

CAM AMBALAJ ATIKLARI VE METAL TOZU ATIKLARININ MISIR PASTASI ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ¹

UTILIZATION OF GLASS PACKAGING WASTE AND METAL DUST WASTE IN EGYPTIAN PAST PRODUCTION

Özlem SAĞLIYAN SÖNMEZ

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Avanos Güzel
Sanatlar MYO, El Sanatları Bölümü
ozlemsagliyan@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-8084-657X

Nergis KILINÇ MİRDALI

Çukurova Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi,
Seramik Bölümü
nergiskilincmirdali@gmail.com
ORCID: 0000-0003-0581-5914

ÖZ

Geliş Tarihi:

21.06.2025

Kabul Tarihi:

30.10.2025

Yayın Tarihi:

30.12.2025

Anahtar Kelimeler

Mısır Pastası,
Cam,
Metal,
İnorganik Katı
Atık.

Keywords

Egyptian Paste,
Glass,
Metal,
Inorganic Solid
Waste.

Artan nüfus ile birlikte inorganik katı atıkların farklı sektörlerde değerlendirilmesi önemli hale gelmiştir. Sözü edilen sektörlerden biri olan seramik sanatında da inorganik atıklar ana malzeme yerine kullanılmaktadır. Bu çalışmada Mısır pastası reçetesine kuvars yerine erime sıcaklıkları düşük olduğu için inorganik katı atıklardan cam tozları ve farklı görsel etkiler sunduğu için de renklendirici oksitlerin yerine metal parçacıklarının ilave edilmesiyle yeni Mısır pastası reçeteleri hazırlanmıştır. Eklenen inorganik katı atıklar pişirim derecesinin azalmasına ve yüzeyde özgün doku oluşumları yaratmıştır. Mısır pastasının uygulamasında çiçeklenme yöntemi, şekillendirilmesinde alçı kalıplar, silikon kalıplar ve serbest elle şekillendirme yöntemleri kullanılmıştır. Mısır pastası reçetelerine cam ambalaj atıklarından beyaz cam meyve suyu şişesi, mavi cam soda şişesi, yeşil cam soda şişesi, kahverengi cam bira şişesi ve yeşil şarap şişesi camı tozları; metal atık katkısı olarak anahtar, pirinç ve demir tozları kullanılmıştır. Çalışmada hazırlanan reçeteler ile üretilen Mısır pastası bünyeler 950°C sıcaklıkta fırınlanmıştır. Fırınlama sonuçlarına göre farklı cam ambalaj atıklarının ve metal tozlarının Mısır Pasatası üretimine uygun olduğu görülmüştür. Kullanılan cam ve metal tozlarından oluşan inorganik katı atıkların kimyasal analizi, X-Işını Floresans (XRF) yöntemi ile elde edilmiştir.

ABSTRACT

With the increasing population, the utilization of inorganic solid wastes in various sectors has become increasingly important. In ceramic art, one of the sectors mentioned, inorganic wastes are used instead of the main material. In this study, new Egyptian paste recipes were prepared by adding glass powders from inorganic solid wastes instead of quartz, as they have low melting temperatures, and metal particles instead of coloring oxides, as they offer different visual effects. Added inorganic solid wastes reduced the firing temperature and created unique texture formations on the surface. In the application of Egyptian paste, the blooming method, plaster molds, silicone molds, and freehand shaping methods were used for shaping. White glass juice bottle, blue soda bottle, green glass soda bottle, brown glass beer bottle, and green glass wine bottle powders from glass packaging waste; key, brass, and iron powders were used as metal waste additives in the Egyptian paste recipes. The Egyptian paste bodies produced with the recipes prepared in the study were fired at 950°C. According to the firing results, various glass packaging wastes and metal wastes have been found suitable for the production of Egyptian Paste. The chemical analysis of inorganic solid wastes containing glass and metal powders was obtained using the X-Ray Fluorescence (XRF) method.

DOI: <https://doi.org/10.30783/nevsosbilen.1724361>

Atıf/Cite as: Sağlıyan Sönmez, Ö., & Kılınç Mirdali, N. (2025). Cam ambalaj atıkları ve metal tozu atıklarının mısır pastası üretiminde değerlendirilmesi. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 15(4), 2056-2069.

¹Bu çalışma Özlem SAĞLIYAN SÖNMEZ tarafından Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sanat ve Tasarım Ana Sanat Dalında, Doç.Dr. Nergis KILINÇ MİRDALI danışmanlığında Şubat 2025 yılında tamamlanan "İnorganik Katı Atıkların Mısır Pastası Üretiminde Değerlendirilmesi ve Karakterizasyonu" başlıklı Sanatta Yeterlik tezinden üretilmiştir.

Giriş

Mısır pastası, “ilk yüksek teknoloji seramiği” olarak tanımlanır. Geniş bir tanımla ise, alkali sırla kaplanmış erimiş silisli malzemeden yapılmıştır ve malzeme neredeyse kil içermez (Bianchi, 1998). Mısır fayans üretimi, 800-1000°C arasında pişirildiğinde kalsiyum, silikon ve sodyum oksitlerinden oluşturan belirli doğal minerallerin ısı işlemi olarak nitelendirilebilir (Vanthuyne, 2012; Noble, 1969; Binns vd. 1932; Kiefer ve Allibert, 1971). Genel olarak Mısır fayans kompozisyonunun içeriği: Silika: 92-99% Soda: 0-5% Kireç: 1-5% oluşmaktadır. Silikanın amacı gövdenin büyük kısmını oluşturmak ve esas olarak nesnenin oluşturulduğu şekli korumaktır. Kireç ve soda ilavesi, kurutma aşamasında silika taneciklerinin birbirine yapıştırılmasına yardımcı olarak ham (pişirilmemiş) dayanıklılık derecesi sağlar (Nash, 2018; Vandiver, 1983).

Mısır pastası, düşük sıcaklıklardaki pişirim sonucu yüzeyde camsı sır oluşturan özelliğe sahip çözünebilir hammaddelerin, objenin yapıldığı kile doğrudan karıştırılması ile elde edilen bir tür seramik çamurudur. Bu seramik çamurunu yapmak için eski Mısırlılar hammadde olarak kuru alkalik göl artıklarından elde ettikleri ham soda ile toz haline getirdikleri çakmak taşı (kuvars) kullanmışlardır. Eski Mısırlılar, Mısır çamuruna “göz alıcı, çok parlak, göz kamaştıran” anlamlarına gelen “*tjebnet*” adını vermiştir (Friedman, 1998). Bu ismi vermelerinin nedeni düşük sıcaklıklarda pişirilen Mısır çamurunun, bileşimine bağlı olarak yüzeyde genellikle mavi ve yeşil renkte camsı görünüm oluşturan, parlak bir materyal olmasıdır (Bianchi, 1998).

Mısır pastası, şeffaf sıran parlak mavi-yeşil rengeyle karakterize edilen seramik bir malzemedir; ancak parlak mavi bir renk elde etmek için seçilen alt tabaka, bölgede her yerde bulunan kırmızı veya sarı kil yerine beyaz, ezilmiş kuvars gövdesinden oluşmaktadır (Shortland ve Tite, 2008).

İlk önceleri kuvars taşları bakır pigmentiyle cilalanarak üretilmiş; ancak karmaşık şekiller için bu yöntemin pratik olmadığı görülmüştür. Bu teknik, malzemenin şekillendirilmesine, daha sonra pişirilmesine ve sırlanarak kaplar, heykeller ve kakmalar gibi çok daha karmaşık şekiller üretilmesine olanak tanıyan ileri derecede gelişmiş fayans teknolojilerine dönüşmüştür. “Mısır Fayansı” olarak adlandırılan ileri derecede gelişmiş fayans teknolojisi, Mısır ve Mezopotamya’da hemen hemen aynı zamanlarda gelişim göstermiştir (Vandiver, 1983). Hanedanlık öncesi Mısır fayansında bulunan ana bileşenler soda, kireç ve silikadan oluşmaktadır (Pina, 2016). Mısır Fayansını oluşturan silikat kaynağının büyük olasılıkla öğütülmüş kuvars çakıllarından, kumtaşından veya çöl kumundan elde edildiği düşünülmektedir. Kireç kaynağının muhtemelen kireçtaşından (büyük ölçüde kalsiyum karbonattan oluşan tortul bir kaya) toplanmış veya (eğer kullanılmışsa) çöl kumunun içerisinde bulunan bir yabancı madde olarak istemeden eklenmiş olması muhtemeldir. İçerisinde bulunan soda, başta natron olmak üzere alkalilerin bir karışımından veya tuzu seven (halofitik) bitkilerin yanmış küllerinden elde edilmektedir (Lucas, 1948). Bu hazırlanan bileşime renk eklenmiştir. Bu da en tipik olarak ezilmiş malakit veya bakır pulundan elde edilen bakırın kullanımıdır (Shortland ve Tite, 2008).

Erken fayans tipik olarak parlak, mavi ve yeşil veya ikisinin kombinasyonu arasında renklendirilmiştir. Fayansın rengi ya metal iyonlarının (genellikle bakır, kobalt, mangan ve demir) eklenmesinden ya da sır karışımına eklenen renkli parçacıkların (mangan dioksit, demir oksitler, kurşun antimonat) varlığından geldiği bilinmektedir (Noble, 1969).

Mısır fayansı, MÖ 4. binyıl civarında Mısır’da ve Yakın Doğu’da üretilen eski bir seramik eşyadır (Shortland ve Tite, 2008). Çoğu eski seramik eşyanın aksine, fayans çok az kil içeriyordu veya hiç kil içermiyordu ve bunun yerine esas olarak eser miktarda kalsiyum ve sodyum içeren silikadan oluşuyordu. ‘Mısır Fayansı’ tanımı gereği camsı bir malzemedir, sinterlenmiş ezilmiş kuvars gövdesi içeren ve yüzeyinde alkaline sır bulunan bir tür seramiktir (Nicholson, 2007; Tite ve Shortland, 2008). Mısır fayansı üretiminde genel olarak üç sırlama tekniğinin kullanıldığı kabul edilmektedir; aplikasyon, çiçeklenme ve sementasyon (Vanthuyne, 2012). Çiçeklenme ve sementasyon, kendinden sırlama teknikleri olarak bilinir. Kendinden camlı terimin kullanımı uygundur (Lucas, 1948). Sırın doğrudan uygulanmadığı (sırlama uygulamasında olduğu gibi), bunun yerine sırlamanın malzeme bileşiminin ve işlem adımlarının doğal bir parçası olarak oluştuğu ileri sürülmektedir (Nash, 2018).

Fayansın eski Mısır’da, Yakın Doğu’da ve Akdeniz’in 5000’den fazla bölgesinde üretildiği bilinmektedir. Fayansın kökeni kesin olarak bilinmemekle birlikte, ilk örnekler Mısır ve Mezopotamya’da MÖ 4000 yıllarına ait kazı alanlarında küçük boncuklar şeklinde bulunmuştur. Fayans endüstrisini tanımlayan çok az sayıda eski Mısır yazısı vardır. (Jamieson, 2003). Adından da anlaşılacağı gibi Mısır’da yaygın olarak üretilmesine rağmen Mezopotamya’nın geri kalanında, İran’da, İndus Vadisi’nde ve Akdeniz Bölgesi’nde de bulunup üretilmiştir.

Fayans objeler, MÖ 4. binyılın başlarından MS 7. yüzyıldaki geç Roma Dönemi'ne kadar Eski Mısır ve Mezopotamya'da çok yaygındır. Bir malzeme olarak fayans, boncuklardan küçük objelere, kaplara, fayanslara ve mimari unsurlara kadar çok çeşitli sanat eserleri üretmek için kullanılmıştır. Zaman içerisinde malzemenin kullanımı giderek azalmış ve üretim teknikleri kaybolmuştur (Kiefer ve Allibert, 1971).

İlk fayans boncukları Obeyd Dönemi'ne (MÖ 5400-4300) tarihlenirken, Mısır'daki erken fayans örnekleri, Hanedan öncesi Orta Dönem'de (MÖ 4000-3500) Nagada I Dönemi aşamasına kadar uzanır (Moorey, 1994). Buna karşılık İndus Vadisi'nde, fayans, yüzyılın başlangıcından itibaren yalnızca kısa bir süre için üretilmiştir. Erken Dönem fayansları muhtemelen taş oymacılığı endüstrisinin bir yan ürünü olmuştur. Bu dönemde boncuklar, muskalar ve küçük nesneler yapmak için taş işleme yöntemleri kullanılarak şekillendirilmiştir. Orta Krallık Dönemi'nde (MÖ 2040-1782), sırlamanın sementasyon yöntemi geliştirilerek üretimde kullanılmıştır. (Vandiver, 1983; Nicholson, 2012).

Krallık (MÖ 1570-1070) döneminde cam teknolojisinin ilerlemesinden kaynaklanan çok çeşitli şekil ve teknikler tanıtıldığı için Mısır fayansı geliştirilmiştir. Yeni tasarımların ve fikirlerin tanıtılmasıyla birleştiğinde, gelişmiş malzeme, renk ve şekillere yol açmıştır. Kral Djosen'in Saqqara'da step piramit kompleksinde kullanılan binlerce duvar fayansı üretilmiştir. Bu fayansların kütle biçiminde olup, boyutları birbirlerinden çok farklıdır; fakat ortalama 36.000 Mısır çamuru üretilmiştir (Vandiver, 1982). Ek olarak, bu dönemde Mısırlı fayans ustaları, Miken üzengi kavanozları gibi yabancı seramikleri taklit etmeye başlamıştır (Friedman, 1998). Bir fayans üretim alanına ilişkin en eski arkeolojik kanıt, Abydos'ta, Orta Eski Krallık'a veya Erken Orta Krallık'a tarihlenmiştir. Geriye kalan kanıtlar arasında açık ateşlemeli ocakların tabanlarını veya o dönemde üst yapılar varsa fırınların alt kısımlarını oluşturmuş olabilecek bir dizi yuvarlak çukur yer almıştır. Bu çukurlarla bağlantılı olarak arkeolojik kazılarda belirgin üretim hataları olan boncuklar ve muskaları, diğer bir deyişle üretim sırasında veya üretimden hemen sonra bir kenara atılan nesneleri ortaya çıkarılmıştır (Krygier, 2005). Orta Krallık Dönemi'nde ustalar, fayansı katı bir çekirdek ve aynı zamanda saman gibi yanıcı çekirdek malzemeler üzerinden modellemeye başlamıştır. Daha kaba ürün üzerine ince bir tabaka şeklinde kuvars uygulanmıştır. Bu katman, sırn yansıtıcı özelliğini arttırarak renklerin daha parlak ve ışıltılı görünmesini sağlamıştır. Bu dönemde koyu manganез esaslı boyayla boyama, kazıma ve kakma gibi dekoratif teknikler popülerlik kazanmıştır. Sırların uygulanmasında çiçeklenme ve sementasyon yöntemi kullanılmıştır. Sementasyon yönteminin bu dönemde geliştirilen bir teknik olduğu düşünülmektedir. (Nicholson ve Peltenburg, 2000). Daha sonraki profesyonel tekniklerin ilk ortaya çıkışı, bu döneme denk gelmektedir. Bu işlemlerin en erken kanıtları Kerma-Sudan'da bulunan 12. Hanedan Senusret I.'e tarihlenen sırlardır. Burada, sırların bulamaç şeklinde uygulandığına dair kanıtlar bulunmuştur (Krygier, 2005). Mısır'da Yeni Krallık'ta cam endüstrisinin ilerlemesi, fayans gövdesine çeşitli metal oksitlerin eklenmesiyle farklı renklerde fayans üretimine yol açmıştır (Shortland, 2000). Turkuaz mavisi, lacivert ve mor gibi renkler iyonlarla ilişkilendirilmektedir. Burada turkuaz mavisi için bakır iyonları (Cu^{2+}), koyu mavi için kobalt iyonları (Co^{2+}) ve mor renk için manganез iyonları (Mn^{3+}) kullanılmıştır. Siyah, kırmızı ve sarı gibi opak renkler oksit parçacıkları ile ilişkilendirilirken; manganез oksit veya indirgenmiş demir oksit ile siyah, oksitlenmiş demir oksit parçacıkları ile kırmızı ve kurşun antimonit parçacıkları ile sarı renk ilişkilendirilmektedir (Tite vd. 2008). Ayrıca Yeni Krallık'ta Lucas ve Harris, (1962) tarafından sınıflandırılan "Varyant D" fayansın yeniliğinden bahsedilmiştir. Varyant D, sert, vitrifiye ve renkli bir çekirdeğe sahiptir. Burada, bu varyantın üretilmesi için fayans karışımında toz renkli cam veya fritin kullanılması önerilmiştir. Ek olarak, daha canlı bir mavi renk elde etmek için tek başına veya bakırla karıştırılarak kobalt oksit kullanılmıştır (Shortland, 2000).

Genellikle en iyi fayans objelerin çoğu bu dönemde üretilmiştir. Yeni Krallık'ta özellikle kalıplanmış muska üretimi olmak üzere fayans nesnelerinin nicelik ve niteliğinin artması, endüstride artan örgütlenmeyi ve olası devlet kontrolünü akla getirmektedir (Shortland, 2000). Mısır fayans üretimi daha sonraki Yeni Krallık Dönemi'nde zirveye ulaşmıştır. Malkata, Amama, Quantir-Piramesses ve muhtemelen Gurob'da Yeni Krallık'a ait üretim sahası kanıtları keşfedilmiştir (Nicholson ve Peltenburg, 2000). Arkeologlar, fayans yüzük örneklerini, boncuklar, pandantifler ve muskalar dâhil olmak üzere takı elemanları, kap parçaları, kakmalar ve diğer nesne türlerinin yanında küçük fayans objelerinin üretimi için pişmiş toprak kalıplar da ortaya çıkarmıştır (Krygier, 2005). Petrie, (1894)'ün raporladığına göre, Malkata'daki fayans ve cam endüstrileri arasında varsayılan ilişki, fayans eserlerinin yanı sıra, çekirdek formlu cam kap parçaları, cam kamışlar ve cürufun keşfedilmesiyle güçlenmiştir. Ne yazık ki bölgede gerçek fırınlar bulunamamıştır.

Seramik üretiminde özlü seramik hammaddeleri, doğal özsüz seramik hammaddeleri ve yapay özsüz seramik hammaddeleri (Arcasoy ve Başkıran 2020) ve yabancı maddeler (bünye bileşiminde doğal olarak bulunmayan malzemeler: şamot, cam vb.) (Lightwood, 2000); mineraller ve insan yapımı malzemeler (Rice, 2015) kullanılmaktadır. İnorganik bileşiklerin mineral, organik bileşiklerin ise biyolojik kaynaklı olması, bu tür bileşikler birbirinden ayırmaktadır (Avcı vd. 2010).

Killer başta olmak üzere, seramik bünyenin hazırlanmasında kullanılan bütün temel malzemeler inorganiktir ve bunlar aynı zamanda inorganik katkı olarak da bünye bileşimine eklenmektedir. İnorganik katkılar doğal malzemelerden ve yapay malzemelerden elde edilmektedir. Doğal inorganik katkılar, kayalar ve mineraller (kayaç oluşturan mineraller) aracılığıyla elde edilmektedir. Mineraller katı yer kabuğuna ait olan, doğal yollarla oluşmuş, homojen ve inorganik maddelerdir (Sür vd. 2009). Farklı yollarla elde edilen inorganik katkılar, bünye bileşimindeki hammaddelerle birlikte veya bileşimdeki diğer temel hammaddelerin yerine kullanılmaktadır. Bazı inorganik katkılar, geleneksel seramik bünyelerde kullanılan inorganik katkılardan farklı, özel seramik bünyeler elde edilebilmek için seçilerek bünyelere eklenmektedir. Özel olarak hazırlanan bu bünyelerdeki inorganik katkıların miktar, tür ve tane boyutu ve bünyelere sağladığı özellikler bunları diğer bünyelerden ayırmaktadır. İnorganik katkılar pişirim öncesi ve sonrası bünyelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmesi ve baskın karakteristik özellikleri ile bünyelerde ön plana çıkmaktadır (Yılmaz, 2023).

Yapay inorganik katkılar insan yapımı malzemelerdir. Bunlar kullanıldığı haliyle doğada bulunmamaktadır. Bünyelere eklenecek yapay inorganik katkılar kimyasal olarak farklı yöntemlerle işlenerek elde edilmektedir. Seramik üretimi için hazırlanan yapay hammaddeler, doğal hammaddelerin kimyasal olarak işlenmesi veya yapay malzemelerin dönüşümü ile üretilmektedir. Yapay olarak elde edilen kimyasal bileşikler mineral sayılmamaktadır. Buna karşın minerallerle benzer özellikler gösterdikleri için yapay mineraller olarak da adlandırılmaktadır (Ring, 1996).

İnorganik katı atıklar bu çalışmada camı oluşturan kuvars ve renklendirici oksitlerin yerine, tek başına veya bir arada olacak şekilde kullanılmıştır. Bünyenin fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştiren inorganik katkılarının miktar, tür ve tane boyutuna bağlı olarak bünyede gösterdiği benzer veya farklı özellikleri bulunmaktadır. Bu çalışmada Mısır pastası üretiminde kaolin, feldspat, soda (sodyum bikarbonat) ve inorganik katı atık olarak farklı cam tozları (beyaz cam meyve suyu şişesi, yeşil cam soda şişesi, mavi cam soda şişesi, kahverengi cam bira şişesi ve yeşil cam şarap şişesi) hammadde olarak kullanılmıştır. Cam tozları 0,5 mm tane boyutuna getirilerek Mısır pastası bünyesine ilave edilmiştir.

Materyal ve Metod

Materyal

Bu çalışmada Mısır pastası üretimi için hammadde olarak kuvars, feldspat, soda, kaolen; atık malzeme olarak cam ambalaj atıkları ve renklendirici olarak metal atıkları kullanılmıştır. Kuvarsın Mısır pastası bünyelerinde kullanılması uzun bir geçmişe dayanır. Mısır'da üretimi hanedanlık öncesi döneme (MÖ 4000-3100) kadar uzanan, fayans veya Mısır pastası olarak bilinen gözeneksiz, kendinden sırlı, turkuaz renkli kuvars esaslı bünyeler geliştirilmiştir. Mısır pastası bünyesi, kil ve sır malzemelerinden hazırlanmaktadır: %20 kil, %35 sodyum feldspat, %35 kuvars, %10 sodyum karbonat ve %30 oranına varan renklendiriciler (renk veren oksitler veya seramik boyaları) ile bu bünyeler elde edilebilmektedir. Bünyenin pişirimi 850°C-950°C'ta yapılmaktadır. Bünye bileşenlerinde yer alan sodyum karbonat, ürün kurudukça kil aracılığıyla dışarıya doğru taşınmakta yüzeyde kristalleşerek pişirim sırasında bünyede sırlı bir yüzey tabakası oluşturmaktadır. (Hamer ve Hamer, 2004; Rice, 2015). Feldspatlar, potasyum (K^+), sodyum (Na^+), kalsiyum (Ca^{2+}) içeren, camsı faz oluşumunu sağlayan susuz alüminasilikatlerdir (Kingery vd. 1976). Ticari olarak ilgi çeken başlıca feldspat türleri potasyum feldspat-ortoklas ($K(AlSi_3)O_8$), sodyum feldspat-albit ($Na(AlSi_3)O_8$), kalsiyum feldspattır ($Ca(Al_2Si_2)O_8$). Bunlar özsüz hammadde olmalarına karşın, çamurlarda belli bir pişme sıcaklığına çıkıldığı zaman, çamurları pekiştirerek, eriticilik özelliği gösterirler. Aynı zamanda sırlarda da kullanılan çok önemli bir eriticidirler (Alpman, 1997). Soda (Sodyum bikarbonat), genellikle soda veya kabartma tozu olarak bilinir. Sodyum bikarbonat, birçok ticari diş beyazlatma formülasyonunda, hidrojen peroksitli veya hidrojen peroksitsiz ana aktif bileşen olarak kullanılır. Aşındırıcılığının yanı sıra, sodyum bikarbonat biyolojik olarak uyumludur (Arcasoy ve Başkıran, 2020). Çalışmada kullanılan

kaolin ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) alümina silikatlardan oluşur. Feldsapt, glimmer ve kuvars gibi henüz ayrışmamış olan kayaç artıkları da kaolin ile birlikte yer alır (Arcasoy ve Başkırkan, 2020; Genç, 2022).

Cam atıklar, seramik ve metal nesnelerin aksine optimum sıcaklık aralıklarında pişirildiklerinde eriyerek şekillerini kaybetmektedir. Bu yüzden bünyelerde büyük boyutlu cam nesnelerden ziyade küçük boyutlu cam nesneler (bilye, boncuk, frit vb.) veya öğütülmüş atık camlar kullanılmaktadır (Connell, 2002). Camın başlıca üç türü bulunmaktadır. Bunlar: borosilikat camı, kurşunlu cam ve soda-kireç-silis camıdır (Paiva vd. 2021). Araştırma kapsamında yapılan Mısır pastası uygulamalarında kullanılan cam ambalaj atıklarının kimyasal analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Atık Camların Kimyasal Analizi (Ağırlıkça %)

Oksit (%)	Yeşil Cam Soda Şişesi	Yeşil Cam Şarap Şişesi	Mavi Cam Soda Şişesi	Kahverengi Cam Bira Şişesi	Beyaz Cam Meyve Suyu Şişesi
SiO_2	62,57	65,62	65,91	65,42	68,49
Al_2O_3	1,83	1,59	1,86	2,11	0,96
Fe_2O_3	1,68	1,24	0,89	1,20	0,30
CaO	20,95	15,39	18,27	16,44	10,37
MgO	2,244	2,43	2,36	2,06	3,74
Na_2O	8,72	11,53	9,07	11,13	13,49
CuO	-	-	0,42	-	-
Co_3O_4	-	-	0,24	-	-
BaO	-	0,02	-	0,02	-
MnO	-	0,02	-	0,01	-
TiO_2	0,11	0,14	0,11	0,12	0,11
P_2O_5	0,03	0,02	0,03	0,02	-
SO_3	0,50	0,06	0,34	0,09	0,27
Cl	0,07	0,03	0,05	0,03	0,03
Cr_2O_3	0,97	0,50	0,19	0,015	-
K_2O	0,20	1,27	0,11	0,94	0,9
SrO	0,02	0,01	0,02	0,02	-
ZrO_2	0,03	0,05	0,02	0,03	-
NiO	-	-	0,01	-	-
PbO	-	-	-	0,03	0,03
ZnO	0,01	-	-	0,06	0,06

Çeşitli yöntemlerle çıkarılan metaller yer kabuğundan cevher (metal içeren mineraller) olarak elde edilen ve serbest elektronlarla çevrili iyon atomlarından meydana gelmiş kristal bir yapıda olan inorganik esaslı malzemelerdir (Mete, 2020; Aydın, 2000). Metal nesneler bünyede kullanılmadan önce bünyenin formuna uygun hale getirilmekte (kesilerek ve şekillendirilerek) veya herhangi bir müdahalede bulunmadan bünyeye eklemektedir. Bu nesneler farklı sıcaklıklarda eriyerek dayanıklılıklarını kaybedebilmektedir. Bu yüzden bünyelere eklenecek metal atıklar seçilirken bu metallerin pişme sıcaklığına dayanıklı bünyeler tercih edilmelidir (Yılmaz, 2023). Seramik endüstrisinde metal atıklarından elde edilen cüruflar metal filizlerinin fırınlarda arıtılması işleminden sonra elde edilen endüstriyel atık malzemelerdir (Kaya ve Turan, 2004). Tablo 2’de atık metallerden pirinç, anahtar, demir ve alüminyum tozlarına ait kimyasal analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 2. Atık Metal Tozların Kimyasal Analizi

Element (%)	Metal Tozlar		
	Pirinç	Anahtar	Demir
Si	0,53	0,27	2,73
Al	0,14	0,65	1,98
Fe	0,72	0,61	90,14
Ca	0,37	0,25	0,32
Mg	0,03	0,02	0,04

Na	-	-	1,92
Cu	75,22	57,77	-
Sn	10,57	0,22	-
Mn	0,01	0,01	-
Cr	0,04	-	-
Ti	-	-	-
Ni	0,29	2,65	-
Sb	0,09	-	-
Pb	3,54	2,23	-
Zn	2,86	31,38	-
P	0,33	0,26	-
S	0,33	0,06	0,04
K	0,03	0,03	0,15
O	4,74	3,52	2,62

Çalışmada kullanılan metal atıklardan demir, yer kabuğunda %5,4 bulunma oranıyla dördüncü sırada yaygın olarak bulunan bir elementtir. Başlıca demir mineralleri; manyetit (Fe_3O_4), hematit (Fe_2O_3), limonit ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), götit ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) ve siderit (FeCO_3)'tir. Saf demir kül rengi beyazdır, kolayca işlenebilir. İnce tel ve levha haline getirilebilir. Normal sıcaklıkta kuru hava demire etki yapmaz, ama nemli havada karbondioksitin etkisiyle yüzeyi oksitlenir, kırmızı demir-oksitle kaplanır (Tuncel vd. 2017). Çalışmada kullanılan demir tozu Nevşehir sanayisinde bulunan demir hurdaliğından temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan pirinç, bakır (Cu) ve çinko (Zn) elementlerinden oluşan ve döküm yoluyla üretilen bir alaşımdır. Çalışmada kullanılan diğer metal atık pirinçtir. Pirinç alaşımının içerisinde empürite olarak isimlendirilen kurşun (Pb), kalay (Sn), antimon (Sb), nikel (Ni), demir (Fe), alüminyum (Al) gibi başka elementler de bulunabilir. Pirinç alaşımları, içerdiği element oranlarına göre farklılaşmakta ve isimlendirilmektedir. DIN 17660 standartlarına göre on dokuz çeşit pirinç alaşımı mevcuttur. Pirinç alaşımı, radyatör, somun ve civata, elektrik bağlantıları, yapı malzemesi, makine parçaları, mühimmat malzemesi, optik malzemeler, dişli parçalar, otomotiv yedek parçaları gibi pek çok alanda kullanılan bir malzemedir. Pirinç alaşımının bu kadar çok alanda kullanılmasının temel nedeni içerdiği elementlerdir (Cu, Zn, Pb, Fe, Al, Sn, Ni, Sb) (Birgören ve Sakallı, 2021). Çalışmada kullanılan pirinç atığı Nevşehir sanayi bölgesinde bulunan tornacıardan temin edilmiştir. Anahtar Tozu, kalay, demir, bakır ve pirinç karışımı bir malzemedir. Çalışmada kullanılan anahtar tozu Nevşehir merkez de bulunan anahtarcıdan temin edilmiştir.

Metod

Bu çalışmada cam ambalaj atıkları temin edilmiş, su ile temizlenmiş, çeneli kırıcıda kırılarak parçalanmış, 8 kg'lık bilyalı değirmende sulu olarak öğütülmüş ve 0,5 mm elekten geçirilmiştir. Bilyalı değirmeninde öğütülen inorganik atık katkılı Mısır pastası çamuruna arap zıncı eklenmiştir. Arap zıncı, Mısır pastasının özsüz bir seramik çamuru olmasından dolayı zor şekil verilmesi ve verilen şekli muhafaza edememesi problemine karşı reçeteye ilave edilmiştir. Arap zıncı ilavesi ile Mısır pastasının kurduğunda verilen şeklini koruyabildiği gözlenmiştir. Cam atıkları reçetelere kuvarsın yerine %55 oranında ilave edilerek yeni reçeteler oluşturulmuştur. Metal atıkları ise reçetede toz halinde renklendirici olarak kullanılmıştır. Cam ve metal atıkları katkılı yeni reçetelerle 6 x 5,5 cm boyutlarında küçük ölçekli form, 7,5 x 6,5 cm boyutlarında orta ölçekli formlar ve 18,5 x 9,5 cm boyutlarında büyük ölçekli formlar üretilmiştir.

Reçetelere uygun şekilde hazırlanan inorganik katı atık katkılı reçeteler silikon ve alçı kalıpların içerisine döküm yapılarak şekillendirilmiştir. Mısır pastası çamurları ile küçük, orta ve büyük ölçekli formlar üretilmiştir. Sulu karışım olarak küçük ve orta ölçekli formlar silikon kalıp, büyük ölçekli formlar ise alçı kalıp ile şekillendirilmiştir.

Uygulamalarda silikon kalıp kullanılmasının amacı, kalıbın esnekliğinden dolayı formun bozulmaya uğramadan çıkarılmasına olanak sağlamasıdır. Uygulamalar sırasında inorganik katı atık katkılı Mısır pastası reçetelerinde bulunan sodanın, alçı kalıbı bozduğu gözlenmiştir. Alçı kalıbın yüzeyinden kopan parçaların formların yüzeyleri ile temas etmesinden kaynaklı sorunlar yaşanmıştır. Pres alçısı kullanılarak yeniden kalıpları hazırlanmış, her form yapımından sonra alçı kalıptaki bozulmalardan dolayı tekrar yeni alçı kalıp ile çalışılmıştır. Alçı kalıbın iç kısmından form yüzeyine alçı parçacıklarının yapışmasını önlemek için havlu kâğıt konulmuş ve üzerine

inorganik katkılı Mısır pastası çamuru döküm yapılarak şekillendirilmiştir. Belli bir sertliğe gelen alçı kalıp içerisindeki form alçı-kalıptan çıkarılıp üzerindeki havlu kâğıt temizlenmiştir. Şekillendirilen formlar oda sıcaklığında kurutularak, 950°C sıcaklıkta elektrikli seramik fırınında 12 saat pişirilmiştir.

Bu çalışmada İnorganik katı atıklardan cam tozlarının erime sıcaklıkları düşük olduğu için A11 reçetesinde bulunan kuvars yerine inorganik katı atık olarak cam tozları seçilmiştir. A11 grubu Mısır pastası çiçeklenme reçetesi %55 oranında cam atıkları içerir ve pişme sıcaklığı 950°C'tir. Mısır pastası reçetelerinde kullanılan atık katkıları yeşil cam soda şişesi, mavi cam soda şişesi, beyaz cam meyve suyu şişesi, kahverengi cam bira şişesi ve yeşil cam şarap şişeleridir. Temin edilen cam şişeler temizlendikten sonra kırma ve öğütme işlemi yapılmıştır. Öğütmeleri yapılan cam şişeler 35 (0,5 mm) nolu elekten manuel olarak elenmiştir. Mısır pastası reçetelerinde kullanılan hammaddeler, seramik hammadde tedarikçilerinden temin edilmiştir. Elde edilen Mısır pastası deney örnekleri ve ürünlerinin dijital görüntüleme işlemi Canon EOS 600D, EFS 18-55 mm Lens ile yakın çekim modu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan cam ambalaj atıklarından yeşil cam soda şişesi, mavi soda şişesi, kahverengi cam bira şişesi, yeşil cam şarap şişesi ve beyaz cam meyve suyu şişesi tozlarının kimyasal analizleri Panalytical marka ve Zetium model X-Işını Floresans (XRF) yöntemi ile Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Bulgular

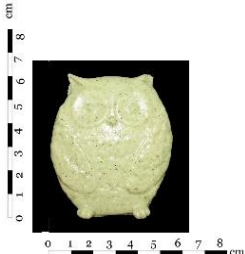
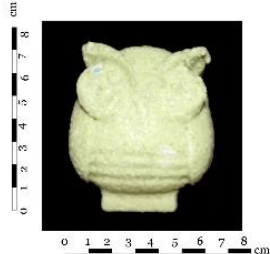
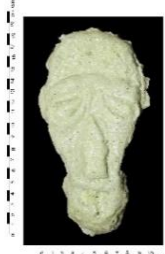
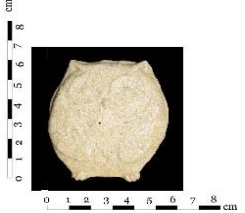
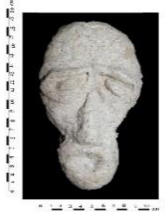
Mısır pastası inorganik katı atıklardan cam ve metal tozları kullanılarak hazırlanmış çiçeklenme uygulama reçeteleri ile yapılan deney sonuçları Tablo 3 ve Tablo 4'de verilmiştir.

Bu çalışmada belirlenen Mısır pastası reçetesine belirli oranlarda inorganik katı atık katkıları eklenerek reçeteler hazırlanmıştır. A11 kodlu Mısır pastası reçetesi oluşturulmuş, A reçetesindeki %55 oranında kuvars yerine eritici olarak inorganik katı atıklardan cam tozları reçeteye ayrı ayrı ilave edilmiştir. Pişirim sonrası ürün yüzeyinde oluşan görsel etkiler incelenmiştir. Ayrıca çalışmada A11 kodlu Mısır pastası reçetesi sulu öğütülmüş, reçeteye %5 oranında renklendirici olarak metal atık tozları ilave edilmiştir.

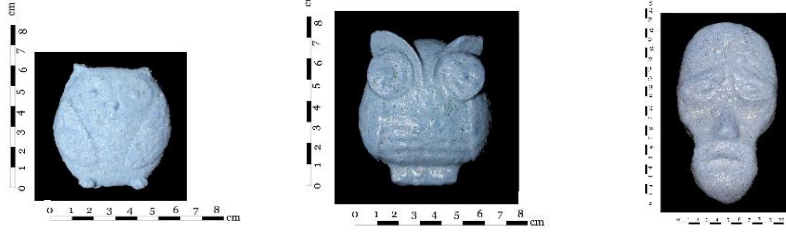
Cam Atıklar ile Oluşturulan Formlar

Tablo 3' de A11 kodlu reçeteye kuvars yerine ilave edilen 0,5 mm tane boyutlu farklı cam atıklarının 950°C sıcaklıkta ürün/form boyutuna etkileri görülmektedir.

Tablo 3. 0,5 mm Tane Boyutlu Farklı Cam Atıklarının 950°C Sıcaklıkta Ürün/Form Boyutuna Etkileri

Reçete Kodu	Küçük Ölçekli Form	Orta Ölçekli Form	Büyük Ölçekli Form
A11-1 Yeşil Cam Soda Şişesi Tozu			
A11-2 Kahverengi Cam Bira Şişesi Tozu			

A11-3
Mavi Cam
Soda Şişesi
Tozu



A11-4
Beyaz Cam
Meyve Suyu
Şişesi Tozu



A11-5 Yeşil
Cam Şarap
Şişesi Tozu



A11-1 kodlu inorganik katı atık yeşil cam soda şişesi tozu kullanılmış reçete ile hazırlanıp şekillendirilmiş küçük ölçekli form yüzeyinin parlak/camsı yapıda, açık yeşil renkte olduğu ve formda bozulma olmadığı gözlenmiştir. Orta ölçekli formun yüzeyinin de parlak açık yeşil olduğu ve formunu koruduğu gözlenmiştir. Büyük ölçekli formun da pişirimin ardından orta ve küçük ölçekli formlar ile aynı yüzey görünüm ve renkte olduğu gözlenmiştir. Büyük ölçekli formda vitrifikasyona bağlı bir miktar bozulmalar olduğu gözlenmiştir.

A11-2 kodlu inorganik katı atık kahverengi cam bira şişesi tozu kullanılmış reçete ile hazırlanıp şekillendirilmiş küçük ölçekli formun yüzeyi parlak açık kahverengi olduğu ve formda bozulma olmadığı gözlenmiştir. Orta ölçekli formun yüzeyinin de parlak açık kahverengi olduğu ve formun yüzeyinde vitrifikasyona bağlı bir miktar bozulmalar olduğu gözlenmiştir. Büyük ölçekli formun yüzeyinin de parlak çok açık kahverengi bir görünümde olduğu gözlenmiştir. A11-3 kodlu inorganik katı atık mavi camı tozu kullanılmış reçete ile hazırlanıp şekillendirilmiş küçük ölçekli formun yüzeyi parlak açık mavi renkte olduğu ve formda vitrifikasyona bağlı bozulmalar olmadığı gözlenmiştir. Orta ölçekli formun yüzeyinin de parlak açık mavi renkte olduğu ve formunu koruduğu gözlenmiştir. Büyük ölçekli formun da orta ve küçük ölçekli form ile aynı yüzey görünümü ve renkte olduğu gözlenmiştir. Büyük ölçekli formda yüzeyde vitrifikasyona bağlı hafif bozulmalar olduğu gözlenmiştir. A11-4 kodlu inorganik katı atık beyaz meyve suyu şişesi camı tozu kullanılmış reçete ile hazırlanıp şekillendirilmiş küçük ölçekli formun yüzeyinin parlak beyaz renkte olduğu ve formda bozulma olmadığı gözlenmiştir. Orta ölçekli formun yüzeyinin de parlak beyaz olduğu ve formunu koruduğu gözlenmiştir. Büyük ölçekli formun da orta ve küçük ölçekli formlar ile aynı yüzey görünüm ve renkte olduğu gözlenmiştir. Büyük ölçekli formda hafif yüzeyde köpürme ve buna bağlı düzgün olmayan, pürüzlü yüzeyler olduğu gözlenmiştir. A11-5 kodlu inorganik katı atık yeşil şarap şişesi camı tozu kullanılmış reçete ile hazırlanıp şekillendirilmiş küçük ölçekli formun yüzeyinin parlak küf yeşili renkte olduğu ve formda bozulma olmadığı gözlenmiştir. Orta ölçekli formun yüzeyinin de parlak küf yeşili renkte olduğu ve formunu koruduğu gözlenmiştir. Büyük ölçekli formun yüzeyinin açık yeşil renkte olduğu ve mat bir yüzey oluşturduğu gözlenmiştir. Büyük ölçekli formda bozulma olmadığı gözlenmiştir.

Metal Atıklar ile Oluşturulan Formlar

Tablo 4. 0,5 mm Tane Boyutlu Beyaz Meyve Suyu Cam Şişesi Tozu ve %5 Metal Atıklarının 950°C Sıcaklıkta Ürün/Form Boyutuna Etkileri

Reçete Kodu	Küçük Ölçekli Form	Orta Ölçekli Form	Büyük Ölçekli Form
A11-6 %5 Demir Tozu Katkılı			
A11-7 %5 Anahtar Tozu Katkılı			
A11-8 %5 Pirinç Tozu Katkılı			

Bu çalışmada Mısır pastası reçetesindeki kuvars yerine inorganik katı atıklardan beyaz meyve suyu şişesi camı kullanılmıştır. Renk veren oksitlerin yerine ise inorganik katı atıklardan pirinç, anahtar ve demir tozları %5 oranında reçetelere ilave edilmiştir. Reçetelerde bulunan inorganik katı atıklardan cam ve metal tozlarının birlikte kullanılmasından dolayı formların şekillendirme sırasında bozulmalara uğradığı gözlenmiştir. Şekillendirilen formlar kurutulduktan sonra 950°C sıcaklıkta elektrikli seramik fırınında 12 saat pişirilmiştir. A11-6 kodlu demir tozu kullanılmış reçete ile hazırlanıp şekillendirilmiş küçük ölçekli formun açık kahverengi renkte olduğu, yüzey üzerinde köpürmeye bağlı gözenekler ve siyah noktalar şeklinde demir tozları varlığı görülmektedir. Orta ölçekli formda erime ve köpürmeler oluşmuştur. Yüzey görünümü küçük ölçekli form ile kıyaslandığında, aynı renk ve dokudadır. Büyük ölçekli formun ise orta ve küçük ölçekli form ile aynı yüzey görünüm ve renkte olduğu gözlenmiştir. A11-7 kodlu anahtar tozu eklenerek hazırlanmış reçete ile şekillendirilen küçük ölçekli form vitrifikasyona bağlı olarak tamamen bozulmaya uğramış; ayrıca yüzeyin parlak ve yeşilimsi küçük siyah tanecikli bir doku sergilediği gözlenmiştir. Orta ölçekli formda da erime ve köpürme olduğu gözlenmiş; ayrıca buna bağlı olarak da formda bozulmalar oluşmuştur. Yüzeyin parlak hafif yeşilimsi ve gözenekli olduğu gözlenmiştir. Büyük ölçekli formda parlak sütlü kahverengi ve siyah benekli yüzeyler olduğu ve formun şeklinde bozulma olmadığı gözlenmiştir. A11-8 kodlu atık pirinç tozu eklenerek hazırlanmış reçete ile şekillendirilen küçük ölçekli formda erime olduğu ve formun şeklini koruduğu; ayrıca yüzeyin parlak beyaz olup, pirinç tozlarının form yüzeyinde toplanmalar oluşturarak siyah renk sergilediği gözlenmiştir. Orta ölçekli formda ise erime olduğu; ayrıca pişirme sıcaklığına bağlı olarak çatlakların ve bozulmaların olduğu gözlenmiştir. Orta ölçekli formda yüzey parlak beyaz olup, pirinç tozları yüzeyde siyah noktacıklar olarak gözlenmiştir. Aynı reçete ile yapılmış büyük ölçekli formda

yüzeyin parlak pürüzsüz görüldüğü, pirinç tozlarının siyah noktacıklar şeklinde doku oluşturduğu ve formda bozulmanın olmadığı gözlenmiştir.

İnorganik katı atıkların özellikle cam ve metal atık tozlarının Mısır pastası üretiminde yeniden değerlendirilmesi hem çevresel sürdürülebilirlik hem de sanatsal yenilik açısından son derece önemli bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntem, atık malzemelerin geri kazanımını sağlayarak çevreye olan olumsuz etkileri azaltırken, aynı zamanda seramik sanatında yeni estetik ve teknik olanakların doğmasına katkıda bulunur. İnorganik cam ve metal atıklarının Mısır pastası yapımında kullanımı; seramik sanatına teknik yenilik, estetik çeşitlilik ve çevresel duyarlılık kazandırarak hem sanatın hem de bilimin kesişimin de yeni bir yaratım alanı oluşturur.

Bu çalışma hem malzeme bilimi hem de seramik sanatı açısından yenilikçi bir katkı sağlamaktadır. Cam tozunun kuvars yerine kullanılması, gövde yapısında erime ve sinterleşme davranışını olumlu yönde etkileyerek daha düşük sıcaklıkta yeterli dayanım ve parlaklık kazandırmıştır. Renkli cam tozlarından elde edilen tonlar ise geleneksel oksitlerin yerine geçerek yüzeyde canlı, derin ve özgün renk geçişleri oluşturmuştur.

Cam ve metal tozlarının Mısır pastası yapımında kullanılması, geleneksel malzeme anlayışını dönüştürmüş ve özgün yüzey efektleri, renk derinlikleri ve parlaklık düzeyleri elde etme imkânı sunmuştur. Metal atık tozlarının eklenmesiyle malzemenin yüzey karakteri zenginleşmiş, özgün dokusal ve optik etkiler ortaya çıkmıştır. Metal oksitlerin kimyasal özellikleri, sır ve gövde etkileşimlerinde beklenmedik renk geçişleri ve dokusal farklılıklar yaratır; böylece her bir eser benzersiz bir karakter kazanır. Ayrıca, endüstriyel atıkların yeniden kullanımı sanatçıyı yalnızca estetik üretici değil, aynı zamanda çevre bilinci yüksek bir araştırmacı konumuna taşır. Bu yaklaşım, çağdaş sanatın ekolojik sorumluluk ve sürdürülebilirlik ilkeleriyle örtüşür. Sanatçı, malzeme dönüşümünü sanatsal bir ifade biçimine dönüştürerek hem doğanın döngüsellğine vurgu yapar hem de izleyicide farkındalık yaratır.

Bu sonuçlar hem çevresel hem de sanatsal açıdan dikkat çekicidir. Endüstriyel atıkların yeniden kullanımı, sürdürülebilir üretim anlayışını desteklerken, seramik sanatında yeni estetik olanakların doğmasına katkı sağlamaktadır. Daha düşük pişirim sıcaklığı, enerji tasarrufu sağlamakta ve çevreye olan etkiyi azaltmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışma; cam ve metal atık tozlarının Mısır pastası üretiminde alternatif hammadde olarak kullanılmasının seramik sanatına teknik yenilik, renk ve doku çeşitliliği, aynı zamanda çevresel duyarlılık kazandırdığını göstermektedir. Bu yaklaşım, çağdaş seramik sanatında sürdürülebilir malzeme kullanımına örnek teşkil eden öncü bir uygulama niteliğindedir.

Sonuç ve Öneriler

Seramiğin tarihsel süreci içerisinde inorganik katkılı seramik bünye kullanımının sanatçılar, zanaatkarlar ve seramik endüstrisi tarafından halen kullanıldığı görülmektedir. Son dönemlerde geleneksel katı atıklara ek olarak büyük çevre sorunu olan cam, seramik ve metal atıkların geri dönüştürülerek seramik bünyelere inorganik katkı olarak ilave edilmesi, konuya ilgi duyan araştırmacılar tarafından popülerlik kazanarak oldukça yaygınlaşmıştır. Özellikle farklı araştırmacılar tarafından inorganik atıkların seramik bünyelerdeki feldspat-kil-kuvarsın herhangi birinin yerine kullanılmasına yönelik sanatsal ve bilimsel çalışmalar yapılmaktadır.

Seramik bünyeye ilave edilen inorganik atıkların seramik çamurunun şekillendirmesinde, kurutulmasında ve pişirilmesinde bünyeye birçok fayda sağladığı görülmüştür. Bunlar tür, tane boyutu ve katkı miktarlarına bağlı olarak bünyenin kuru ve pişme dayanımı, kuru ve pişme küçülmesini, plastikliğini, gözenekliliğini, pişme sıcaklığını; pişme sonrası desen, renk ve doku özelliklerini değiştirmektedir. Bu çalışmada inorganik katı atıkların Mısır pastası yapımında nasıl kullanıldığı ve kullanım sonucu etkileri deneme ve uygulamalar yapılarak sunulmuştur.

Çalışmada Mısır pastası üretiminde A11 reçetesinde bulunan %55 kuvars yerine, inorganik katı atıklardan 6 farklı atık cam tozu ve metal tozları ile 950°C sıcaklıkta 27 adet form elde edilmiştir. Mısır pastası üretimi için oluşturulan reçetelerin pişme davranışları incelenmiştir.

Sonuç olarak inorganik katı atıklardan cam tozu katkılı bünyelerin 950 °C’de formlarını korudukları, parlak bir yüzey oluşturdukları ve sanatsal açıdan çekici etkiler oluşturduğu gözlenmiştir.

İnorganik katı atık katkılı Mısır pastası reçetelerine ilave edilen inorganik katı atıkların Mısır pastası bünyelerde kullanılabileceği ve bu bünyeler ile de büyük boyutlu sanatsal uygulamaların yapılabileceği ortaya konulmuştur.

Mısır pastası reçetelerine ilave edilen inorganik katı atıklardan renkli cam tozlarının da bünyeye kendi renklerini vererek diğer hammaddelere ve fırınlama sıcaklığına bağlı olarak farklı tonlar sergilediği gözlenmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, bu makalenin araştırma, yazarlık ve/veya yayın süreci ile ilgili herhangi bir potansiyel çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Mali Destek

Bu makalenin araştırılması SSY-2022-14554 numaralı araştırma projesi kapsamında Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Yayın Etiği Beyanı

Çalışmada etik dışı bir husus bulunmadığını, araştırma ve yayın etiğine özenle uyulduğunu beyan ederiz.

Yazar Katkı Oranı

Çalışma, araştırmacılar arasında eşit bir işbirliği ile yürütülmüş ve raporlanmıştır.

Etik Kurul İzni

Bu çalışma için etik kurul onayı gerek yoktur.

Kaynakça

- Alpman, G. (1997). *Mısır çamuru ve günümüzde yapılan bazı örnekleri*. [Yüksek Lisans Tezi]. Anadolu Üniversitesi.
- Arcasoy, A. ve Başkırkan, H. (2020). *Seramik teknolojisi*. Literatür Yayınları.
- Avcı, F., Özsoy-Güneş, Z. ve Kırbaşlar, F. G. (2010). The study of the distribution of the subjects inorganic and organic chemistry in elementary and high school education curriculum. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2616–2624.
- Aydın, A. B. (2000). *İç mekanda kullanılabilecek duvar kaplama malzemelerinin akılcı seçim açısından analizi ve değerlendirilmesi*. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Bianchi, R. (1998). *Symbols and meanings in gifts of the Nile: Ancient Egyptian faience*. Thames and Hudson.
- Binns, C., Myrtle, K. ve Hazel, M. (1932). An experiment in Egyptian blue glaze. *Journal of The American Ceramic Society*, 15(5), 271-272.
- Birgören, B. ve Sakallı, Ü. M. (2021). Kalite ve maliyet perspektiflerinden pirinç alışı harmanlama problemi: Çok amaçlı optimizasyon yaklaşımı. *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(1), 433-445.
- Connell, J. (2002). *The potter's guide to ceramic surfaces*. Apple Press.
- Çakmak, D. ve Akyüz, B. (2022). CW724R pirinç malzemenin tornalanmasında yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörlerin deneysel optimizasyonu. *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi* 9(2), 791-798.
- Friedman, F. (1998). *Gifts of the Nile: Ancient Egyptian faience*. Thames and Hudson.
- Genç, S. (2022). *Artistik seramik sırları*. Ülkü Ofset.
- Hacızade, F. (2019). *Seramiğin kimyası*. Çizgi Kitabevi.
- Hamer, F., ve Hamer, J. (2004). *The potter's dictionary of materials and techniques*. University of Pennsylvania Press.
- Jamieson, A. (2003). Egyptian faience. *Ceramics Technical*, no.17, 82-87.
- Kaya, G., ve Turan, S. (2004). *Yüksek fırın çürüfunun seramik sektöründe katma değeri yüksek ürünlerin eldesinde değerlendirilmesi*. Mühendis ve Makina Dergisi, 45(536), 48-60.
- Kiefer, C. ve Allibert, A. (1971). Pharaonic blue ceramics. *Archaeology*, 24(2), 107-117.

- Kingery, W. David; Bowen, H. K. ve Uhlmann, Donald R., (1976). *Introduction to Ceramics*, 2nd Edition – Hardcover.
- Krygier, T. A. (2005). *Late eighteenth dynasty faience and glass from MALKATA: A stylistic and quantitative analysis*. [Ph.D.]. The Johns Hopkins University.
- Lucas, A. (1948). *Ancient Egyptian materials & industries*. Edward Arnold & Co.
- Lucas, A. ve Harris, J.R., (1962). *Ancient Egyptian Materials and Industries*. Arnold.
- Mete, Z. (2020). *Seramik kimyası*. Tibyan Yayınları.
- Moorey, P.R.S. (1994). *Ancient Mesopotamian materials and industries*. Oxford University Press.
- Nash, K. J. (2018). *3D printed, self-glazed ceramics: An investigation inspired by Egyptian faience*. [Ph.D.]. University of the West of England.
- Nicholson, P.T. ve E. Peltenberg. (2000). *Faience Ancient Egyptian materials and technology*. Cambridge University Press.
- Noble, J. (1969). The technique of Egyptian faience. *American Journal of Archaeology*, Vol. 73, No. 4, 435-439.
- Paiva, F. F. G., Tamashiro, J. R., Silva, L. H. P. and Kinoshita, A. (2021). *Utilization of inorganic solid wastes in cementitious materials – A systematic literature review*. *Construction and Building Materials*, 285, 1-14.
- Petrie, W. M. F. (1894). *Tell el Amarna*. Warminster: Methuen & Co.
- Pina, M. L. (2016). *Reverse engineering the physical chemistry of making Egyptian faience through compositional analysis of the cementation process*. [Master Thesis]. The University of Arizona.
- Rice, P. M. (2015). *Pottery analysis: A sourcebook*. University of Chicago Press.
- Ring, T. A. (1996). *Fundamentals of ceramic powder processing and synthesis*. Academic Press.
- Shortland, A. ve Tite, M. (2008). *Production technology of faience and related vitreous materials*. Oxford University School of Archaeology.
- Sür, A., Sür, Ö. ve Yiğitbaşıoğlu, H. (2009). *Mineraller ve kayalar*. Bilim Yayınları.
- Tite, M.S., Shortland, A.J., ve Vandiver, P.B. (2008). Raw materials and fabrication methods used in the production of faience, in: Tite, M.S., Shortland, A.J. (Ed.), *Production Technology of Faience and related Early Vitreous Materials*. Oxford University School of Archaeology Monograph 72. Oxford: School of Archaeology, 37-55.
- Tuncel, S., Arı, N., Yoleri, B. ve Şahiner, M. (2017). *Dünyada ve Türkiye’de demir*. MTA.
- Vandiver, P. (1983). *Appendix A: The manufacture of faience*. (Ed. A. Kaczmarczyk & R. Hedges), *Ancient Egyptian faience: An analytical survey of Egyptian faience from Predynastic to Roman Times*. Warminster: Aris & Phillips.
- Vanthuyne, B. (2012). Amarna factories, workshops, faience moulds and their produce. *Ägypten und Levante / Egypt and the Levant*, 22/23, 395-429.
- Yılmaz, F. (2023). *İnorganik katkıların seramik bünyelerdeki etkilerinin araştırılması*. [Sanatta Yeterlik Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

EXTENDED SUMMARAY

This study highlights the environmental importance of recycling inorganic solid waste in light of the increasing population and consumption patterns. The use of inorganic waste, particularly in the ceramics industry, has become the subject of growing research. This study specifically investigates how the type and particle size of inorganic solid waste can be utilized in the production of Egyptian paste, and how this incorporation impacts the firing process. Egyptian paste is a ceramic body commonly used in the ceramics industry, composed of raw materials such as feldspar, clay, and quartz.

Egyptian paste is a type of ceramic clay produced by mixing soluble raw materials, which form a vitreous glaze on the surface after firing at low temperatures, directly into the clay from which the object is made. To make this ceramic clay, the ancient Egyptians used raw soda, obtained from dry alkaline lake sediments, and powdered flint (quartz). Egyptian paste is a ceramic material characterized by the bright blue-green color of the transparent glaze; however, the substrate chosen to achieve a bright blue color consists of a white, crushed quartz body rather than the red or yellow clay ubiquitous in the region.

In the study, glass and metal waste were incorporated into Egyptian paste recipes as powders processed from various waste materials. Glass wastes were sourced from different types of bottles, including white fruit juice bottles, blue soda bottles, green soda bottles, car windows, brown beer bottles, and green wine bottles. These glass wastes were processed through crushing, grinding, and sieving operations to a size of 0.5 mm, and the resulting glass powders were added to the Egyptian paste recipes at a ratio of 55%. Additionally, metal wastes (iron, brass, aluminum, and key powder) were incorporated into the Egyptian paste mixture at a ratio of 5%. The effects of these glass and metal wastes on the ceramic body were investigated through firing experiments conducted at 950°C.

Historically, inorganic additives have played an important role in ceramics production, both aesthetically and functionally. Evidence from ancient civilizations shows that such additives were commonly used in ceramic works. Artists, craftsmen, and industrial producers have used inorganic additives in shaping, firing, and drying ceramics to achieve desired properties. These additives can enhance the strength of ceramics, prevent deformation during firing, and alter aesthetic qualities. This study examines in detail the impact of adding glass and metal wastes to Egyptian paste on the firing properties and aesthetic characteristics of ceramics.

In the experimental process, it was observed that the addition of glass powders had positive effects on the Egyptian paste body during firing. Specifically, the glass powders resulted in a glossy surface finish on the Egyptian paste products, providing an aesthetically pleasing appearance. Furthermore, the glass waste's capacity to impart color without the need for additional oxides enabled the products to become more diverse and visually appealing. The effectiveness of glass powders in altering the surface properties of Egyptian paste varied depending on the type and proportion of the waste material. The study demonstrated that glass wastes can be successfully used in the production of Egyptian paste, imparting desired physical and aesthetic properties after firing.

The effects of metal wastes on the Egyptian paste body, on the other hand, were more limited, with no significant changes observed in the mechanical properties. However, it was noted that metal wastes did cause some aesthetic changes, although these effects were not as pronounced as those of the glass powders. This suggests that the use of metal wastes in Egyptian paste production requires further investigation. In general, the addition of glass waste produced more favorable results in Egyptian paste production, while metal wastes provided only limited benefits.

The results of the study demonstrate that the use of inorganic solid wastes in Egyptian paste production offers an environmentally friendly alternative. The use of glass powders in particular improves the properties of the Egyptian paste body, enabling the production of aesthetically pleasing and functional products. Additionally, the incorporation of glass and metal wastes into the Egyptian paste body contributes to the development of sustainable industrial production processes.

In conclusion, this study demonstrates that inorganic solid wastes can be effectively used in Egyptian paste production, offering potential benefits for large-scale artistic applications. The use of glass and metal wastes in ceramics production not only supports an environmentally friendly approach but also creates new opportunities for aesthetic innovation. The findings of the study suggest that recycling processes should be further explored

in artistic fields, and that these materials could be more widely used in the ceramics industry as an important step toward sustainable production. Future research could provide more information on the use of different types of inorganic waste in ceramic body production and their environmental impacts, paving the way for more efficient recycling techniques. From a waste management and recycling perspective, this study demonstrates that the use of inorganic solid waste in Egyptian paste production can reduce environmental impacts and make artistic production processes more sustainable.