

SANATSAL CAMLARDA KEMİK TOZU KULLANIMI¹**Emir ÖZKAYA²**
Selvin YEŞİLAY³**Özet**

Cam sanatında dekor teknikleri düşünüldüğünde, özellikle saydam camın, sade cam biçimi olarak yeterli etkisi yoksa ve farklı bir etki elde etmek isteniyorsa yeni bir yöntemle yüzeysel yönden zenginleştirilebilir. Her cam üreticisi kendi işine uygun özellikteki camı elde etmek için çeşitli malzemeler kullanır. Yardımcı katkı malzemesi de gerekliliklere göre değişiklik gösterir. Cam dekor yöntemlerindeki çağdaş gelişmeler, yeni ve farklı malzemelerin kullanımıyla sağlanmaktadır. Geçmişte cam sanatçıları cam tekniğinde daha uygun üretim yolları aramıştır ve öncelikle en kolay ve yakın ürünleri tercih etmişlerdir. Günümüzde farklı tasarımlara ve yüzey etkilerine sahip camların üretilmesi için uçucu küller, metal çubuklar, metal tuzları ve organik malzemeler gibi yeni bileşenlerin cam dekorasyonunda kullanımıyla ilgili çalışmalar son zamanlarda ivme kazanmıştır. Bu çalışmada cam dekorasyonunda yeni bir yöntem olarak, özgün dekor etkisine sahip cam ürünler elde etmek için üfleme sıcak camlarda kemik tozları kullanılmıştır. İlk olarak XRF (X-ışınları Floresansı) analizi ile kemik tozlarının kimyasal bileşimleri belirlenmiştir. Daha sonra tozlara TG/DTA (Termogravimetrik Diferansiyel Termal Analiz) analizi yapılarak tozların ısıl davranışları saptanmıştır. Farklı boyutlardaki kemik partikülleri ile sıcak üfleme camlarda partiküller cam yüzeyine sarılarak ve cam objenin içine hapsedilerek uygulamalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sıcak camda inovatif ve özgün dekor etkileri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Cam, cam sanatı, sıcak cam üfleme, dekorlama teknikleri, organik malzeme.

USAGE OF BONE PARTICULES IN ARTISTIC GLASSES**Abstract**

Considering the decorative techniques in glass art, especially if transparent glass is not sufficiently effective as a simple glass form, and if it is desired to achieve a different effect, it can be enriched from the surface in a new way. Every glass manufacturer uses a variety of materials to obtain the appropriate glass for his artwork. The additive material also varies according to requirements. Contemporary developments in glass décor methods are achieved through the use of new and different materials. In the past, glass artists searched for more appropriate ways of production in the glass technique and preferred the easiest and nearest products first. Recently, studies on the use of new components such as fly ashes, metal rods, metal salts and organic materials in glass decoration have gained momentum in recent years to produce glasses with different designs and surface effects. In this study, as a new method of glass decoration, bone powders were used in hot glass blowing to obtain glass products with original decor effect. First, the chemical composition of bone powders was determined by XRF (X-ray fluorescence) analysis. Then, TG/DTA analysis was performed and the thermal behavior of the powders was determined. Bone particles with different sizes were gathered around the glass surface on hot blown glasses. According to the results innovative and original decor effects were obtained in hot glasses.

Keywords: Glass, glass art, hot glass blowing, decorative techniques, organic materials

Özgün Makale / Original Article

² Anadolu Üniversitesi, Türkiye, emirozkaya93@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8217-3874

³ Sorumlu yazar/Corresponding Author, Anadolu Üniversitesi, Türkiye, ORCID ID: 0000-0002-8217-3874

Copyright © 2016-2018 IBAD

ISSN: 2536-4642

GİRİŞ

Estetik amaçlı yapılan bütün uygulamalara dekorasyon denilmektedir. Cam dekorasyonu sürekli gelişen bir alana sahiptir. Dekorasyonun önemi teknik kaliteye bakmaksızın alıcı tarafından estetiğe verilen değerden kaynaklanmaktadır. Üretim prosesi tamamlanmış ürünün estetiğine verilen önem ve araştırma geliştirme çalışmaları sürekli devam etmektedir [1].

Cam, bilinen en yaygın ve en eski malzemelerden biridir ve günlük hayatımızda birçok açıdan mevcuttur. Paris'teki Louvre ve Londra'daki Lloyd binası gibi modern mimari binalarda çarpıcı yapısal formlar oluşturmak için yoğun olarak kullanılmaktadır. Cam, renkli kilise pencerelerinde kullanılarak ortaçağ mimarisinde de büyük etkiye sahip olmuştur. Günümüzde cam son derece değerli bir malzeme haline gelmiştir. Camı hazırlayan ortamın ve koşulların yeniden oluşturulması yüzlerce yıl sürmüştür [2]. İlk cam nesnelere olarak boncuklar, plakalar, kakmalar ve küçük kapların vurgulandığı, bağımsız bir malzeme olan camın M.Ö. 3000'lerden eski olmadığı düşünülmektedir. M.Ö. 2500 yıllarına dayanan cam objeleri Suriye'de, M.Ö. 2450'de ise cam boncukları Mezopotamya'da bol miktarda bulunmuştur. Cam daha sonra Mısır'da üretilmiş ve M.Ö. 1500 civarında büyük bir endüstri olarak çıkmıştır. Mısır'da bulunan en eski cam tartışmasız M.Ö. 2000'den kalmıştır [3-6].

Camın kendisini oluşturan hammaddelerinden nasıl üretilebileceğinin keşfinden önce, insanoglu binlerce yıldır doğal olarak oluşan camı kullanmıştır. Doğal silika (SiO_2) (camın temel bileşeni), kuvars, tridimit ve kristobalit olmak üzere üç kristal halinde bulunur. En yaygın olanı kuvars kaya kristali, kum veya kil bileşeni formlarında karşımıza çıkar. Kaya kristali boncuk ve dekoratif objeler haline getirilmiştir. Örneğin 17. yüzyılda Fransa'da avize damlaları olarak kullanılmıştır. Ardından hızlı soğumayla meydana gelen ani volkanik patlamalar, doğal camı (amorf silika) oluşturacak yüksek silis içeren lavlar oluşturabilir ve bunun sonucunda doğal cam dediğimiz obsidiyen meydana gelir. Obsidiyen yontularak ve kesilerek keskin kenarlı aletlerin üretilmesinde kullanılmıştır. Volkanik obsidiyen, kum (silisyum dioksit), soda (sodyum oksit) ve kireçten (kalsiyum oksit) oluşur ve ona koyu rengini veren demir ve mangan içerir. Bir diğer doğal cam da çakmaktaşı olarak da bilinen flinttir. Flint ve obsidiyen eski zamanlarda birçok aletin yapımında kullanılmışlardır. Doğal olarak oluşan camın diğer formları ise volkanik pomza, fulgurit ve tektitlerdir (sutaşı). Pomza, hızlı soğutmadan önce ve sonra erimiş halde çözeltiden serbest bırakılan gazlar tarafından üretilen doğal köpük bir camdır. Fulgurit, yıldırım çarpmasıyla oluşan ergimiş silis camıdır. Tektit dünyanın belirli bölgelerinde rastlanan, küçük tabii camı cisimlerin ortak adıdır. Meteorik kökenli, yuvarlak cam parçaları olarak karşımıza çıkar. Kompozisyonu obsidiyeninkine benzer, ancak daha fazla demir ve mangan içerirler [7,8].

Cam ve uygarlık birbirine çok bağlı olmuştur. İnsanlık ilerledikçe cam daha önemli ve daha vazgeçilmez elemanlardan biri haline gelmiştir [9]. Çevre bir bütündür. Her şeyin bu çevreyle uyumlu olması kaçınılmaz bir gerçektir. İşte bu nedenle camcılıkta da, her dönemde cam yüzeyleri çok değişik ve cama özgü yöntemlerle değerlendirilmiştir. Cam tarihinin her döneminde, özellikle saydam camın elde edilmesiyle birlikte, bu yüzeylerin zenginleştirilmesi çalışmaları yapılmıştır. Camın katkılarını değiştirerek ilginç çözümlere ulaşıldığı sık sık görülür [10].

Kalsine edilmiş kemik veya kemik külü 200 yıldan fazla süredir seramik üretiminde kullanılmaktadır [11]. Canlıların temel yapı taşı olan kemikler sahip oldukları kompleks mikro yapıları ile seramik organik kompozitler olarak adlandırılabilirler. Kemik, düşük yoğunluklu sert ve katı bir dokudur. Kemik dış kısımları yoğun ve kompakt iken iç katmanları süngerimsi kemiklerden oluşmaktadır. Kemik yaklaşık olarak ağırlıkça % 20 kolajen (lifli bir protein türü), % 69 kalsiyum fosfat ve % 9 oranında su ile diğer organik minerallerden oluşmaktadır. Yapıdaki kalsiyum fosfatın yaklaşık kompozisyonu $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}(\text{OH})_2$ formülü ile gösterilebilir. Kemik her ne kadar Na^+ , Mg^{+2} , K^+ , CO_3^{2-} , F^- , Cl^- ve H_2O içerse de ana yapısı Ca^{+2} ve P tarafından oluşturulmuştur. Çizelge 1'de kemiğe ait kimyasal kompozisyon sunulmuştur [12,13].

Tablo 1. Kemikğin kimyasal bileşimi [13]

Kompozisyon	% (Ağırlıkça)
Kalsiyum Ca ⁺²	34,8
Fosfor P	15,2
Ca/P	1,71
Sodyum Na ⁺	0,9
Magnezyum Mg	0,72
Potasyum K ⁺	0,03
Karbonat CO ₃ ^{'2}	7,4
Flor F	0,03
Klor Cl	0,13
Pirofosfat P ₂ O ₇	0,07
Toplam inorganik mineraller	65,0
Toplam organikler	25,0
Su H ₂ O	10,0
Diğer elementler Sr ⁺² , Pb ⁺² , Zn ⁺² ,Cu ⁺² ,Fe ⁺³	

Gerçekleştirilen çalışmada, büyükbaş hayvan kemiklerinden elde edilen farklı boyutlardaki kemik granülleri sıcak camlarda yüzeyde ve cam bünyesinde cam formun içine hapsedilerek kullanılmış ve farklı dekor etkilerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Temizlenip kurutulan kemikler ilk olarak öğütme işlemine tabi tutulduktan sonra karakterizasyon testleri yapılmıştır.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Kemik külünün cam dekorasyonunda sağladığı eşsiz etkilerin daha iyi algılanması amacıyla kemik ve yapısının incelenmesi önem taşımaktadır. Çalışmada kullanılan kemik parçaları ilk olarak jelatininden arındırıldıktan sonra halkalı değirmende öğütülerek kurutulmuştur. Karakterizasyon testleri için iri taneleri uzaklaştırmak amacıyla 60 µm elekten geçirilmiştir. Kemik tozlarının kimyasal bileşimlerini belirlemek için XRF (X-Işınları floresansı) analizi ve sıcaklığa bağlı davranışlarını belirlemek için ise TG-DTA (Termogravimetrik-Diferansiyel Termal analiz) analizleri yapılmıştır. Çalışmada 4 farklı boyutta kemik granülleri kullanılmıştır (Şekil 1). Granüllerin ortalama tane boyutları 0,01, 0,05, 1 ve 2 cm olarak belirlenmiştir.



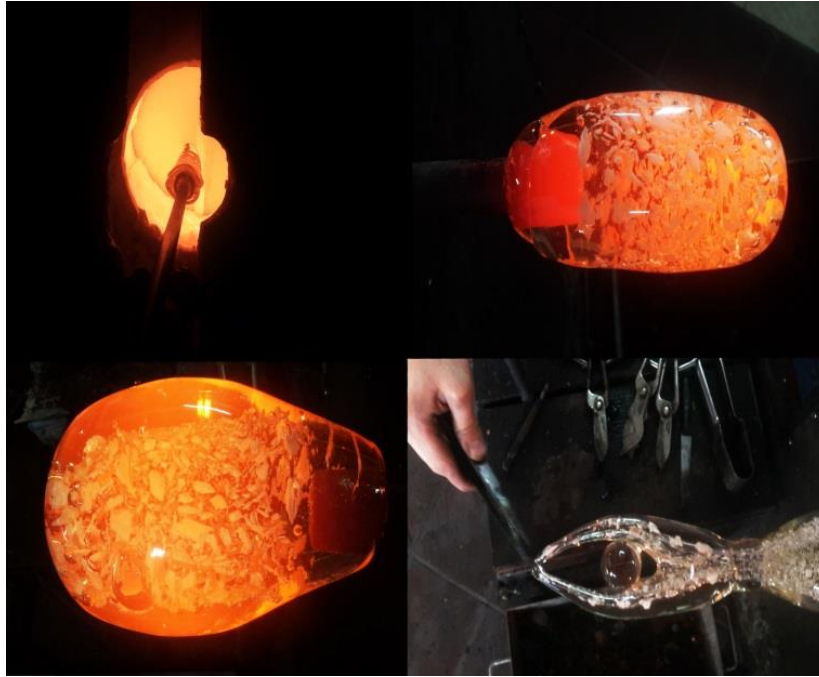
Şekil 1. Kullanılan farklı boyutlardaki kemik granüllerine ait fotoğraf.

Sıcak cam tekniğinde bir kap içerisine homojen şekilde konulan granüller fırında eriyik halde bulunan şeffaf cam fiskası üzerine sarıldıktan sonra tromelde bekletilerek bütünleşmesi sağlanmıştır. Uygulama esnasında bazı granüllerin tam yapışmadığı saptanmış ve tekrar cam sararken bunların fırın içerisine düşürmeden üzerine bir katman daha cam alınıp granüllerin arada kalması sağlanmıştır. Sonrasında fırından bir kat daha cam alınarak istenilen form elde edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Sıcak cam uygulamalarına ait fotoğraflar.

Uygulama esnasında granüllerin yapışması ve gaz çıkışlarının olması için uzun bir süre tromelde bekletilmiş ve kaynaşması sağlanmıştır. Üzerine 2 parça olarak eriyik cam eklenmiş sonrasında bir kat daha cam kaplanıp ürüne şekil verilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Sıcak cam uygulamalarına ait fotoğraflar.

Çalışmanın son aşamasında renkli camlarda kemik granüllerinin kullanım etkisini görmek amacıyla şeffaf cam üzerine siyah renkli cam tozu alınarak ve tromelde ısıtılarak siyah renk elde edilmiştir. Siyah zemin üzerine kemik granülleri alınıp tromelde bütünleşmesinden sonra 2 katman cam kaplanmış ve kemik granüllerinin arada kalması sağlanmıştır. Ardından fırından bir kat daha cam alınarak istenilen form elde edilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan kemiklere ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur.

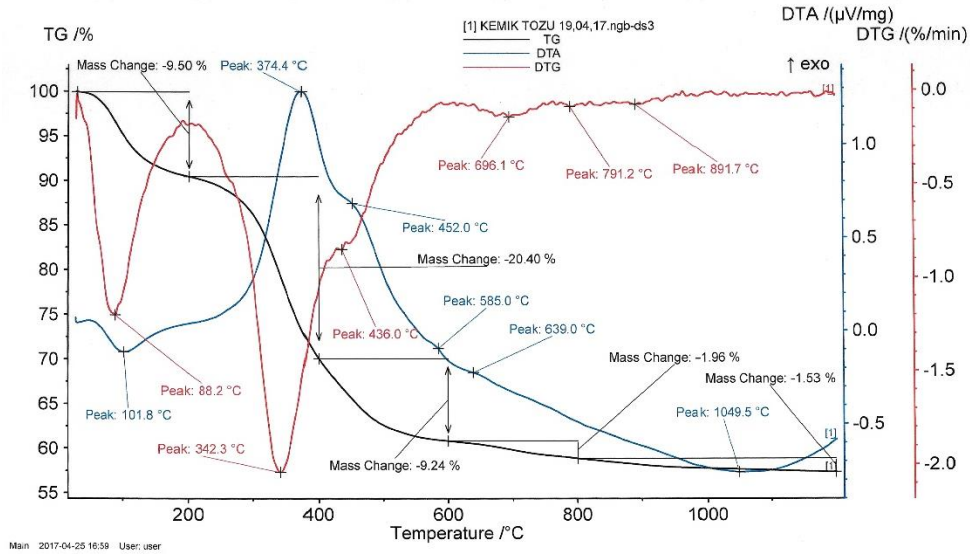
Tablo 2. Kemiklere ait kimyasal analiz sonuçları (ağırlıkça %).

Oksitler	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	P ₂ O ₅	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	*A.Z.
Ağırlıkça %	0,59	0,30	0,08	33,41	21,86	0,69	0,11	1,09	0,28	41,59

*Ateş Zayıyatı.

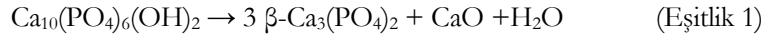
Tablo 2'de görülen kimyasal analiz sonuçlarına göre kemik tozlarının yüksek oranda CaO ve P₂O₅ içerdiği görülmektedir.

Şekil 4'te kemik tozlarına ait TG/DTA grafiği verilmiştir.



Şekil 4. Kemik tozlarına ait TG/DTA analizi.

Kemik külünün TGA eğrisinde, ~30-1200°C'ye kadar toplam % 42,63 oranında ağırlık kaybı mevcuttur. TG ve DTA eğrisinde yaklaşık 50-200 °C sıcaklık aralığında meydana gelen % 9,5 ağırlık kaybı fiziksel su ve organik malzemeler ile ilgili suyun bünyeden uzaklaşmasıdır. Yaklaşık 200-500°C sıcaklık aralığında gözlemlenen keskin ekzotermik pik ve % 29,64 ağırlık kaybı ise organik malzemelerin yanması ile ilgilidir. ~696 °C'de gözlenen % 2 ağırlık kaybının HA (Hidroksiapatit)→β-TCP (Beta-tri-kalsiyum fosfat) (Eşitlik 1) dönüşümünden kaynaklandığı düşünülmektedir [14-16].



Kemik granüllerinin kullanılmasıyla elde edilen cam ürünler Şekil 5-8'de görülmektedir.

Şekil 5'te görülen uygulamada kemik tozlarının sıcak camda kullanılması esnasında meydana gelen gaz ve buhar çıkışlarının etkisi ile farklı bir görsel etki elde edilmiştir.



Şekil 5. İnce öğütülmüş kemik tozları ile üretilen kağıt ağırlığı.

Öğütülmüş ince boyuttaki kemik tozlarının (ortalama tane boyutu 0,01cm) sıcak cam yüzeyine sarılmasıyla yapılan uygulamada kemik tozlarının cam yüzeyinde homojen bir şekilde dağıldığı, herhangi bir topaklanma hatasının olmadığı görülmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. İnce öğütülmüş kemik tozlarının yüzeyde kullanılması ile elde edilen cam küre.

Ortalama 1 cm boyutundaki kemik tozlarının şeffaf cam ve siyah renkli içine hapsedilmesiyle elde edilen ürünlerde metalik bir etki elde edilmiştir (Şekil 7).



(a)



(b)

Şekil 7. (a) Şeffaf cam ve **(b)** siyah renkli cam üzerine kemik granülleri alınarak üretilen cam objeler.

Ortalama boyutu 2 cm olan kemik granülleri cam formda orijinal şeklini korumuş ve camın ışığı geçirme özelliğinin de katkısıyla derinlik etkisi olan organik görünümlü bir ürün elde edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. İri kemik granüllerinin cam içinde hapsedilmesi ile üretilen cam objeler.

GENEL SONUÇLAR

Cam, camda sanat oluşturmak için birçok teknik ve ek malzeme kullanabileceğimiz çok yönlü bir malzemedir. Günümüze kadar birçok farklı biçimde kullanılmıştır. Dünyanın en eski ve çok yönlü, insan tarafından yaratılan malzemelerinden biridir. Gerçekleştirilen araştırmada cam dekorasyonunda kemik tozlarının kullanılması ile estetik değere sahip orijinal etkiler ortaya çıkmıştır. Cam şekillendirme sıcaklığında kemiğin yapısında bulunan organik maddelerin yanması ve gerçekleşen reaksiyonlar dolayısıyla buhar ve gaz çıkışlarının olması sonucunda üretilen camlarda farklı görsel etkiler elde edilmiştir. Özellikle ortalama tane boyutu 1cm'nin üzerinde olan kemik tozlarının kullanılması ile sağlanan metalik etki farklı ve daha büyük ölçülere sahip ürün tasarımlarında kullanılarak görsel etkisi yüksek cam ürünler elde edilebilir. Cam sanatında kullanılan dekoratif uygulamalar yöntem olarak fazla çeşitlilik göstermemektedir. Bu yüzden cam dekorasyonunda alternatif malzeme kullanımına yönelmek ve camı farklı malzemelerle bir arada kullanmak, ürünlere yenilikçi ve özgün değer katma anlamında bir opsiyon yaratmaktadır. Özellikle sıcak cam üfleme tekniği sürecin uygulayan açısından kontrol edilebildiği, geniş çalışma aralıkları sayesinde sanatçının camı hedeflediği formda üretmek için müdahalede bulunabildiği bir tekniktir. Bu bağlamda alternatif malzeme olarak kemik külünün cam sanatında kullanımında sıcak cam üfleme tekniği seçilmiştir. Seçilen malzeme doğada atık olarak bulunabilecek, maliyet açısından avantaj sağlayan bir malzemedir. Elde edilen sonuçlar kemik tozlarının kullanımıyla hem düşük maliyetli hem de estetik ifade olanakları sunan sanatsal cam ürünlerinin üretilebileceğini göstermiştir.

KAYNAKÇA

- Vari, A. (2000). *Glazing and decoration of ceramic tiles*, 358 sayfa, S.A.L.A.
- Burke, E. (2005). *Glass blowing a technical manual*, The Crowood Press.
- Cummings, K. (2002). *A history of glassforming*, pp 102–133, London, A & C Black.
- Lambert, J.B. (2005). The 2004 Edelstein award address, the deep history of chemistry. *Bull Hist Chem*, 30,1–9.
- Macfarlane, A. and Martin, G. (2002). *Glass, a world history*. p 10, Chicago University of Chicago Press.
- Kurkjian, C.R. and Prindle, W.R. (1998) Perspectives on the history of glass composition. *Journal of American Ceram. Soc.* 81,795–813.
- Davison, S. and Newton, R.G. (2008). *Conservation and restoration of glass*, Routledge, 392 sayfa.
- Scrabec, Q.R. (2007). *Michael Owens and the glass industry*, Pelican Publishing.
- Bayramoğlu, F. (1974). *Türk cam sanatı ve Beykoz işleri*, 153 sayfa, s. 22. İş Bankası Kültür Yayınları.
- Küçükerman, Ö. (1985). *Cam sanatı ve geleneksel Türk camcılığında örnekler*, s.119, Ankara, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, Doğu Matbaası.
- Yeşilay, S., Kaya, G. ve Kara, A. (2007). Farklı Ca/P oranına sahip sentetik hidroksiapatit tozlarının kemik porseleni bünyesinde kullanımı", *IV. Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri*, Eskişehir/Türkiye, s. 54-64.
- Rauf, A. (2014). Animal bone-A brief introduction, *International Journal of Science, Environment and Technology*, Vol. 3, No 4, 1458 – 1464.
- Yeşilay, S. (2006). *Sentetik hidroksiapatitin kemik porseleni bünyesinde kullanımı*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.