



Seramik Sağlık Gereci Fabrikası Filtre-pres Kek Atığının Porselen Karo Bünyesinde Kullanılması

The Usage of Ceramic Sanitaryware Filter-press Cake Wastes in Porcelain Tile Body

Yusuf Karaca¹, Zahide Bayer Öztürk², Elif Ubay¹

¹Ar-Ge Merkezi, Seranit Granit Seramik A.Ş., Bilecik, Türkiye

²Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 50300, Nevşehir, Türkiye

Başvuru/Received: 23/05/2023

Kabul / Accepted: 24/06/2023

Çevrimiçi Basım / Published Online: 13/07/2023

Son Versiyon/Final Version: 14/07/2023

Öz

Çevresel sorumluluk ve ekonomik üretim kapsamında, seramik üretiminde ortaya çıkan atık ürünlerin yeniden kullanılması oldukça önemlidir. Bu çalışma, seramik sağlık gereci üretiminde pişme öncesi aşamalarda oluşan yarı mamül ve üretim artıklarının fabrikanın tank ve havuzlarda birikip filtre-preslerde suyundan ayrılmasıyla elde edilen arıtma kekinin porselen karo bileşiminde kullanılan hammaddeler yerine kullanımının etkisini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Endüstriyel koşullar altında on bir farklı porselen karo reçetesi hazırlanmış ve bir standart porselen karo ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Sağlık gereçleri üretiminden elde edilen filtre-pres kek atığının %14 oranında porselen karo üretiminde kullanılan ithal kil, kaolen ve albit hammaddelerinin yerine kullanılması ile pişme dayanımını artırdığını ve pişme rengi, pişme küçülmesi gibi özelliklerde standarda benzer eğilim sergilediğini göstermektedir. Standarda yakın ve standarttan farklı eğilim sergileyen numunelerin seçilmesiyle yapılan mikroyapı ve faz analizlerinde kuvars ve müllit fazları tespit edilmiştir. Bu çalışma, seramik sağlık gereci filtre-pres kek atıklarının porselen karo üretiminde sürdürülebilir ve teknolojik, ekonomik ve çevresel açıdan kullanılabileceğini göstermektedir. Seramik sağlık gereci fabrikalarının filtre-pres kek atığının özellikle kil kaynağı sıkıntısı yaşayan seramik karo endüstrisinde alternatif hammadde olarak kullanılabilirliği, hammadde kaynaklarının daha verimli kullanılmasını, atığın geri kazanımını ve ekonomik bir üretimin gerçekleşmesini sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler

“Seramik karo, Sağlık gereci, Endüstriyel atık, Teknik özellikler”

Abstract

In the context of environmental responsibility and economic production, the reuse of waste products generated in ceramic production holds significant importance. This study was carried out to evaluate the effect of using cake waste in porcelain tile composition instead of raw materials. The cake waste is obtained by separating the semi-finished product and production residues formed in the pre-firing stages in the production of ceramic sanitary ware, removed from the water in the filter press, and accumulated in the tanks and pools of the factory. Under industrial conditions, eleven porcelain tile formulations were prepared and compared against a standard. The findings reveal that the incorporation of filter-press cake waste to a 14% in formulation by replacing the imported clay, kaolin, and albite increase in firing strength compared to standard, while demonstrating similar properties to the standard tile in terms of firing color and firing shrinkage. Microstructure and phase analyses conducted on samples both close to and indicated the presence of quartz and mullite phases. These results affirm that the utilization of filter-press cake waste presents a sustainable and technologically viable approach to the production of porcelain tiles, benefiting the economy and the environment. By employing filter press cake waste as an alternative in the ceramic tile industry, which faces clay resource scarcity, the efficient utilization of raw material resources, waste recovery, and cost-effective production can be achieved.

Key Words

“Ceramic tile, Ceramic sanitaryware, Industrial waste, Technical properties”

1. Giriş

Dünya genelinde seramik karo üretimi, endüstriyel sektörün önemli bir kolunu oluşturmaktadır. 2020 itibarıyla, dünya çapında seramik karo üretimi yılda yaklaşık 16.093 milyon m² 'ye ulaşmaktadır. Bu üretim miktarının büyük bir kısmı, Çin, Hindistan, Brezilya, Vietnam, İspanya, Türkiye ve diğer birkaç ülke tarafından gerçekleştirilmektedir. Türkiye, seramik karo üretiminde dünya çapında yüksek kaliteli seramik karoların üretildiği ve ihraç edildiği bir merkez olarak tanınmaktadır. Türk seramik karo sektörü, teknolojik gelişmelere uyum sağlama, iç pazarda-ihracatta talep görmesi ve tasarım yetenekleriyle dikkat çekmektedir (web site). Seramik karolar, kil, kaolen, feldispat, mermer, kuvars gibi inorganik hammaddelerin belirli oranlarda hazırlanıp öğütülmesi ve plaka halinde şekillendirildikten sonra sırlı veya sırsız desenli veya desensiz olarak bir veya birden fazla pişirilerek sertleştirilmesi suretiyle elde edilen iç ve dış mekânlarda kullanılan dekoratif ve dayanıklı malzemelerdir (Baş 1999). Son on yılda, porselen karo üretim hızı diğer seramik karo ürünlere kıyasla daha fazla artmıştır. Bu artış, porselen karoların estetik görünüşü ve mükemmel teknik özellikleri nedeniyle karo pazarında önemli bir yer edinmesine yol açmıştır. Porselen karoların aşınmaya karşı yüksek direnci, kimyasallara karşı dayanıklılığı, son derece düşük su emme değeri, aşınmaya, kimyasallara direnci, donma ve eğme testlerindeki dayanıklılığı gibi birçok özelliği onları özellikle endüstriyel alanlarda ve kimyasalların sıkça kullanıldığı yerlerde tercih edilen bir seçenek haline getirmiştir (Kocabaş 2007).

Son yıllarda seramik karo üretiminde daha ucuz maliyetlere sahip hammadde kaynaklarını kullanmaya, üretim giderleri arasında önemli bir yer tutan enerji maliyetlerini düşürmek için üretim ve pişirim hızını arttırmaya, üretim hatalarını önlemeye yönelik çalışmalar büyük önem kazanmaktadır (Bayer Öztürk 2012). Üretimde sürekliliğin sağlanmasında, endüstriyel atıkların kullanımı, sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm açısından önemli bir stratejidir. Geleneksel seramik karolar, genellikle doğal kaynaklardan elde edilen hammaddelerle üretilir ve bu da doğal kaynakların tükenmesine ve çevresel etkilere yol açabilir. Endüstriyel atıkların seramik karolarda kullanılması, doğal kaynak kullanımını azaltırken aynı zamanda atıkların geri dönüşümüne, teknik özelliklerin iyileştirilmesine ve estetik çeşitliliğe katkı sağlar (Binal and Ay 2015).

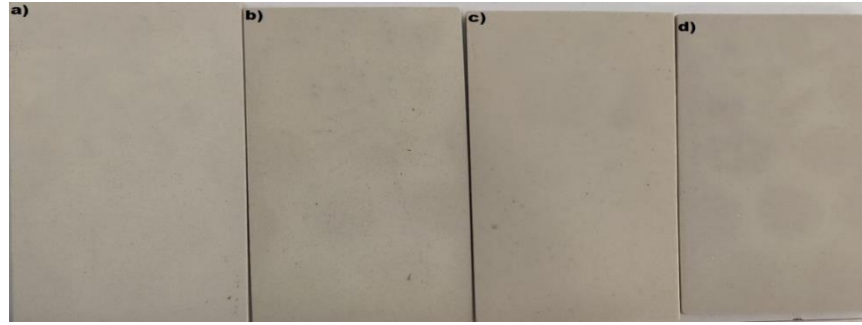
Endüstriyel atıkların seramik karoların bileşiminde kullanımını ele alan birçok çalışma literatürde bulunmaktadır. Cam atıklarının porselen karo bileşiminde feldispat yerine %5 miktarında kullanıldığı çalışmada cam atıkları karolara dayanım, pişme sürecinde yüksek yoğunluk, düşük su emme miktarı gibi avantajlar getirmiştir (Luz and Ribeiro 2007). Fe, Cr ve Cu gibi çok sayıda değerli madde içeren elektrik ark ocağı ve paslanmaz çelik çürüfları içeren seramik karolarda, Fe ve Cr renklendirici iyon olarak görev alan siyah renkli karo bünyelerin oluşmasını sağlamıştır (Liu et al. 2020). Yüksek fırın çürufu ilavesinin duvar karosunda kalsit ve kaolin yerine kullanıldığı bir başka çalışmada ise, çüruf ilavesi duvar karolarının mukavemetini arttırmış, termal genleşme katsayısını düşürmüştür (Bayer Öztürk and Eren Gültekin 2015). Dekoratif taş endüstrisinin ürünleri mermer, granit gibi taş kesim atıklarının seramik karolarda kullanıldığı çalışmalarda karoların teknik özelliklerini bozmadan atıkların kullanımı ile çevreci yaklaşımla üretimin gerçekleştirilebileceği tespit edilmiştir (Vasic et al. 2022; Montero et al. 2009). Siklon ve filtreler yardımıyla çimento üretiminde oluşan tozların porselen karo bileşiminde feldispat yerine kullanımının incelendiği bir çalışmada,%1 oranında çimento üretim atıklarının albit yerine kullanımı teknolojik özellikleri olumlu etkilemiştir (Aydın and Paksoy 2019). Plastik atıkları ise seramik karolara hafiflik, esneklik, dayanıklılık kazandırabilmektedir (Hardikar et al. 2019).

Seramik sağlık gereçleri (vitrifiye) sektörü seramik malzemelerin banyo ve mutfak gibi yaşam alanlarında kullanılan bide, tuvalet, rezervuar, lavabo gibi ürünlerin üretimini kapsamaktadır. Vitrifiye ürünleri üretimi, hammaddelerle (kil, kaolin, feldispat, kuvars vb.) elde edilen çamurun alçı kalıpta şekillenmesi, kurutulması, sırlanması, kontrollü sıcaklıklarda pişirilmesi (1200°C–1290°C) ve kalite-kontrol olarak özetlenebilecek bir dizi aşamayı içermektedir. Satışa uygun olmayan ve üretim hattında ıskartaya ayrılan ürünlerin yaklaşık olarak %5-7'si üreticiler tarafından hammadde olarak yeniden kullanılmaktadır (Medina et al. 2012; Bayer Öztürk and Atabey 2022). Ayrıca pişme öncesi aşamalarda oluşan hatalı yarı mamül ve proses atıkları da fabrikalarda tank ve havuzlarda toplanmaktadır. Havuzlarda biriken bu atıklar, filtre-pres yardımıyla suyundan ayrılarak arıtma kekini oluşturmaktadır. Bu açıdan hem filtre-pres kek atığının hem de ıskartaya ayrılan bu endüstriyel atıkların çeşitli alanlarda değerlendirilmesinin araştırılması gerekmektedir. Son zamanlarda, seramik sağlık gereci atıklarının inşaat malzemelerinde kullanımı üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Beton ve geopolimerlerde çimento ve uçucu kül yerine ikame edilen atıkların harçların dayanım gelişimlerini olumlu yönde iyileştirdiği tespit edilmiştir (Reig et al.2018; Atabey &Öztürk 2021). Etkili, ekonomik bir aşındırıcı olarak kullanımını ele alan bir çalışmada seramik sağlık gereci atıkları eleme ve segregasyon işlemleri sonrasında aşındırma makinesinde aşındırıcı malzeme olarak kullanılmıştır (Muthukumaran et al. 2021). Seramik sağlık gereci atıklarının seramik porselen karolarda değerlendirilmesini ele alan bir çalışmada atığın feldispat yerine kullanımı pişme küçülmesini arttırırken, eğilme dayanımını düşürmüştür. Aynı çalışmada, atığın pegmatit yerine kullanımı ise eğilme dayanımını arttırmış, termal genleşme katsayısını düşürmüştür (Tarhan et al. 2016). Literatürdeki çalışmalar seramik sağlık gereci atıklarının inşaat alanında yoğun olarak kullanıldığını, seramik alanında daha fazla çalışmanın yapılmasına ihtiyaç olduğunu ve araştırmalarımıza göre pişme öncesi aşamalarda oluşan filtre-pres kek atığı ile ilgili çalışma olmadığını göstermektedir. Bu çalışmada; önceki çalışmalardan farklı olarak seramik sağlık gereci atıklarının porselen karo bünyesindeki farklı hammadde bileşenlerinin (kil, kaolen ve feldispat) yerine de bileşime dahil edilmesiyle karoların teknik ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. İlgili çalışmada kompozisyonal değişimlerin mikroyapı üzerindeki etkisini de inceleyebilmek için faz analizi ve elektron mikroskobu analizleri gerçekleştirilmiştir.

2. Deneysel Çalışma

2.1. Hammadde Karakterizasyonu

Vitrifiye imalatı gerçekleştiren endüstriyel bir firmanın (Sanikey Seramik Sağlık Gereçleri, Gebze), atık havuzundan atık kek temini gerçekleştirilmiştir. Temin edilen filtre-pres kek atığı (FPA), seramik karo fabrikasındaki (Seranit Granit Seramik, Bilecik) porselen karo bileşiminde kullanılan yurtdışından temin edilen kil, albit ile kıyaslanmış ve fiziksel özellikleri incelenerek kullanılabilirliğine bakılmıştır. Temin edilen FPA, önce 100°C’ de yaklaşık 5 saat süre ile etüvde kurutulmuştur. Sonrasında kırıcı ile kırılarak 125 mikron altı boyutlara düşürülmüştür. Mikron boyutlardaki atık malzeme, değirmenlere birebir ve reçetede kullanılan diğer hammaddelerden albit ve ithal kil ile beraber değirmende çevirilerek (30 dk) çamur haline getirilmiş ve kurutulmuştur. Kurutulan hammaddeler, %5 rutubetlendirilip havanda öğütülerek Gabrielli marka pres ile 150 barda preslenerek plaka haline getirilmiştir. Preslendikten sonra rutubetini kaybetmesi için etüvde bekletilen tabletler, 50 dk 1205 °C’de endüstriyel fırın rejiminde pişirilerek kıyaslanmıştır. Atık kek ve standart hammaddenin pişirilmiş plaka görüntüleri Şekil 1’de yer almaktadır.



Şekil 1. Atık kek, albit ve ithal kil hammaddelerinin pişme sonrası görüntüleri, a)İthal Kil, b)FPA, c)%50 İthal Kil ve %50 Albit, d)%50 FPA ve %50 Albit.

2.2. Numunelerin hazırlanması

Karakteristik özellikleri belirlenen hammaddeler ile seramik karo fabrikasının porselen karo masse reçetesine farklı kombinasyonlar da atık kek ilavesi ile çalışmalar yapılmıştır (Tablo 1). Gerekli prosesler uygulanıp endüstriyel fırında pişirilen reçeteler, ilk olarak fiziksel ve mekanik analizlere tabi tutulmuştur. Standart reçeteye yakınlık durumlarına göre aralarında farkı görmek için, standart reçete sonuçlarına çok, orta ve az yakınlık gösteren numunelere faz analizi (XRD- Rigaku Miniflex 600 model), kimyasal analiz (XRF, Rigaku ZSX Primus) ve mikroyapı analizleri (SEM-EDS –Zeiss Supra 50) yapılmıştır. Reçeteler birbiri içerisinde karşılaştırıldığında en uygun 11 nolu reçete olduğu tespit edilmiş ve seramik karo fabrikasında aktif olarak kullanılmaya başlanılmıştır.

Tablo 1. Filtre pres kek atığının kullanımı ile oluşturulan yeni porselen karo reçeteleri

Numune kodu	Kil-1	İthal Kil	Kil-2	Kil-3	Kaolen	Silis Kumu	Albit	Filtre-pres Kek
Std	14	13	3,5	3,5	15	13	38	0
1	16	6,5	3,5	3,5	18	13	33	6,5
2	16	6,5	3,5	3,5	16	13	35	6,5
3	16	6,5	3,5	3,5	18	15	31	6,5
4	16	6,5	0	7	18	15	31	6,5
5	16	7	0	0	18	13	33	13
6	14	0	0	0	15	13	38	20
7	14	6	0	0	14	12	34	20
8	14	7	3	3	15	13	35	10
9	14	0	3	3	15	13	34	18
10	10	0	3	3	18	13	30	23
11	14	8	3	3	12	12	34	14

Hazırlanan reçeteler 1'er kg hazırlanarak içerisine 500'er ml su ilave edilerek bilyeli değirmende 35 dakika çevrilmiştir. Çevrilen çamurların, değirmeden çıkartılarak viskozite, yoğunluk ve elek bakiye analizleri yapılmıştır. Daha sonra çamurlar, etüvde 100 °C' de 2 saat bekletilerek kurutma işlemi yapılmıştır. Kurutulan karışımlar, havan ile öğütülerek Gabbrielli markalı preste 55*110 mm ebatında 150 bar basınçta basılarak plaka haline getirilmiştir. Ham halde olan plakalara kırılma dayanımı ve eğilme dayanımı analizleri yapılmıştır. Daha sonra plakalar, 1206 °C' de 50 dakika endüstriyel rejimde pişirilmiştir. Pişirilen plakalara kırılma dayanımı, eğilme dayanımı, pişme küçülme, L*a*b* renk ölçümü ve su emme analizleri yapılmıştır. Sonuçlar incelenerek standart numuneye en yakın olan numuneler Seramik Araştırma Merkezinde XRD-SEM-EDS analizlerine tabi tutulmuştur. Basılan plakaların görseli Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Vitrikiye filtrepres kek atığı ilaveli numunelerin pişme sonrası görüntüleri

3. Deneysel Sonuçları

3.1. Vitrikiye Filtrepress Keklerin Karakterizasyonu

Albit, ithal kil ve atığın kimyasal bileşim oranları Tablo 2'de, temin edilen filtre-pres kekin renk, pişme küçülme, su emme, ham ve pişmiş mukavemet değerleri de Tablo 3'de sunulmuştur. Filtre-pres kek atığının kimyasal analiz sonuçları ithal kile yakın değerlerdedir. Fiziksel analiz sonuçlarına göre, ithal kilin pişme rengi diğer numunelerden daha açık çıkmıştır.

Tablo 2. Albit, ithal kil ve vitrikiye filtre-pres kek atığının XRF ile belirlenen kimyasal analiz sonuçları

Hammadde	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	ZrO ₂	BaO	A.Z.
Albit	10,2	0,30	17,6	69,4	0,22	0,01	0,39	0,77	0,30	0,23	0,04	-	-	0,55
İthal kil	0,47	0,44	27,29	58,25	0,08	0,08	2,02	0,46	1,38	1,16	0,46	0	0	8,33
FPA	1,83	0,27	25,29	60,83	0,05	0,04	1,01	1,50	0,56	1,44	0	0,83	0,34	6,02

Tablo 3. Albit, ithal kil ve vitrifiye filtre pres kekin fiziksel analiz sonuçları

Numune Adı	Renk (L*a*b)	Pişme Küçülme (%)	Su Emme (%)	Ham Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Pişmiş Eğilme Dayanımı (N/mm ²)
İthal Kil	L:80,24, a:1,07 b:12,66	7,15	0,42	2,48	34,71
FPA	L:77,75, a:0,92, b:10,35	6,94	5,61	1,71	52,46
İthal Kil + Albit	L:78,12, a:0,56, b:12,05	6,96	0,01	1,55	61,44
FPA+Albit	L:72,75, a:1,08, b:9,20	8,85	0	0,83	50,3

3.2. Numunelerin fiziksel özellikleri

Vitrifiye atıklı reçeteler ve standart endüstriyel üretim kalite standartlarında hazırlanmış ve analizler uygulanmıştır. Çamur formuna getirilen reçetelerin viskozite, yoğunluk ve elek bakiyeleri incelenmiştir (Tablo 4). Hazırlanan reçetelerin çamur yoğunlukları 1710-1755 g/l'tir, viskoziteleri 27-35 sn aralığında olup 63 mikron elek bakiyeleri % 0,3-0,4 arasındadır. Reçetelerin litre ağırlıkları, elek bakiye ve viskozite değerleri standartlara uygundur.

Tablo 4. Std ve FPA içeren yeni bileşimlerin litre ağırlığı, elek bakiye ve viskozite sonuçları

Numune Adı	Litre Ağırlığı (g/l)	Elek Bakiye (63 µm)	Viskozite (sn)
STD	1725	0,3	30
1	1715	0,3	32
2	1720	0,4	29
3	1730	0,3	31
4	1730	0,3	27
5	1725	0,3	27
6	1725	0,3	27
7	1715	0,4	32
8	1710	0,4	29
9	1710	0,4	27
10	1735	0,4	31
11	1755	0,4	35

Pişmiş reçete plakalarının eğilme dayanımları, pişme renkleri, pişme küçülmeleri ve su emme testleri yapılırken ham plakalara ise sadece eğilme dayanım testleri yapılmıştır (Tablo 5). Standart masse reçetesine farklı kombinasyonlar ile ilave edilen filtre-pres kek atıklı reçetelerin karakterizasyonu için standart masse reçetesine yakın, orta ve uzak sonuçlar gösteren reçeteler belirlenip faz ve mikroyapı (SEM-EDS) analizleri yapılmıştır. Pişme rengi ve pişme küçülmesi sonuçlarına göre Std ve 11 numaralı numune benzer davranış sergilemiştir, 11 numaralı numunenin pişme dayanım sonucu ise standarttan yüksektir. Pişme dayanımı en yüksek olan 2 numaralı numunenin pişme rengi ve küçülme değerleri standarttan farklı olması sebebiyle seçilememiştir. 11 numaralı numunede atığın %14 oranında kullanımı ile de standart karo bileşimine önemli bir katkı sağlanmış olmaktadır.

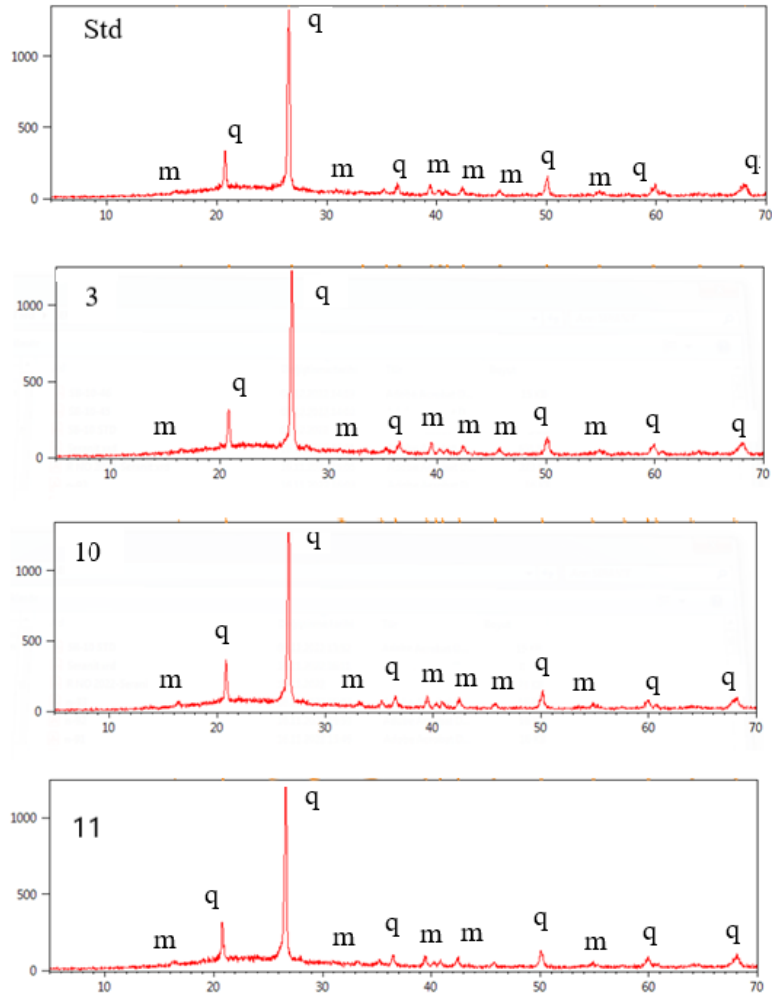
Tablo 5. Pişme sonrası numunelerin fiziksel özellikleri

Numune Adı	Renk (L*a*b)	Pişme Küçülme (%)	Su Emme (%)	Ham Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Pişmiş Eğilme Dayanımı (N/mm ²)
STD	L:69,92, a:2,93 b:10,57	7,72	0,01	1,25	66,0
1	L:67,48, a:3,67, b:10,31, ΔE: 2,62	8,23	0,02	1,52	67,0
2	L:66,95, a:3,64, b:10,44, ΔE: 3,23	7,98	0,01	1,95	77,0
3	L:72,27, a:3,35, b:10,2, ΔE: 2,32	6,87	0,05	1,32	64,1
4	L:70,9, a:3,23, b:9,99, ΔE: 1,17	7,29	0,06	1,25	63,1
5	L:71,72, a:2,95, b:9,4, ΔE: 2,45	7,41	0,06	1,55	60,6
6	L:67,51, a:3,55, b:10,29, ΔE: 2,54	8,13	0,01	1,29	61,8
7	L:74,07, a:1,99 b:10,34, ΔE: 2,85	7,91	0,05	1,21	58,0
8	L:70,2, a:2,38, b:10,63, ΔE: 0,61	7,51	0,03	1,73	60,0
9	L:69,92, a:2,99, b:10,06, ΔE: 0,38	8,33	0,09	1,2	58,0
10	L:72,54, a:2,46, b:10,02, ΔE: 1,72	8,29	0,01	1,19	59,1
11	L:69,98, a:2,56, b:10,89, ΔE: 0,29	7,85	0,01	1,4	68,3

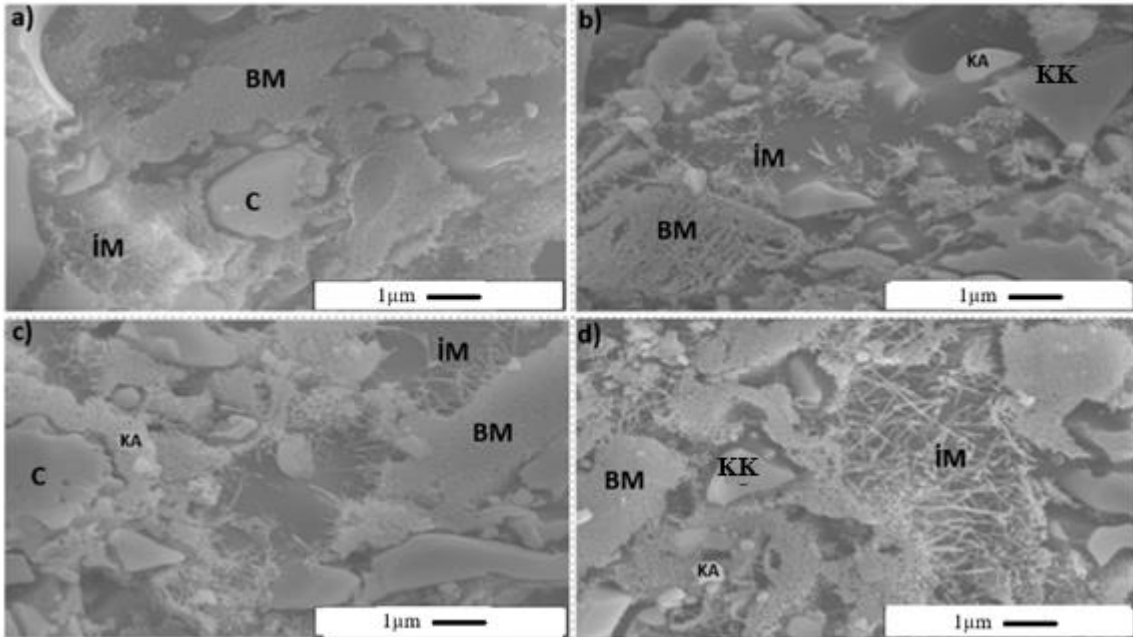
Ham reçete plakalarının kırılma dayanımları, 1,2-1,9 N/mm² arasında belirlenmiştir. Pişmiş kırılma dayanımları ise, 58-79 N/mm² aralığındadır. Standart (7,72) reçeteye en yakın pişme küçülme gösteren reçete 11'dir (7,85). En uzak ise, 9 kodlu (8,33) reçetedir. Renk analizlerinde en yakın, 11 kodlu reçetedir. En uzak ise 3 kodlu reçetedir. Su emme değerleri, 0,01-1 aralığındadır.

3.3. Faz ve mikroyapı analiz sonuçları

Reçetelere uygulanan fiziksel ve mekanik analiz sonuçlarına bakıldığında, standart reçeteye en yakın (11), orta yakın (10) ve en uzak (3) kodlu reçeteler belirlenip faz ve mikroyapı analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları, Şekil 3'de gösterilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde tüm reçetelerde müllit ve kuvars fazları tespit edilmiştir. Oluşan fazların şiddetleri arasında büyük bir farklılık görülmemektedir. Standart reçete dışındaki reçetelerde ithal kil, kaolen oranlarında düşüş yapılmış olup, yerine atık kekin ilavesi yapılmıştır. Kimyasal analiz sonuçları da benzer olan ithal kil ve atığın birlikte kullanıldığı numunelerin faz yapılarında da bu nedenle büyük farklılık görülmemiştir. Standart ve belirlenen numunelerin, mikroyapı analiz sonuçları Şekil 4'dedir. Mikroyapılar incelendiğinde özellikle 11 numaralı numunede uzun iğnesel müllit kristalleri dikkati çekmektedir. Müllite hipotezine göre, müllit oranı ve müllit iğnelerinin kenetlenmesi arttıkça porselen karoların mukavemeti de artmaktadır (Romero and Perez 2015). Bu durum diğer numunelere kıyasla dayanımların neden arttığını da kanıtlamaktadır.



Şekil 3. Seçilen numunelerin faz analiz sonuçları (q: kuvars, m:müllit)



Şekil 4. Standart ve FPA ilaveli numunelerin mikroyapıları (a: Standart, b:3, c:10, d:11) BM: Birincil Müllit, İM: İkincil Müllit, C: Camsı Yapı, K.A: Kalıntı Albit, KK: Kalıntı Kuvars)

4. Genel sonuçlar

Bu çalışmada, seramik sağlık gereci fabrikasından temin edilen filtre-pres kek atığının porselen karo bünyelerinde kil, kaolen ve albit yerine kullanımı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarına göre:

- Öncelikli olarak filtre-pres kekin fiziksel özellikleri incelenerek ithal kil ile muadil olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir.
- Seger yardımı ile hazırlanan reçetelerde, atık ilavesi %6,5-23 aralığında standart bileşime ilave edilerek, diğer hammaddelerin oranları değiştirilip çalışılmıştır. Pişme küçülmesi, pişme rengi ve dayanım sonuçlarına göre %14 oranında filtre-pres kek atığı içeren 11 numaralı numune endüstriyel üretimde kullanılmak üzere seçilmiştir.
- Elde edilen fiziksel sonuçlara göre standart numuneye yakın ve uzak olarak belirlenen 3, 10 ve 11 numunelerinin faz ve mikroyapı analizlerinde müllit ve kuvars fazları dikkat çekmektedir. 11 numaralı numunenin mikroyapı analizinde tespit edilen ikincil müllit iğnelerinin birbirine kenetlenerek pişme dayanımı üzerinde önemli rol oynadığı tespit edilmiştir. Seramik sağlık gereci sektörü filtre-pres kek atıklarının seramik karo üretiminde kullanılması, hammadde ve üretim maliyetinin düşürülebilmesinde, atığın temin edildiği firmada depolama-tozlaşma ve kirlilik problemlerinin önüne geçilmesinde önemli katkı sağlayacaktır.

Referanslar

- Atabey, İ.İ. & Bayer Öztürk, Z. (2021). Investigation of usability of ceramic sanitaryware wastes in geopolymer mortar production, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 12, 212-219. Doi: 10.29137/umagd.782733
- Aydın, T. & Paksoy, Ç. (2019). The effect of cement raw mix waste dust on porcelain tile properties, *Journal of Australian Ceramic Society*, 55, 37-45. Doi: 10.1007/s41779-018-0208-1
- Baş, A. (1999). Türk seramik kaplama malzemeleri sektörünün rekabet analizi ve uluslararası bir strateji önerisi, Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Bayer Öztürk, Z. (2012). Porselen karoların üretim koşullarının ve teknik özelliklerinin geliştirilmesi, Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Eskişehir.
- Bayer Öztürk, Z. & Eren Gültekin, E. (2015). Preparation of ceramic wall tiling derived from blast furnace slag, *Ceramics International*, 41 (9), 12020-12026. doi: 10.1016/j.ceramint.2015.06.014
- Bayer Öztürk, Z. & Atabey, İ.İ. (2022). Mechanical and microstructural characteristics of geopolymer mortars at high temperatures produced with ceramic sanitaryware waste, *Ceramics International*, 48 (9), 12932-12944. Doi: 10.1016/j.ceramint.2022.01.166
- Binal, G., Ay, N. (2015). Utilization of magnesite host rocks in wall tile, *Journal of Australian Ceramic Society*, 51 (1), 1-7.
- Hardikar, A., Omkar, B., Wagholikar, S., Shivdeo, A. & Bhikule, R. (2019) Comparative analysis of tiles made from recyclable LDPE plastic waste, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 8 (2), 22-25.
- Kocabaş, M.S. (2007). Porselen karo ve anortit minerali ile geliştirilen kompozisyona magnezyumlu kil ve/veya handit ilavesinin teknolojik özellikler üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Liu, M., Ma, G., Zhang, X., Liu, J. & Wang, Q. (2020). Preparation of black ceramic tiles using waste copper slag and stainless steel slag of electric arc furnace, *Materials*, 13 (3), 776. doi: 10.3390/ma13030776
- Luz, A.P. & Ribeiro, S. (2007). Use of glass waste as a raw material in porcelain stoneware tile mixtures, *Ceramics International*, 33 (5), 761-765. doi: 10.1016/j.ceramint.2006.01.001
- Medina, C., Frias, M. & Sanchez de Rojas, M.I. (2012). Microstructure and properties of recycled concretes using ceramic sanitaryware industry waste as coarse aggregate, *Construction and Building Materials* 31, 112-118. doi:10.1016/j.conbuildmat.2011.12.075
- Montero, M.A., Jordan, M.M., Hernandez-Crespon, S. & Sanfeliu T. (2009). The use of sewage sludge and marble residues in the manufacture of ceramic tile bodies, *Applied Clay Science*, 46 (4) 404-408. doi: 10.1016/j.clay.2009.10.013
- Muthukumar, N., Devaraj, P., Arunkumar, P., Sekar, T. (2021). Re-use of abandoned sanitary ware waste as abrasive particles for abrasive jet machine, *Materials Today Proceedings*, 45 (2), 562-563. Doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.290
- Reig, L., Soriano, L., Tashima, M.M., Borachero M.V., Monzo, J., Paya, J. (2018). Influence of calcium additions on the compressive strength and microstructure of alkali-activated ceramic sanitary-ware, *Journal of American Ceramic Society*, 101, 3094-3104. Doi: 10.1111/jace.15436
- Romero, M. & Perez, J.M. (2015). Relation between the microstructure and technological properties of porcelain stoneware. A review, *Materials de Construccion*, 65 (320), e065. Doi: 10.3989/mc.2015.05915

Tarhan, B., Tarhan, M. & Aydın, T. (2016). Reusing sanitaryware waste products in glazed porcelain tile production. *Ceramics International*, 43 (3), 3107-3112. doi: 10.1016/j.ceramint.2016.11.123

Vasic, M.V., Mijatovi, C.N. & Radojevic, Z. (2022). Aplitic Granite Waste as Raw Material for the Production of Outdoor Ceramic Floor Tiles, *Materials*, 15 (9), 3145. doi: 10.3390/ma15093145

Web site: <https://ramazaninan.com.tr/osto/SeramikSektorRaporu-2021.pdf>