daha yüksek maliyetli opaklaştırıcılara nazaran

\*Sorumlu yazar iletişim: [ahmetemrahkaplan@gmail.com](mailto:ahmetemrahkaplan@gmail.com)

Çanakkaleseramik A.Ş. Vitrifiye, Çan/Çanakkale

<sup>1</sup>İletişim: [gbinal@bartin.edu.tr](mailto:gbinal@bartin.edu.tr)

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Bartın Üniversitesi, Bartın

maliyeti düşük ve istenen teknik yeterliliğe sahiptir [4]. Genel opaklık sağlayıcılar içerisinde endüstriyel maliyeti en düşük seviyede konumlanmasına rağmen sır reçetesini oluşturan hammaddeler içerisinde en yüksek maliyetli olanıdır. Bu özellikleriyle zirkon genelde %9-11 mertebesinde vitrifiye sır reçetelerinde kullanılmaktadır.  $R_2O-RO-(ZrO_2)-B_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$  kristal sır sistemlerinde yer alan sıhhi tesisat gereçleri sırlarında opaklığı sağlamada kullanılan ve birinci derecede maliyeti arttıran ana hammadde; geleneksel vitrifiye opak sır reçetelerinde ortalama %10 ±1 mertebelerinde kullanımı ile  $ZrSiO_4$ 'dür [1- 2]. Zirkonyum silikat kırınım indisinin ( $n=1,92-1-96$ ) yüksek olması sayesinde opaklık şiddetini artırarak sırnın daha beyaz görünmesini sağlamaktadır [4].

Yüksek kırınım indisinin sağladığı örtücülük, hafif koyu renkte olan ve literatürde yarı porselen olarak adlandırılan vitrifiye seramik bünyeyi kamufle edebilmek için gereklidir. Zirkon diğer opaklaştırıcı katkılara göre bir miktar düşük maliyetli olmasına ve sır yapısını oluşturan tüm hammaddelerin toplamında %10±1 reçete oranında kullanım bulmasına rağmen endüstriyel vitrifiye sır maliyetinin %55-60'ını oluşturmaktadır.

Opak sırlarda yüksek örtücülük özelliği ile vazgeçilmez olan  $ZrSiO_4$  hammaddesinin, sır reçetelerinde maliyeti düşürmek amacıyla özellikle yer ve duvar karosu gibi seramik kaplama malzemelerinin ham ve firitli opak sır uygulamalarında zirkon kullanımını reçetelerde hammadde kombinasyonları ile tamamen veya kısmen azaltılması üzerine çalışmalar yapılmıştır [5- 7]. Seramik kaplama malzemeleri opak sırlarında çeşitli çalışmalar olması, aynı amaca yönelik çalışmalar yapılması seramik sağlık gereçleri opak sırları içinde gereklidir.

Bu çalışmada örnek bir vitrifiye opak sır reçetesinde, eser miktarda impürte ihtiva eden, pişme rengi açık, ince tane boyutlu ve ithal zirkona nazaran çok daha düşük maliyetli olan kalsine kaolin kullanımı ile opasite sağlayıcı olarak işlev gören zirkonyum silikat ( $ZrSiO_4$ ) miktarının azaltılması hedeflenmiştir.

## II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmada vitrifiye seramik üretiminde endüstriyel anlamda kullanılabilir ve teknik yeterliliğe sahip opak ham sır reçetesi referans olarak alınmıştır. Tablo 1'de görüldüğü üzere alternatif reçeteler artan kalsine kaolin ve azalan zirkonyum silikat miktarı oranlarında olmak üzere olabildiğince orijinal reçetenin Seger formulizasyonu referans alınarak tasarlanmıştır. Hedeflenen referans işletme reçetesi ve alternatif reçetelerin Seger formulasyonunun rasyonel çıktılarının da eşleşmesi endüstriyel olarak üretimin başarısı için önemlidir.

Kullanılan zirkonyum silikat Eczacıbaşı Esan firmasından kalsine kaolin ise Bulgaristan Kaolin ad firmasından temin edilmiştir. Alternatif reçetelerde kullanılan zirkonyum silikatın azalma %'si, referans reçetede %9,6'lık  $ZrSiO_4$  oranından azalma miktarı olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 1.** Referans işletme reçetesi ve alternatif A1, A2 kodlu reçetelerin zirkon ve kalsine kaolin oranları ile Seger formülleri ve rasyonel çıktıları.

	kullanılan örtücü malzemelerin reçete içerisindeki % oranı	Referans reçete	A1	A2
% Zirkon- Kalsine kaolin değişimi	ZİRKON	9,6	9,1	8,6
	KALSİNE KAOLİN	0	2,5	3
	Reçetede ZİRKON azalma %si	0	-5%	-10%
Seger Analizi ve Rasyonel Çıktıları	Baz oksitler toplamı ( $RO+R_2O$ )	1,000	1,000	1,000
	Amfoter oksitler toplamı ( $R_2O_3$ )	0,304	0,311	0,318
	Asit oksitler toplamı ( $RO_2$ )	3,629	3,633	3,629
	teorik ısıl genl. katsayısı ( $\alpha \times 10^{-8}$ )	211,7	210,8	211,0
	teorik yüzey gerilimi (dyn/cm)	372,5	370,2	370,0
	teorik erime sıcaklığı (°C)	1298	1299	1299
	Cam/Kafes yapıcı oksit oranı ( $SiO_2/Al_2O_3$ )	11,5	11,2	11,0

Üretilen sırların erime davranışı Misura marka 3.32 model (ESS, İtalya) ısı mikroskobuyla 10 °C/dk ısıtma hızında, 0-1400 °C sıcaklık aralığında gerçekleştirilmiş ve referans sır ile alternatif sır ölçümleri karşılaştırılmıştır. Sırların opaklık yeterliliği ise Minolta marka CR300 model (Minolta, Japon) renk ölçüm cihazı yardımıyla kromatik koordinatları ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) ölçülerek belirlenmiştir.  $L^*$  açıklık eksenini olarak adlandırılır ve  $L^*=0$  siyah,  $L^*=100$  olmak üzere beyaz rengi karakterize eder,  $a^*$  değeri yeşil-kırmızı,  $b^*$  değeri ise mavi-sarı renkleri verir [8].

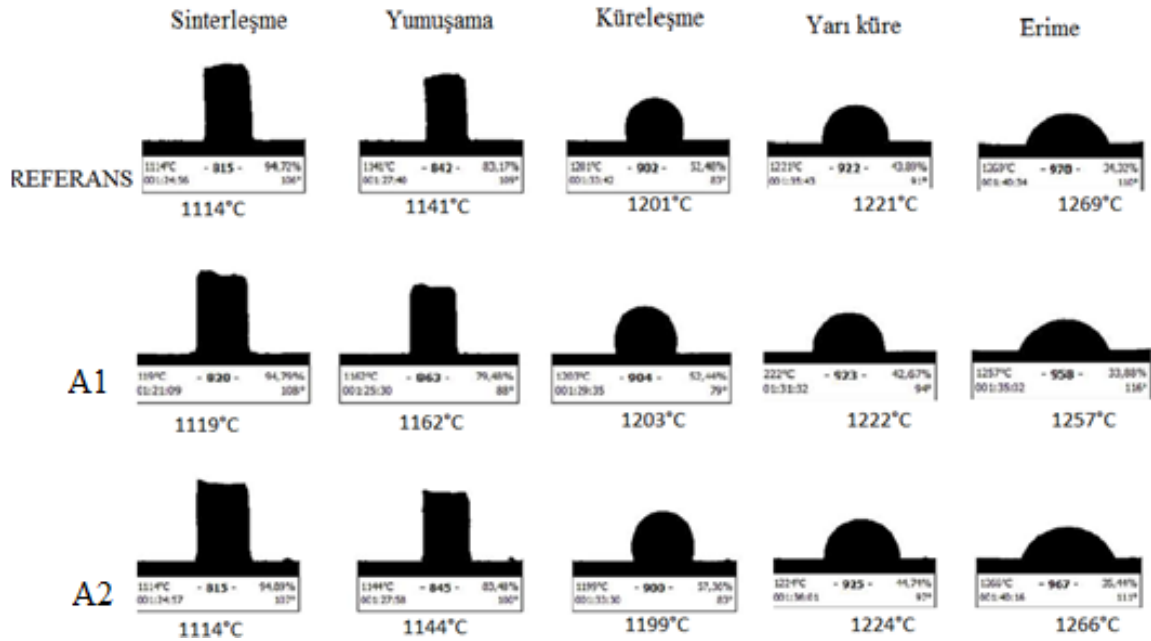
CIE tarafından geliştirilen CIELAB sistemi, uluslararası renk ölçüm sistemi olarak kabul edilmiştir. CIE ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) renk sisteminde iki nesnenin renk özellikleri birbirine göre farkları kıyaslanabilir. İki renk arasındaki farkın ölçümü kısaca  $\Delta E^*$  olarak ifade edilir.  $\Delta E^*$ , CIE  $L^*a^*b^*$  renk düzleminde bulunan iki rengin (düzlemdeki iki noktanın) koordinatları arasındaki uzaklıktır.  $\Delta E^*$  ne kadar büyükse karşılaştırılan renklerin arasındaki fark da o kadar fazladır [9]. Seramik endüstrisinde sır yüzeyindeki iki ölçüm arasındaki  $\Delta E^*$  fark metriği CIE76'a göre;  $L_1^*$ ,  $a_1^*$ ,  $b_1^*$  birincil ölçüm,  $L_2^*$ ,  $a_2^*$ ,  $b_2^*$  ikincil ölçüm olmak üzere  $\Delta E^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$  formülü ile hesaplanır [10].

Elde edilen opak sıklarda meydana gelen kristal fazlar, Rigaku marka X-ışınları difraktometre cihazı (Rigaku, Japon) ile Cu tüpüne 40kV gerilim ve 30mA akım uygulanarak elde edilen  $CuK\alpha$  ışınımı ( $\lambda=1,54046$  Å) kullanılarak tespit edilmiştir. Seçilen numuneler  $2\theta$ ,  $5^\circ$ 'den  $55^\circ$ 'ye  $2^\circ/\text{dak}$  ile tarama yapılarak incelenmiştir.

Sır numunelerinin pişirim işlemiyle ortaya çıkmış kristallerin morfolojisi ve kristal miktarlarının gözlemlenmesi için enerji dispersif x-ışını (EDX) analizi Zeiss EVO 50 EP model (Zeiss, Almanya) taramalı elektron mikroskobu ile 20 kV'da elde edilmiştir. Mikro yapı incelemelerinde atom ağırlığına bağlı olarak faz ayrışımını sağlayan geri yansıyan elektronlarla (BEI) görüntüler alınmıştır. Sıklarda oluşan kristallerin kimyasal yapılarını belirlemek için enerji saçınımlı x ışını (EDX) analizi uygulanmıştır.

### III. SONUÇLAR

Endüstride vitrifiye sırnın erime davranışı başta yüzey kalitesi, kolay temizlenebilirlik, renk, pek çok teknik, fonksiyonel ve estetik özelliği etkileyen temel parametrelerdendir. Seramik endüstrisinde sırnın erime davranışının karakterizasyonu için akma, yayılma boyu ve çapı ölçümleme gibi geleneksel yöntemlere alternatif olarak daha detaylı bilgi verebilen optik ısıl mikroskop ile analiz metodu kullanılmaktadır. Sır numunelerinin sinterleme evreleri ısı mikroskobu analizi ile sinterleme başlangıcı, yumuşama, küreleşme, yarı küre ve erime sıcaklık noktaları, görsel ve sinterleme % oranı hesaplanarak Şekil 1'de görülen optik termal test sonuçlarının kıyaslamalı analizine göre alternatif sıklarin da referans alınan işletme sırnın yakın sinterleme davranışı sergilediği görülmektedir. Referans sırnın sinterleme başlangıç ve bitiş evreleri 1114–1269 °C sıcaklık aralığında olup, A1, A2, nolu reçetelerinde sinterleme evrelerinin 1114–1272 °C sıcaklık aralığında gerçekleştiği görülmektedir. Bu bağlamda referans işletme reçetesine yakın bir sinterleme davranışı sergileyen alternatif reçetelerin özellikle sır nihai özelliklerinde ciddi derecede etkili olan küre, yarı küre ve erime noktalarında  $\pm 10$  °C'leri geçmeyen düşük farklar bulunmaktadır.



Şekil 1. Referans ve A1, A2 kodlu kalsine kaolinli reçetelerin optik termal test sonuçlarının kıyaslamalı görsel analizi.

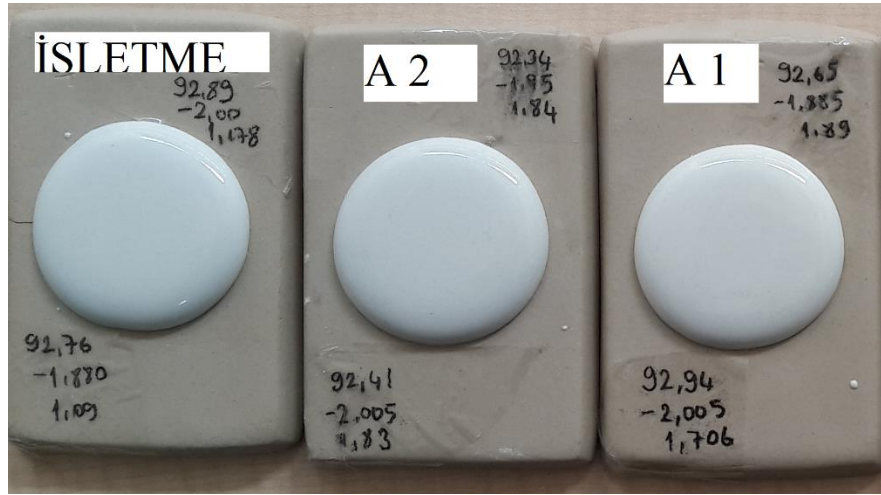
Sırların opaklık ve renk değerleri; sıklara bünye etkisini görebilmek için endüstriyel standartlara göre ince kaplama ve bünyeden bağımsız salt sır rengini ölçmek amacı ile Resim 1'de görüldüğü gibi kalın kaplama yapılarak iki farklı uygulamanın renk değerleri belirlenmiştir. Vitrifiye seramik bünye (koyu krem renkli) üzerine ise endüstriyel koşullara eşdeğer kalınlıkta (700-900µm) ince sır uygulanmış ince sır ile yine bünyeden bağımsız salt sır rengini ölçümlenmek amacıyla kalın sır (>8mm) numunelerinin  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $\Delta E^*$  değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların ortalamalarından  $\Delta E^*$  renk fark indeksi hesaplanmıştır.

Ölçülen  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerlerinin ortalamalarından  $\Delta E^*$  renk fark indeksi hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlarda tüm alternatif sır reçetesi numunelerinin referansa göre  $\Delta E^*$  renk fark indeksi değerlerinin, teorik gözle fark edilme eşik değerinin ( $\Delta E^*_{ab} < 2,3$ ) üzerinde olmadığı görülmektedir. Kalın ve ince sır numunelerinin her ikisi içinde  $\Delta E$  sır renk farkının çıplak gözle algılanabilirliğinin çok düşük olduğu görülmektedir. Örtücülük

kriteri olarak baz alınan L\* (+/-, açıklık/koyuluk) değerinin referans sırdan farkının ( $\Delta L^*$ ) yine alternatif kalsine kaolin katkılı reçetelerde çalışma ile hedeflenen referans değerine yakın seviyelerde olduğu görülmüştür.

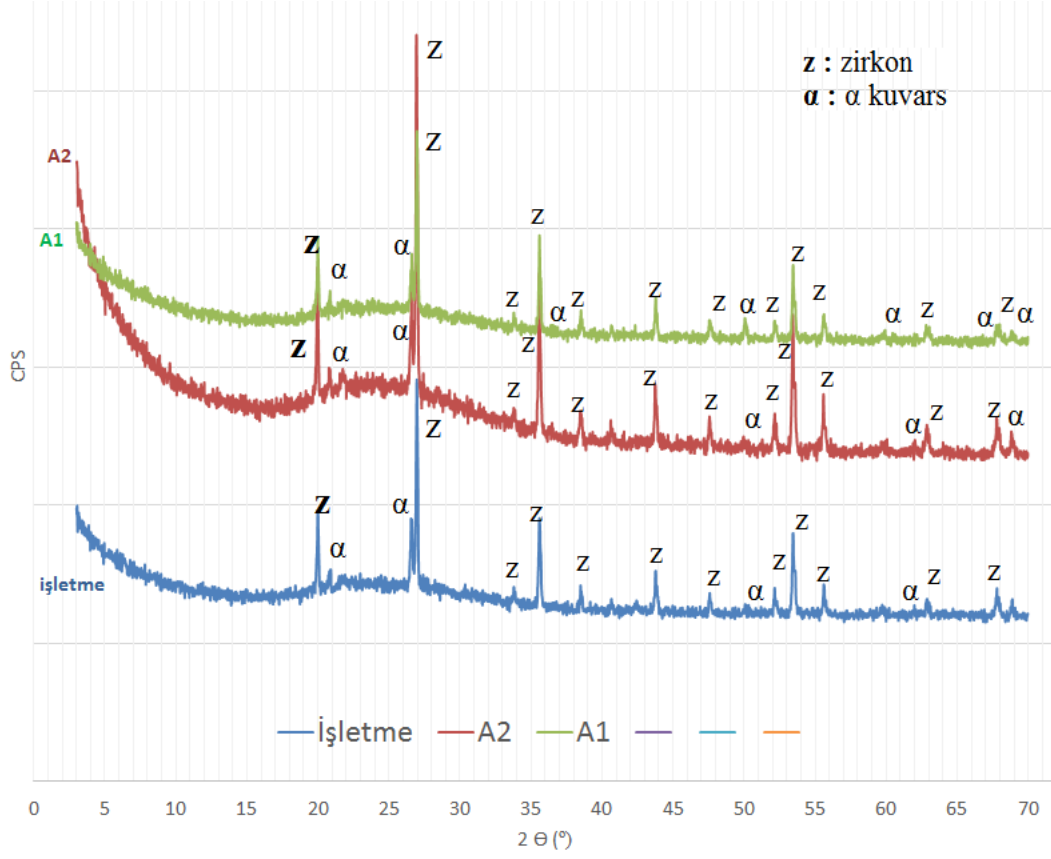
**Tablo 2.** Referans işletme reçetesi ve tasarlanan alternatif A1, A2, nolu reçetelerin bünyeden bağımsız ve bünye üzerine kaplanmasıyla elde edilen sır numunelerinin renk ölçüm değerlerinin kıyaslanması.

Bünyeden Bağımsız Sır Renk ve Opaklık Analizi	BÜNYEDEN BAĞIMSIZ KALIN SIR RENK DEĞERLERİ			referans	A1	A2
	(+)açıklık	L*	koyuluk(-)	92,83	92,80	92,38
(+)kırmızı	a*	yeşil(-)	-1,94	-1,95	-1,98	
(+)sarı	b*	mavi(-)	1,44	1,80	1,84	
Referansa göre $\Delta E$ renk sapma indeksi					0,36	0,60
Bünye Üzerinde Sır Renk ve Opaklık Analizi	BÜNYE ÜSTÜ İNCE SIR RENK DEĞERLERİ			referans	A1	A2
	(+)açıklık	L*	koyuluk(-)	90,71	90,65	89,44
(+)kırmızı	a*	yeşil(-)	-2,71	-2,03	-2,11	
(+)sarı	b*	mavi(-)	1,66	1,93	2,06	
Referansa göre $\Delta E$ renk sapma indeksi					0,74	1,46



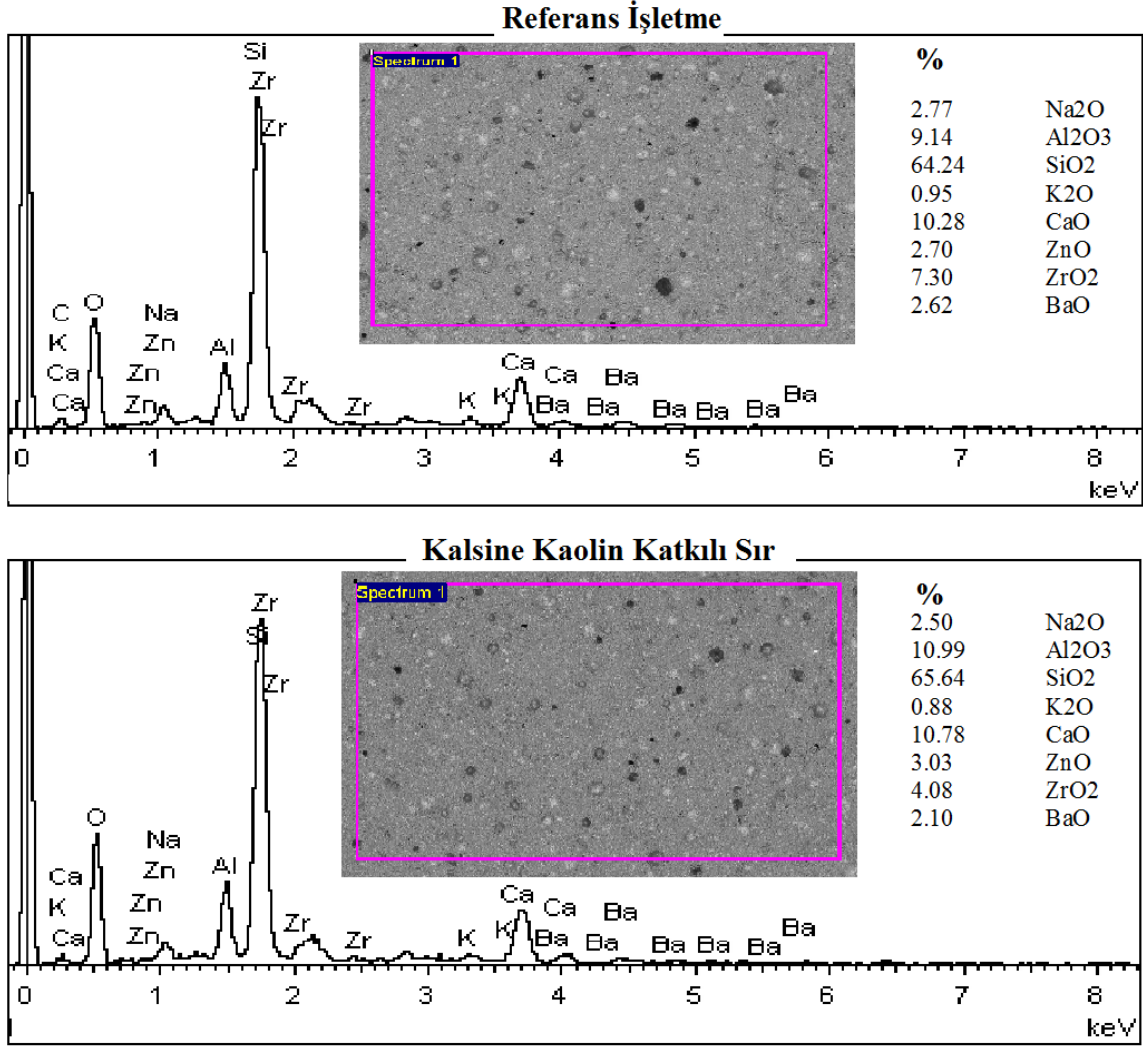
**Resim 1.** Referans ve A1, A2 nolu sır reçetelerinin bünyeden bağımsız hazırlanıp ölçümlenen sır numuneleri

İşletme referans reçetesi ve A1, A2 kodlu alternatif ham sır reçetelerinin preslenmiş tabletlerinin Resim 1'de görünen 1214 °C'de pişirilerek elde edilmiş kalın sırlardan alınan numunelere mineralojik analiz yapılmıştır. Şekil 2'de referans ve A1, A2 kodlu alternatif reçetelerin mineralojik analiz sonuçları grafiksel olarak gösterilmiştir. Tüm numunelerde birincil pik olarak zirkon ve ikincil olarak ise  $\alpha$  kuvars fazları bulunmakla beraber; kalsine kaolin ilavesi ile zirkon oranı düşürülen reçetelerinin x-ray difraktometre sonuçlarından elde edilen grafikte zirkon piklerinde seyrelme, alfa kuvars fazının piklerinin şiddet ve miktarında artış görülmektedir.



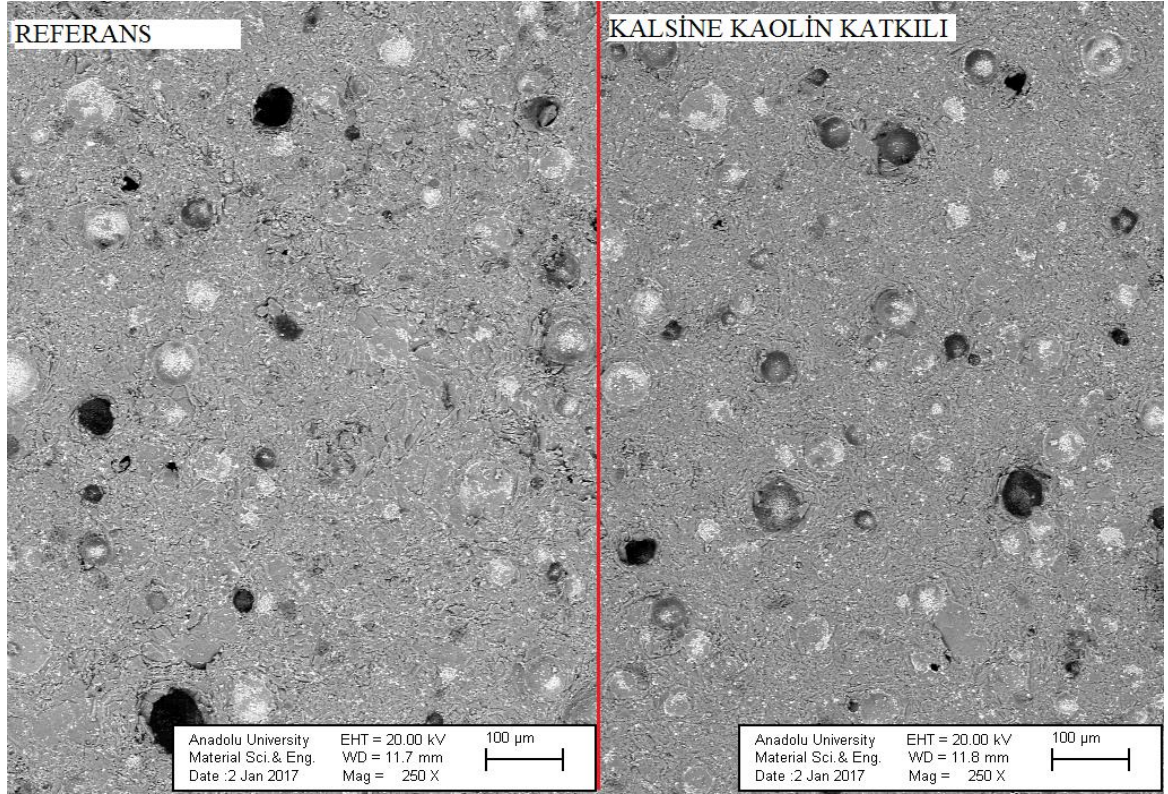
Şekil 2. Referans işletme ile A1, A2 kodlu alternatif kalsine kaolin uyarlanmış reçetelerin xrd desenleri.

Mikroyapı analizi; enerji dispersif x-ışını (EDX) analizi taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile morfolojisi ve kristal miktarları yönünden referans ile zirkon azaltılmış kalsine kaolin katkılı sır numunesinin görsel ve elementel analizleri Şekil 3’de gösterilmiştir. Tarama yapılan alandan toplanan x ışını analiz verilerine göre alternatif sırın, referans sıra göre mikro yapısında  $ZrO_2$  miktarının düştüğü görülmüştür. Bu düşüğe karşılık gelen farkın kalsine kaolin katkılı sırda yerini  $Al_2O_3$  ve  $SiO_2$ ’in aldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3. Referans işletme ve örnek kalsine kaolin katkılı sırların edx analizleri.

Şekil 4’de verilen taramalı elektron mikroskobu görüntülerinde küresel formdaki transparan camsı faz içerisinde beyaz kümelenmiş zirkon partikülleri referans sır görüntülerinde daha belirgindir. Zirkon miktarı kalsine kaolin yardımıyla azaltılan kalsine kaolin katkılı sır görüntüsünde işletme referans sır görüntüsüne nazaran camsı faz habbelerinin çapları 30-60  $\mu\text{m}$ ’den 10-40  $\mu\text{m}$ ’lere küçüldüğü, por çaplarının ise <50  $\mu\text{m}$ ’lere gerilediği ve camsı faz içerisindeki zirkon tanecik kümelerinin seyreltiği görülmektedir. Ayrıca kalsine kaolin katkısıyla üretilen sır yapısında cam ve kafes yapıcı oksitlerin ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) artması ile sırın mikroyapısı topoğrafik olarak daha homojenleşerek yapı kusurlarının azaldığı gözlenmiştir. Referans ve kalsine kaolin katkılı sırların her ikisinin de yapılarında mikro çatlaklara rastlanmamıştır.



Şekil 4. Referans işletme ve örnek kalsine kaolin katkılı sırların taramalı elektron mikroskop (sem) görüntüleri.

#### IV. GENEL SONUÇLAR

• Zirkonyum silikat oranı düşürülüp alternatif opaklık kaynağı olarak kalsine kaolin ilave edilen alternatif reçetelerinin Seger ve rasyonel analiz hesaplama sonuçlarına göre amfoter ( $R_2O_3$ ) ve asit ( $RO_2$ ) oksitler toplamında işletme reçetesi değerleri referans alınmıştır. Buna göre tasarlanan alternatif reçetelerinin sır genişleme katsayısı, yüzey gerilimi, sinterleme sıcaklığı gibi rasyonel çıktıları da referans reçete ile paralellik göstermelidir. Bu bağlamda Erime davranışı test sonuçlarına göre tüm alternatif çalışılan sırların sinterleme evrelerinin teknik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde, 1114-1269 °C aralığında olduğu görülmüştür.

• Tüm alternatif sır reçetelerinde örtücülük kriteri olan  $L^*$  değerleri ile  $\Delta E^*$  renk fark indeksi değerlerinin hedeflenen referans işletme sırina yakın ve gözle fark edilebilir eşik değerinin ( $\Delta E^*_{ab} < 2,3$ ) altında olduğu görülmüştür.

• Çalışmalar ışığında endüstriyel anlamda teknik yeterlilik olarak herhangi bir kayba uğramaksızın reçeteye kalsine kaolin ilave edilerek zirkon miktarını azaltabilmek mümkündür.

• Pişmiş sır numunelerinin genel yüzey yapılarının teknik yeterliliği; TSE EN ve sektörün endüstriyel standartlarına göre yüzey temizlenebilirlik, seyreltik asit ve alkaliye direnç, Harkort termal şok ve otoklav çatlama dayanım test sonuçları açısından kalite yüzey uygunluk sonuçları referans alınan işletme sırina göre endüstriyel olarak negatif yönde farklılık görülmemiştir.

• Referans işletme ile kalsine kaolin katkılı sırların elementel (edx) analizlerinde görülen  $ZrO_2$  oranı azalmasına rağmen teknik yüzey standartları ve örtücülük açısından kıyaslandığında teknik olarak birbirine göre eksiklikleri veya üstünlükleri olmadığı görülmüştür.

• Taramalı elektron mikroskopu ile yapılan mikro yapı incelemelerinde kalsine kaolin katkısı ile hazırlanan sırlarda endüstriyel kullanıma engel kayda değer yapı kusuruna rastlanmamış olup aksine camsı ve kristalin fazların yapıda daha homojen dağıldığı görülmüştür.

Geliştirilmeye çalışılan bu metodoloji ile endüstriyel olarak teknik yeterliliğe sahip, reçeteye kalsine kaolin uyarlamaları ile zirkon oranı düşürülmüş vitrifiye sıri geliştirmek mümkün gözükmektedir. Özellikle seramik sağlık gereçleri sır üretimi için vazgeçilmez, ithal, yerli kaynaklardan eldesi mümkün olmayan ve pahalı bir hammadde olan zirkon miktarının, belirli bir orana kadar yerli kaynaklarla eldesi mümkün olan kalsine kaolinle, çok daha ekonomik bir şekilde düşürülmesi mümkün görünmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Domenico Fortuna, ‘Sanitaryware’, Faenza Editrice, 2000 Italy.
- [2] Pekkan, K. *Zirkonsuz Opak Firit Üretimi ve Hızlı Pişirim Duvar Karosu Sırlarının Geliştirilmesi*, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 2009.
- [3] Eppler, R. A. , “Glazes for high-fire bodies”, *Ceram. Engineering Science. Proc.* 2000.
- [4] Synders, E. *The Developments of Zircon as a Superior Opacifier*, Tshwane University of Technology, Department of Chemical and Metallurgical Engineering, January 2007.
- [5] Pekkan K. , Karasu, B. ve Önal, H. Ş. , “Zirkonsuz Opak Firit ve Firit Bazlı Hızlı Tek Pişirim Duvar Karosu Sırı Üretimi ve Karakterizasyonu”, *IV. Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri SERES 2007 Bildiriler Kitabı*, 2007.
- [6] Karasu, B., Dölekçekiç, E., Taşpınar, B., Cömert, M., Özdemir, H., *Zirkonla Opaklaştırılmış Yer Karolarında Zirkon Kullanımını Azaltıcı Önlemler*, Tübitak Seramik Araştırma Merkezi (SAM), P/1999-7, 1999.
- [7] Karasu, B., Pekkan, K., “R2O-RO-(ZrO2)-B2O3-Al2O3-SiO2 Cam Seramik Sistemlerinden Hızlı Pişirim Duvar Karosu Opak Sırı Olarak Faydalanılması”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 2009.
- [8] Berns, R.S., *Billmeyer and Saltzman's principles of color technology*, J. Wiley/New York, 2000.
- [9] Özcan, A., “Kağıt Yüzey Pürüzlülüğünün  $L^* a^* b^*$  değerleri üzerine etkisinin belirlenmesi” , *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, cilt.7, sayı. 14, pp.53-61, İstanbul, 2008.
- [10] Eppler, R. A. , “Glazes for high-fire bodies”, *Ceram. Engineering Science. Proc.* 2000.