

Antibakteriyel Özellikli Duvar Karolarının Geliştirilmesi

Gamze KARAKEDİ SAKARYA* , Elif UBAY 

Seranit Granit Seramik, Ar-Ge Merkezi, Eskişehir, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Antibakteriyel
Seramik
Duvar Karosu
Gümüş

Özet

Seramik karolar estetik özelliklerinin yanında mekanik özelliklerinin yüksek olması, kimyasal dayanım ve lekelenme direnci gibi üstün özelliklere sahiptirler. Seramik karolar; hastanelerde, okullarda, ameliyathanelerde, mutfaklarda, ticari binalar ve evlerde yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Klinik, endüstriyel ve ev ortamlarında potansiyel olarak bakteri, mantar, virüsler gibi patojenik mikroorganizmaların cilt temasına bağlı ölüm oranları dikkate değerdir. Hastane enfeksiyonları ve çeşitli dermatomlar potansiyel sağlık riskleri arasındadır. Özellikle, hastanelerde zeminler üzerinde kan vb ortamlarda kolayca barınabilen bakteriler insan sağlığı açısından büyük risk teşkil eder, bu tarz durumlarda antibakteriyel karoların insan sağlığı için önemi ortaya çıkmaktadır. Bu doğrultuda; klinik, endüstriyel ve evsel alanlarda, antibakteriyel zemin ve duvar kaplama malzemelerin gerekliliği yadsınmaz bir gerçektir. Bu çalışmada, gümüş ilaveli antibakteriyel ajan Seranit Granit Seramik duvar karosu mat sırna entegre edilmiştir ve ISO 22196 Antibakteriyel etkinlik testine tabi tutulmuştur. %1 antibakteriyel toz ilaveli sırda antibakteriyel etkinlik sağlanırken %0,5 ilaveli sırda sağlanamamıştır. EDX analizi, antibakteriyel aktivite testi sonucunu doğrulayan bir sonuç vermiştir. Ayrıca, sır yüzeylerinde herhangi bir hata gözlemlenmemiştir. Antibakteriyel toz, sırın az miktarda renk özelliklerini değiştirmiştir ancak standartlar dahilindedir.

Development of Antibacterial Wall Tiles

Keywords:

Antibacterial
Ceramic
Wall Tile
Silver

Abstract

Ceramic tiles have superior properties such as high mechanical properties, chemical durability, and stain resistance in addition to aesthetic properties. It is widely encountered in hospitals, operating theaters, commercial buildings, schools, houses and kitchens. In clinical, industrial and home settings, mortality rates of pathogenic microorganisms like bacteria, fungi and viruses due to potential skin contact are remarkable. Hospital infections and various dermatomes are among potential health risks. Particularly, bacteria that can easily be found (in the blood, etc.) on the grounds in hospital pose a great risk for human health. In such circumstances, the importance of antibacterial tiles for human health becomes evident. Accordingly, the necessity of antibacterial floor materials in clinical, industrial and domestic areas is an indisputable fact. In this study, silver-added antibacterial Seranit Granit Seramik is integrated into wall glaze and was subjected to ISO 22196 an antibacterial effectiveness test. While antibacterial activity is provided in the glaze with 1% antibacterial powder addition, it is not provided in the glaze with 0.5% addition. Furthermore, any error was not observed on the glaze surfaces. EDX analysis gave a result confirming the antibacterial activity test result. The antibacterial powder slightly changed the color properties of the glaze, but it was within the standards.

1 GİRİŞ

Son yıllarda bakteri sayılarındaki artışın fazla olmasıyla birlikte ilaç sektöründe kullanılan antibiyotiklerin, seramik, tekstil, yapı kimyasalları ve boyalarda kullanılan bakteri karşıtı uygulamaların yetersiz kalmasına yol açmıştır [1]. Zaman içinde bakterilerin ve virüslerin dirençli hale gelmelerinden dolayı antibakteriyel uygulamalarda yeni sistemlerin geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu ihtiyaç sonucunda, nanoteknoloji tabanlı uygulamaların kullanımı giderek artmıştır. Mevcut sistemlerde doğal özelliklerinden dolayı antibakteriyel özelliklere sahip olan çinko ve gümüş gibi metallerin tane boyutunun nano boyuta indirgenmesiyle birlikte antibakteriyel özelliklerinde artış olduğu gözlenmiştir [2]. Tane boyutu azaldıkça nano partiküllerin yüzey alanı artar, artan yüzey alanı ile daha fazla etkileşim kurmasını sağlar. Bu sebeple, Ag ve Zn metallerinin nano boyutta daha yüksek oranda antibakteriyel aktivite sağladığı gözlenmiştir. Bu durum, nano boyutta toz sentezlenmesini zorunlu kılmıştır. Tane boyutunun nano boyutta olmasının yanında antibakteriyel özellikleri etkileyen başka parametrelerin olduğu da yapılan çalışmaların sonunda anlaşılmıştır. Bu parametreler; kompozisyon, tane şekli ve zeta potansiyelidir [2]. Padmavathy N ve arkadaşları tane boyutunun yanında tane şeklinin de antibakteriyel etkinliği etkileyebileceğini öngörmüşler ve tane şeklinin antibakteriyel özelliklere olan etkisinin anlaşılması için deney düzenekleri oluşturulmuştur. Deney sonucunda üçgen şeklinde bulunan üçgen nano gümüşlerin iyonik şekilli nano partiküllerin en yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip olması bunun bir göstergesidir [3]. Metal iyonlarının bakterilerin metabolizmalarına girerek onları etkisiz hale getirmektedir. Metal iyonlar bakteri ve mikroorganizmalara karşı farklı seviyelerde direnç gösterirler. Metal iyonlarının antibakteriyel etkinlikleri sırasıyla $Ag > Hg > Cu > Cd > Cr > Pb > Co > Au > Zn > Fe > Mn > Mo > Sn$ şeklindedir. Gümüş metalinin bakterilere karşı kullanılan metal iyonları içerisinde en etkili olduğu görülmektedir. Gümüş metalinin antibakteriyel uygulamalarda kullanılmasının nedeni yalnızca sahip olduğu yüksek antibakteriyel direnç değil buna ek olarak vücuda herhangi bir zararının bulunmaması, çoğu metale göre daha ucuz olması ve kolay üretim yöntemi etkilidir [4]. Metallerin antibakteriyel özellikleri ile ilgili ilk çalışmalar 1893 yılında başlamış olup günümüzde de devam etmektedir. Daha sonraki çalışmalarda gümüşün metaller içerisinde en etkili ve aynı zamanda insan ve hayvanların hücre sistemine en az etkisi olduğu anlaşılmıştır [5]. Gümüş bilindiği aksine zararlı bir metal değildir. Hatta gümüşün fadaları jül Sezar döneminden beri bilinmektedir. Kalıcı antibakteriyel özellik sağlamak için yapılan çalışmalarda geçmişten beri bazı hastalıkların tedavisinde, bakteri oluşumlarını durduran çalışmalarda gümüş iyonları tercih edilmiştir. Örneğin, Romalılar, gümüş parçalarını yaraları, yanıkları ve kesikleri tedavi etmek amacıyla, Grekler ise su kaplarından bakterileri temizlemek için gümüşü tercih etmişlerdir. Ayrıca, Gümüş nitrat ($AgNO_3$) ülser tedavisinde kullanılmıştır. Penisilin ve sülfä ilaçları ortaya çıkana kadar yaraları ve farklı enfeksiyonları iyileştirmek için yaygın olarak kullanılmıştır [6]. 1965 yılında ise, $AgNO_3$ 'ün antibiyotikler üzerindeki avantajından yararlanarak pamuklu gazlı bezlerin sık sık %0,5 $AgNO_3$ çözeltisi ile ıslatılmasını içeren yanıklarda izlenecek prosedür oluşturulmuştur [7].

Seramik malzemelerde, antibakteriyel aktivite önem teşkil eder ve daha önce bu konu ve antibakteriyel etkinlik ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Su ve arkadaşları çalışmasında, Hidroksiapatit'in zararsız, biouyumlu ve kristal yapısından kaynaklanan kanallarında bulunan Ag^+ , Cu^{+2} ve Zn^{+2} gibi antibakteriyel iyonlar ile katı çözeltiler oluşturarak yapısını tamamladığı için hidroksiapatiti ve antibakteriyel olarak gümüş iyonlarını kullanmışlardır. Çalışmada, ilk olarak Hidroksiapatit (HA) sentezi yapılmıştır. Sentez sırasında $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, $(NH_4)_2.HPO_4$ ve amonyak (pH düzenleyici) kullanılarak damıtılmış su ortamında sentezlenen HA; gümüş taşıyıcılı nano-HA oluşturmak için iyon değiştirme işlemine tabii tutulmuştur ve iyon çözeltisi işleminde $Ag(NO_3)$ tuzu kullanılmıştır. İyon değişimi tamamlandıktan sonra ağırlıkça farklı oranlarda Ag (ağırlıkça %1'den %4'e kadar) içeren antibakteriyel toz elde edilmiştir ve HA ile birlikte tozlara $600^\circ C$ 'de bir saat ısıl işlem uygulanmıştır. Ağırlıkça %2 antibakteriyel katkı maddesi içeren toz ağırlıkça %0,05'ten ve 0,20'ye kadar olan oranlarda gümüş içerecek şekilde sıra kompozisyonuna ilave edilmiş ve ağırlıkça %2,5'ten %10'a kadar değişen oranlarda antibakteriyel ürün elde etmişlerdir[8]. Mohomad ve ark. mikron ve nano boyutlu anataz tozu antibakteriyel malzeme olarak performanslarını gözlemlemek için çalışma gerçekleştirmişlerdir. Mikron boyutundaki anataz tozu ağırlıkça %5, ağırlıkça %10 ve ağırlıkça %15 olarak değiştirilirken nano boyutlu anataz ağırlıkça %10'da sabitlemişlerdir. Anataz tozlar, sıra bileşimi ile karıştırılmış ve daha sonra karo yüzeyine kaplanmış. Üretilen numune, fiziksel görünüm, taramalı elektron mikroskopu (SEM) analizi ve antibakteriyel test ile karakterize edilmiştir. 0 saat, 2 saat, 4 saat ve 8 saatte bakteri üremesi anataz ilavesi üretilen karonun rengini biraz değiştirdiği gözlenmiştir. Bununla birlikte, nano boyutlu anataz karolar üzerindeki antibakteriyel ajanların yüzey alanının daha geniş olması nedeniyle mikron boyutuna kıyasla daha iyi antibakteriyel özellikler verdiği sonucuna ulaşmışlardır[9]. Seabra, M. P., ve diğerleri, antimikrobiyal etkili porselen karolar üretilmesini gerçekleştirmişlerdir. Sonuçta üretilen porselen karolar, S. aureus ve E. coli bakterileri için sırasıyla % 77 ve % 81'in üzerinde bir popülasyon azalmasını göstermiştir [10].

Duvar karoları, yüksek porozite ve %10-20 arasında su emme değerine sahip 1120-1150 °C sıcaklık aralığında pişirilen seramik karo olarak tanımlanmaktadır [11]. Duvar karoları genellikle yüksek porozite, nem adsorpsiyonuyla düşük genleşme ve yüksek boyutsal kararlılık özellikleriyle karakterize edilirler [12]. Sır, seramik çamurunun pişirilmesi ile oluşan bünyenin ince bir tabaka şeklinde kaplanması ile bisküvi denilen bünye üzerinde eriyen cam veya camsız yapıdır [13]. Duvar karoları seramik kaplama malzemeleri arasında yer almaktadır. Seramik kaplama malzemeleri sektörü, teknolojik yenilikleri ve pazar eğilimlerinin fazla olduğu dinamik bir endüstridir. Mevcut üretim rotasyonlarının esnekliği, kimyasal ve minerolojik bileşimi gibi özellikler seramik kaplama malzemelerine derinlemesine geniş araştırma olanağı sunmaktadır. Seramik karolar, bünye ve sır bileşimlerindeki tüm yenilikleri ve mevcut tüm gerekli hammaddelerin doğru kullanımı ile farklı özellikler kazandırılabilirler. Seramik karolar yüksek pişirme sıcaklığına sahiptirler. Pişirme sıcaklığına dayanıklı nano gümüş bazlı antibakteriyel malzeme ilavesiyle kalıcı bir şekilde duvar yüzeyindeki sıra uygulanmasıyla antibakteriyel özellik kazandırılması çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Sonuç olarak, günlük yaşamımızda bakteriyel enfeksiyonların artması, kolay ve aktif antibakteriyel ajanların üretimini gerektirir. Bu nedenle, çevre dostu ürünlerin sentezi ve endüstriyel gelişimine verilen önem artmaktadır. Bu çalışmada, antibakteriyel toz ilave edilerek yüzeyde bakteri barındırmayan duvar karosu seramiklerinin üretimi hedeflenmiştir.

2 MATERYAL VE METOD

Çalışmada antibakteriyel ajan olarak gümüş katkı inorganik olarak sentezlenmiş toz kullanılmıştır (Şekil 1). Antibakteriyel tozun tane boyutu 6-30 µm aralığındadır. Metal katkı biyoyumlu antimikrobiyal inorganik toz, yaş kimyasal yöntemlerle üretilmiş bir malzemedir [14]. Toz içeriğinde bulunan metal katyonlar (Ag vb.) buldukları ortamdaki bakterilerle etkileşime girerek bakterilerin enzimlerini nötralize eder ve bakterilerin kısa sürede ölmesini sağlar [15-16].

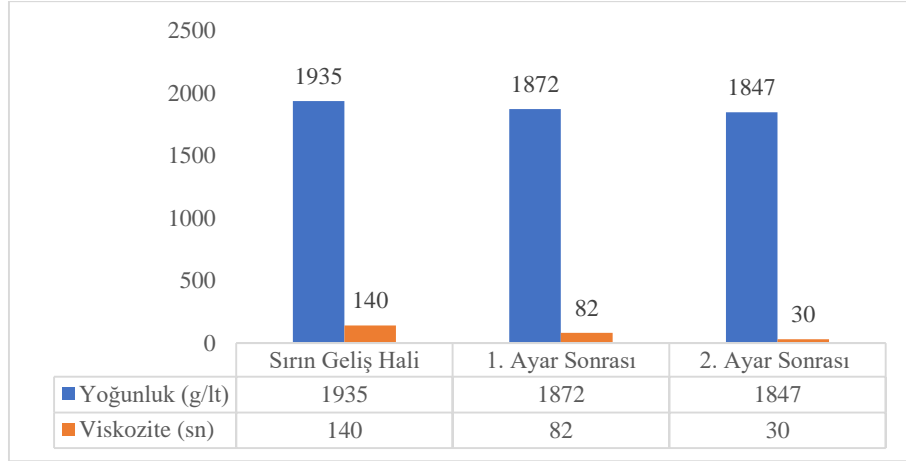


Şekil 1. Gümüş katkı antibakteriyel toz

Çalışma öncelikle işletmede standart olarak kullanılan duvar karosu mat yaş sırın reoloji özellikleri ölçülerek başlanmıştır. Sırların; viskozite (sn) değerleri Lehman viskozimetresiyle, yoğunluk (g/lit) değerleri 200 cc lik piknometre ile ölçülmüştür (Şekil 2). İşletme standartlarını sağlamak ve karo yüzeyine düzgün uygulanması amacıyla sırların viskozite değeri Lehman viskozimetre ile 30 sn olarak ayarlanmıştır. Sırların reoloji değerleri Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 2. a) Lehman viskozimetre, b) piknometre



Şekil 3. Sırın reoloji özellikleri

Mat sır yaş olarak kullanıldığı için 100 g kuru sırda alınacak yaş sır miktarı hesaplanmıştır. Kullanılan sır tase 10 g tartılarak 100° C' deki etüvde 20-25 dk boyunca bekletilmiştir. Daha sonra etüvden çıkan kuru sır tartılarak 6,9 g ölçülmüştür. Yaş sır miktarı Denklem 1'de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. İlk ağırlık etüve konulan sır miktarını; son ağırlık ise etüvden çıkan kurumuş sır ağırlığını belirtmektedir.

$$\frac{\text{İlk Ağırlık}}{\text{Son Ağırlık}} \times 100 \quad (1)$$

Denklem 1'e göre mat sırın alınması gereken yaş miktarı 143,93 g olarak hesaplanmıştır ve mat sır için Tablo 1'de gösterildiği şekilde reçete kompozisyonları oluşturulmuştur. Reçete içeriği belirlenirken metal kationları ppm seviyesinde tutulması göz önüne alınmıştır. Bu kapsamda, metal kationlarının salınım miktarları ppm seviyesini geçmediği için insan sağlığına zarar vermeden uzun süreli antimikrobiyal etki göstermesini sağlamak amaçlanmıştır. Sonrasında jet bilyalı değirmen kullanarak 10 dakika boyunca 200 rpm'de karıştırarak karışımlar hazırlanmıştır. Sır yaş halde ve kullanılan tozun tane boyutunun düşük olmasından dolayı karıştırma süresi kısa tutulmuştur. Karışım sonra sırında topaklaşma problemi görülmemiştir. Karışımlar, angoplu bisküvi üzerine sarj yöntemiyle sırlanmıştır. Hazırlanan karolar işletme rulolu fırında 1125° C sıcaklıkta 45 dakika boyunca sinterleme işlemine tabi tutulmuştur.

Tablo 1. Sır reçeteleri

Reçete Kodu	STD	A1	A2
Kuru Sır Miktarı	100,0	100,0	100,0
Antibakteriyel Ajan	-	0,5	1
Toplam (%)	100,0	100,5	101,0

3 BULGULAR

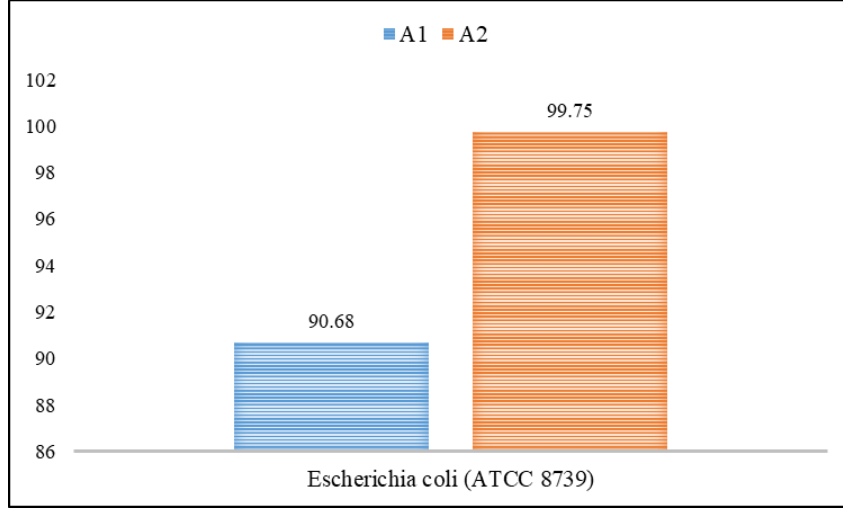
3.1 Antibakteriyel Etkinlik Testi

Hazırlanan karoların, ISO 22196'a (Plastikler ve diğer gözeneksiz yüzeylerdeki antibakteriyel aktivitenin ölçümü) göre Escherichia coli (gram negatif) bakteri için antibakteriyel etkinliği belirlenmiştir. ISO 22196'ya göre bir yüzeyin antibakteriyel aktivite değeri $R \geq 2$ olduğunda antibakteriyel özellik gösterdiği belirtilmiştir. Antibakteriyel etki standart sır reçetesine karşı test edilmiştir. Antibakteriyel etkinliğin saptanması için agar test metodu kullanılmıştır. Antibakteriyel etkinlik sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Antibakteriyel etkinlik test sonucu

Mikroorganizma	Reçete Kodu	Inokulum yoğunluğu (cfu/ml)	'0' zamanındaki hücre sayısı (cfu/cm ²) (U ₀)	'24' Zamanındaki hücre sayısı (cfu/cm ²) (U _t)	24 saat sonraki hücre sayısı (cfu/cm ²) (A _t)	ANTI-BAKTERİYEL AKTİVİTE (R)
Escherichia coli (ATCC 8739)	A1	1,68×10 ⁶	1,43×10 ⁴	1,22×10 ⁶	1,13×10 ⁵	1,03
	A2	8,2×10 ⁵	3,2×10 ⁴	6,1×10 ⁵	9×10 ²	2,83

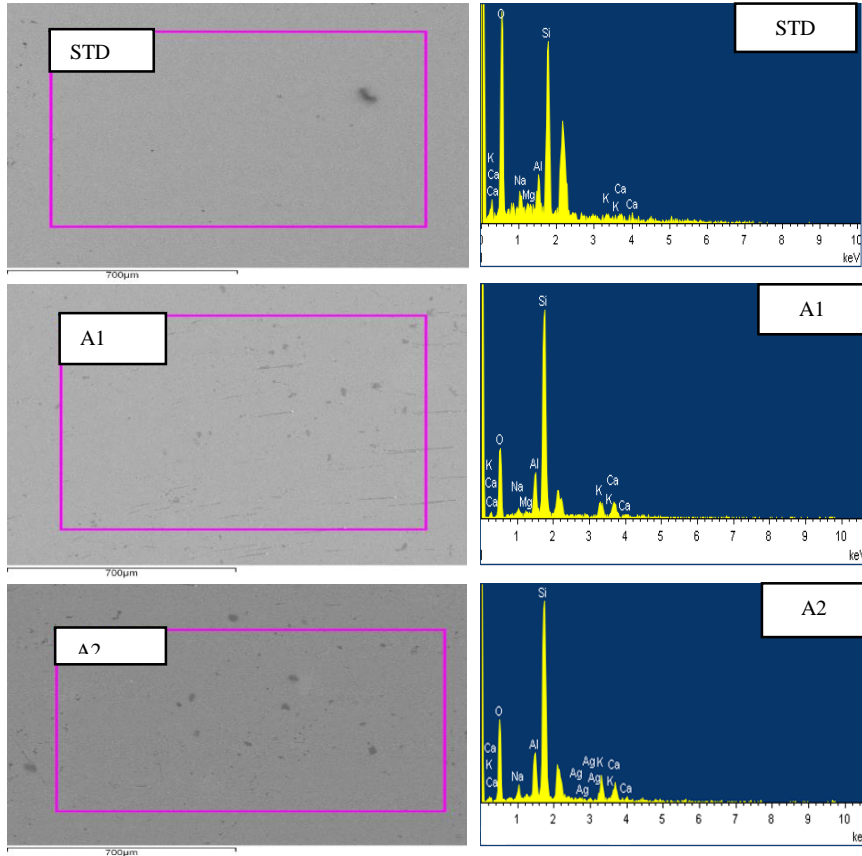
Tablo 2’de görüldüğü üzere A1 sır reçetesinde R değeri 2’ nin altında çıktığı için E. coli bakterisine karşı antibakteriyel etkinlik sağlanamamıştır. E. coli ’ye karşı antibakteriyel etki göstermemiş ve tüm yüzeyde yoğun bakteri üremesiyle karşılaşmıştır. A1 reçetesinde antibakteriyel etki sağlanacak kadar bir inhibisyon bölgesinin oluşturmadığı sonucuna varılmıştır. A2 sır reçetesinde R değeri 2’ nin üzerinde olduğu için E. coli bakterisine karşı antibakteriyel etki görülmüştür. Şekil 4’te sır reçetelerinin antibakteriyel aktivite yüzdeleri kıyaslanmıştır. A1 sır reçetesi % 90,68 antibakteriyel aktivite değeri ile antibakteriyel etki mevcut olmadığı saptanmıştır. A2 reçetesi % 99,75 antibakteriyel aktivite değeri ile antibakteriyel etkinlik testinde başarılı olmuştur.



Şekil 4. Sır reçetelerinin antibakteriyel aktivite yüzdeleri

3.2 Mikroyapısal Analiz

Karoların sırlı yüzeylerine SEM analizi ile ikincil elektron görüntüleri ve eş eksenli yüzeye yapılan EDX analizleri Şekil 5’te gösterilmiştir.



Şekil 5. STD, A1 ve A2 sır reçetelerine ait SEM görüntüleri ve eş eksenli yüzeyden alınan EDX analizleri

EDX analizi sonucunda STD ve A1 sır reçetelerinin elementel analizleri birbirine benzemektedir. A1 sır reçetesinde % 0,5 gümüş ilaveli toz olmasına karşın Ag^+ iyonu görülmemiştir. Serbest haldeki Ag^+ iyonunun sır içinde gömülü kaldığı yüzeye çıkamadığı sonucuna varılmıştır. EDX analizi sonucu ve Tablo 2'ye bakıldığında A2 sır reçetesinde hem Ag^+ iyonunun varlığı hem de $R \geq 2$ kriterini sağladığı için E. coli bakterisine karşı antibakteriyel özellik sağlamıştır.

3.3 Renk Değeri

Karoların renk ölçümleri TS EN ISO 10545-16 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Sinterlenen sır reçetelerinin kromatik koordinatlar L, a ve b renk değerleri Konica Minolta marka CM-2600d model spektrofotometre cihazı ile 60°'lik tarama açısıyla belirlenmiştir (Tablo 3). CIELAB (CIE $L^* a^* b^*$), 1976 yılında CIE tarafından geliştirilmiştir ve uluslararası renk ölçüm sistemi olarak sayılmıştır [17]. Burada, L^* açıklık koordinatıdır. L^* değeri; 0'a yaklaştıkça siyah rengini, 100'e yaklaştıkça beyaz rengini ifade eder. A^* kırmızı/yeşil koordinatıdır. a^* değeri; artıya yaklaştıkça kırmızıyı, eksiye yaklaştıkça yeşili belirtmektedir. B^* sarı/mavi koordinatıdır. b^* değeri; artıya yaklaştıkça sarıyı, eksiye yaklaştıkça mavi rengini tanımlamaktadır. GU değeri ise parlaklık ifadesidir.

Tablo 3. Sır reçetelerinin renk değerleri

Kromatik Koordinatları	Reçete Kodları		
	STD	A1	A2
L	94,40	94,33	94,17
a*	-0,60	-0,56	-0,53
b*	+1,74	+1,91	+1,92
GU	30,00	30,23	32,06



Şekil 6. Karoların pişirim sonra görüntüsü

Seramik sırlarında renk ayarı oldukça önemlidir ve standart değerden uzaklaşılması ürün özelliklerini değiştirmektedir. Bu yüzden renk değeri önemli bir parametredir. Tablo 3'e bakıldığında antibakteriyel toz ilave oranının artmasına paralel olarak sıranın beyazlık (L) değerinde azalma ve parlaklık (GU) değerinde artış meydana geldiği görülmektedir. Tozun içeriğindeki Ag^+ iyonu sıranın parlaklık değerini artırıcı yönde etki yapmıştır. Standart ile kıyaslandığında kullanılan antibakteriyel tozun sarı renginden (Şekil 1) ve gümüşün varlığından dolayı sıranın sarılık (b) ve yeşillik (a) değerlerini artırıcı etki yaptığı görülmüştür. Ancak, tozun ilave miktarının artması sıranın yüzey özelliklerini bozacak kadar renk değerlerini etkilememiştir.

4 SONUÇLAR

Son yıllarda insan nüfusunun hızla arttığı salgın hastalıkların boy gösterdiği dönemlerden geçilmektedir. İnsan ve çevre arasındaki etkileşim sonucunda çevrede yaşayan mikroorganizmalar insanlara bulaşmak da ve insanlar arasında da yayılarak hastalıklara sebep olmaktadır. Özellikle 2019 yılında Çin'in Wuhan kentinde başlayıp tüm dünyayı etkisi altında alan korona virüsü düşüldüğünde antimikrobiyel sistemlerin ne kadar hayati önem taşıdığı gözler önüne serilmektedir. Özellikle, bu süreçte pandemizm kavramının karşımıza çıkması mikrobiyolojik güvenlik tedbirlerinin alınması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Gerçekleşen bu çalışma ile gümüş katkılı antibakteriyel toz seramik duvar karosu sıra entegre edilmiştir ve başarılı sonuç vermiştir. Elde edilen karolara

ISO 22196 Standardına uygun olarak antibakteriyel etkinlik testi gerçekleştirilmiştir. Pişirim şartlarında % 0,5 oranında gümüş katkılı toz ile elde edilen sırda e. Coli bakterisine karşı antibakteriyel etkinlik görülmemiştir. Ancak %1 ilaveli gümüş katkılı antibakteriyel tozlu sırın, test sonucunda R değerinin 2 den büyük olması sebebiyle %99,75 antibakteriyel özellik gösterdiği sonucuna varılmıştır. Kullanılan mat sırın antibakteriyel toz etken miktarının %1 olduğu belirlenmiştir. Antibakteriyel toz içerisindeki Ag^+ iyonu kullanılan mat sırın parlaklık özelliklerini etkilemiştir. Mat sırası içerisinde %1 oranından fazla antibakteriyel toz kullanımı sırın renk ve parlaklık özelliklerini olumsuz yönde etkileyebileceği düşünülmektedir. Bu çalışma ile özellikle kamuya açık hijyen gerektiren mekanlarda ve hastanelerde karşımıza çıkan seramik karoların antibakteriyel özellik kazanmasıyla ortama bakteri yayımını engelleneceği ve mikroorganizmaların bulaşma riskini azaltıcı bir önlem olacağı sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Seranit Granit Seramik firmasına çalışmayı finansal olarak desteklediklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] J. T. Seil, and T. J. Webster, “Antimicrobial application of nanotechnology: methods and literature,” *International Journal of Nanomedicine*, vol. 7, pp. 2767–2781, Jun. 2012.
- [2] T. N. Kim *et al.*, “Antimicrobial effects of metal (Ag^+ , Cu^{2+} , Zn^{2+}) in hydroxyapatite,” *Journal of Material Science Materias in Medicine*, vol. 9, pp. 129-134, March 1998.
- [3] N. Padmavathy, and R. Vijayaraghavan, “Enhanced bioactivity of ZnO nanoparticles – an antimicrobial study,” *Science Technology Advanced Materials*, vol. 9, pp. 35004–35010, Sep. 2008.
- [4] H. Bilgehan, *Klinik Mikrobiyoloji Özel Bakteriyoloji ve Bakteri Enfeksiyonları*. İzmir: Barış Yayınları Türkiye, 2000.
- [5] J. R. Morones *et al.*, “The bactericidal effect of silver nanoparticles,” *Nanotechnology*, vol. 9, pp. 2346–2353, Oct. 2005.
- [6] H. J. Klasen, “Historical review of the use of silver in the treatment of burns. I. Early uses,” *Journal of the International Society for Burn Injuries*, vol. 26, pp. 117-130, March 2000.
- [7] C. A. Moyer *et al.*, “Treatment of Large Human Burns with 0.5 % Silver Nitrate Solution,” *Archives of Surgery*, vol. 90, pp. 812–867, Jun. 1965.
- [8] B.H. Su, and Z. X. Xiong “Preparation of Antibacterial Ceramics with Silver-Carrying Nano Hydroxyapatite,” *Key Engineering Materials*, Vol. 336-338, pp. 1563-1566, 2007.
- [9] H. Mohomad *et al.*, “Anatase as Antibacterial Material in Ceramic Tile,” *Procedia Chemistry*, vol. 19, pp. 828 – 834, Dec. 2016.
- [10] M. P. Seabra., L. Grave L, C. Oliveira, A. Alves, A. Correia, and J. A. Labrincha, “Porcelain Stoneware Tiles with Antimicrobial Action,” *Ceramics International*, vol.40, pp. 6063-6070, 2014.
- [11] R. E. Oyman, “Uygulamalı Seramik Teknolojisi,” *Duvar Karoları*, Sacmi, 2002, pp. 250-255.
- [12] A. Arcasoy, *Seramik Teknolojisi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, 1983.
- [13] A. E. Benlloch, “Crystalline Glazes,” in *1996 Conferencia Plenaria Presentada en Qualicer*, 1996, vol. 8, pp. 5-35.
- [14] R. Dos, S. Gang, and S. S. Narth, “Preparation and antibacterial activity of silver nanoparticles,” *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, vol. 2, pp. 472-475, Oct. 2011.
- [15] J. L. Horbman, and L. C. Crossman, “Bacterial antimicrobial metal ion resistance,” *Journal of Medical Microbiology*, vol. 64, pp. 471-497, May. 2015.
- [16] K. Mijndonckx, N. Leys, J. Mahillon, S. Silver, and R. VanHoudt, “Antimicrobial silver: uses, toxicity and potential for resistance,” *Biometals*, vol. 26, pp. 609-621, Aug. 2013.
- [17] A. E. Kaplan, “Vitrifiye seramik beyaz opak sırlarında zirkonyum silikat miktarının kalsine kaolin kullanılarak azaltılması,” T.C. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 2017.