

## Cam Yüzeylerde Macun Lüsteri Uygulamaları\*

### Luster Paste Applications on Glass Surfaces

Fatma Çiftçi, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Seramik ve Cam Bölümü*, 0000-0003-2246-2671  
Halil Yoleri, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik ve Cam Bölümü*, 0000-0002-1041-1458

#### Özet

Cam yüzeylerin bezemesinde kullanılan en eski tekniklerden biri olan macun lüsteri, arkeolojik bulgulara göre 8. yüzyıldan itibaren cam ustaları tarafından uygulanmıştır. İslam sanatında önemli bir yer edinen bu teknik, zaman içinde cam yüzeylerde azalmış ancak 9. yüzyıldan itibaren sırlı seramiklerin bezemelerinde yaygınlaşmıştır. Macun lüsteri tekniği; metal tuzları ve yardımcı ham maddeler içeren macun kıvamındaki bir karışımın cam yüzeyine fırça ile sürülmesi ve ardından dönüşüm sıcaklığında indirgen ortamda iyon değişimiyle gerçekleştirilir. Bu süreçte macun içeriğinde yer alan metal tuzlarının indirgenmesiyle cam yüzeyinde yanardöner metalik efektlerin ve sedefsi yansımaların oluşması sağlanır. Gün ışığında daha da belirginleşen bu optik etki, camın yüzeyinde metalik yansımaları olan bir etki oluşturur. Bu çalışma, Macun lüsteri tekniğinin cam yüzeylerde uygulanmasının yeniden canlandırılmasını amaçlamaktadır. Bu bağlamda, 8. yüzyıla ait Cabir İbn Hayyan'ın yazmalarında yer alan bilgilere dayanarak, günümüz koşullarına uygun yeni macun lüsteri formülleri geliştirilmiştir. Alkali silika camlar üzerine fırça ile uygulanan bu formüller, pişirim aşamasında indirgen atmosfer sağlanarak denenmiş ayrıca fırın atmosferindeki oksijen ve karbon yoğunluğu oksijen probu ile ölçülmüştür. Araştırma, macun lüsteri tekniğinin modern cam üretim süreçlerine nasıl entegre edilebileceğini değerlendirmekte ve güncel üretim yöntemleriyle uyumlu bir uygulama modeli sunmaktadır. Tarihsel formüller, çağdaş malzeme bilgisi ve deneysel veriler ışığında yeniden yorumlanmıştır; böylece günümüz cam sanatına katkı sağlayabilecek nitelikte bir teknik geliştirilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Cam, lüster, macun lüsteri, dekor, zanaat.

**Akademik Disiplin(ler)/Alan(lar):** Plastik sanatlar, görsel sanatlar.

#### Abstract

One of the oldest techniques used in the decoration of glass surfaces, Macun Luster (Paste Luster), has been applied by glass artisans since the 8th century, as evidenced by archaeological findings. This technique, which holds a significant place in Islamic art, gradually declined in use on glass surfaces over time but became widespread in the decoration of glazed ceramics from the 9th century onwards. Using a brush, the Macun Luster technique involves applying a paste-like mixture containing metal salts and auxiliary raw materials onto the glass surface. The process is completed through ion exchange in a reducing atmosphere at the transformation temperature. The reduction of metal salts within the paste produces iridescent metallic effects and pearlescent reflections on the glass surface. This optical effect, which becomes more pronounced under daylight, produces a metallic reflective appearance on the surface of the glass. This study aims to revitalize the application of the Macun Luster technique on glass surfaces. In this context, new Macun Luster formulations suitable for contemporary conditions were developed based on information found in the 8th-century manuscripts attributed to Jabir İbn Hayyan. These formulations were applied with a brush onto alkali-silica glasses and tested under a reducing atmosphere during the firing process. Additionally, the oxygen and carbon concentrations within the kiln atmosphere were measured using an oxygen probe to control the process. This research evaluates how the Macun Luster technique can be integrated into modern glass production processes and proposes an application model compatible with contemporary manufacturing methods. Historical formulations have been reinterpreted in light of current material knowledge and experimental data, resulting in the development of a technique that can contribute to contemporary glass art.

**Keywords:** Glass, luster, paste luster, decoration, craft.

**Academical Disciplines/Fields:** Plastic arts, visual arts.

\* Bu makale Fatma Çiftçi'nin Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Seramik ve Cam Tasarımı Ana Sanat Dalı'nda tamamladığı (2024) ve Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklen 'Cam Yüzeylerde Macun Lüsteri Araştırmaları' başlıklı Sanatta Yeterlik Tezi'nden üretilmiştir (Proje ID: 2342, Proje Kodu: 2020.KB.SOS.001).

Ayrıca çalışma, 15-18 Mayıs 2024 tarihleri arasında Berlin'de gerçekleşen Glass Art Society Annual Conference'ta sunulmuş ve sonrasında 'Reviving Iridescent Magic: A Contemporary Approach to a Centuries-Old Craft from Mesopotamia to the Present' başlığıyla tam bildiri metni olarak yayınlanmıştır (Çiftçi ve Yoleri, 2024).

- Sorumlu Yazar:** Halil Yoleri, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik ve Cam Bölümü.
  - Adres:** Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, DEÜ Tınaztepe Yerleşkesi, Adatepe Mah. Doğu Cad. No: 209, 35390, Buca/İzmir.
  - E-posta:** halil.yoleri@deu.edu.tr
  - Çevrimiçi yayın tarihi:** 21.03.2025
  - doi:** 10.17484/yedi.1635314
- Geliş tarihi:** 07.02.2025 / **Kabul tarihi:** 28.02.2025

## 1. Giriş

Macun lüsteri dekor tekniği metal tuzlarının, renklendirici oksitlerin ve taşıyıcı malzemelerin macun kıvamına getirilene dek öğütüldükten sonra fırça ile cam yüzeyine uygulanmasını içeren bir dekor tekniğidir. Lüster efekti üretmek için, camın kimyasal olarak dönüşüme uğradığı sıcaklıkta fırında indirgen atmosfer yaratılarak pişirim yapılması gerekir. Bunun sonucunda camın yüzeyinde lüster olarak adlandırılan ince metalik bir tabaka oluşur ve doğal ışığa maruz kaldığında sedefsi yansımalar yani lüster efektleri daha belirgin hale gelir.

Macun lüsteri, 8.yy'da Ortadoğu'da Abbasi Halifeliği döneminde cam üreticileri tarafından bilinen ve ustalıklı kullanılan en eski dekor tekniklerinden biridir. Tarihteki ilk örnekleri, cam üfleme tekniğiyle şekillendirilmiş cam kapların üzerine macun lüsteriyle bezenmiş motiflerden oluşmaktadır. Ancak zaman içinde cam yüzeylerdeki uygulamaları giderek azalmış, sırlı seramik yüzeylerdeki uygulamaları ise artmıştır.

Macun lüsteri konusundaki ilk yazılı kaynaklar incelendiğinde, bu tekniğin sırlı seramiklerden önce cam malzeme üzerine uygulandığı görülmektedir. Bu kaynaklarda, cam yüzeyinde oluşan altın lüster efektlerinin gerçek altın madeniyle olan ilişkisi üzerinde yoğunlaşıldığı görülmektedir. Metalik nanopartiküllerin analiz edilmesi ile altın efektine yol açan katmanların bakır, demir ve gümüş nanoparçacıklardan oluştuğu gerçeği ortaya konulmuştur. Macun lüsteri formüllerinin yer aldığı Cabir İbn Hayyan'a ait el yazması eserdeki formüller incelendiğinde, macun lüsterini oluşturan demir, bakır ve gümüş gibi elementlerin varlığı konusunda tutarlılığa rastlanır. Cam yüzeyler üzerinde macun lüsteri deneyleri alanında ise makale düzeyinde Farsça bir yayına rastlanmıştır (Mır-Shafiei ve Mohammadzadeh, 2016). Ancak araştırmada fırın içerisindeki oksijen miktarını ölçen bir cihaz kullanılmadığı görülmüştür.

Bu çalışmanın amacı, 8. yüzyıldan bu yana kullanılan formüllerden yola çıkarak özgün formüller geliştirmektir. Deneylerde geliştirilen formüller 8. yüzyılda Cabir İbn Hayyan tarafından yazılan Kitab al Durra Al Maknuna adlı el yazmasına dayanmaktadır (Al-Hassan, 2009, s. 121-156). Yeni formüller, farklı bünyelere sahip cam yüzeyler üzerinde uygulanmıştır.

### 1.1. Cam yüzeylerde macun lüsteri tekniğinin tarihçesi

Macun lüsteri, en eski cam dekor tekniklerinden biridir ve ilk kez 8. yüzyılda Basra'da yaşayan cam zanaatçıları tarafından uygulandığı düşünülmektedir. Basra'da 869'dan 871'e kadar süren köle isyanları, cam ve çömlek zanaatçılarının ve bilgi birikiminin Fustat'a taşınmasına neden olmuştur. Başka bir kaynağa göre bu teknik ilk olarak Emevi halifesi Hişam Abdülmelik döneminde Suriye'de bir saray şehri olan Kasr-ül Hayr el Şarki'de cam üzerinde kullanılmış ve daha sonra aynı bölgede geliştirilmiştir (Al-Hassan, 2009 s.193). Bir başka kaynağa göre ise bu teknik ilk olarak Mısır'da cam yüzeylerde, daha sonra Irak ve İran'da sırlı seramiklerde kullanılmıştır (Ballardini, 1928). Abbasiler döneminde Basra ve Samarra'da önem kazanan macun lüster bezeme tekniği daha sonra seramiklerde kullanılmış olsa da bu tekniğin çömlekçiler tarafından uygulanmasından çok önce Mısırlı cam ustaları tarafından cam yüzeylerde kullanıldığı kabul edilmektedir (Özgümüş, 2013, s. 25, Yoleri, 1998, s. 1).

Macun lüsteri bezeme tekniğinin ilk olarak Doğu coğrafyasında uygulandığı araştırmacıların ortak görüşüdür. Söz konusu bölgelerin tamamının, aynı tarihsel dönemde Abbasi Halifeliğinin etkisi altında bulunması bu görüşü güçlendirmektedir (Görsel 1).



**Görsel 1.** 8. yüzyılda Güneydoğu Anadolu ve Ortadoğu bölgelerinde cam ve lüster tekniğinin gelişiminde önemli rol oynayan bazı merkezler (Çiftçi, 2024).

## 1.2. Macun lüsteri ile dekorlanmış cam eserler

Macun lüsteri ile bezenmiş cam eserlerin görselleri incelendiğinde neredeyse tamamının üfleme tekniği kullanılarak şekillendirildiği anlaşılmaktadır. Macun lüsteri ile dekorlanmış en eski cam eser örneği Kahire İslam Sanatları Müzesi'nde bulunmaktadır (Görsel 2).



**Görsel 2.** Mısır-Abbasi dönemi, M.S. 753-755, Kahire İslam Sanatları Müzesi, 2023, <https://www.miaegypt.org>



**Görsel 3.** Macun lüsteri dekorlu cam kap (Sunbat imzalı). Suriye/Şam M.S. 750-799 veya 786-787, CMOG koleksiyonu 69.1.1. numaralı eser (Çiftçi, 2024).

Macun lüsteri dekor tekniğinin uygulandığı ilk cam eserler soda kireç silika camından oluşmaktadır. Dönemin cam teknolojisi, coğrafyaya özgü eriticilerin (bitki külü veya tuz) cam karışımına dâhil edilmesinin şeffaf camlarda yeşilimsi ve bazen mavimsi bir renk tonuna yol açtığını göstermektedir (Görsel 3). Cam üfleme tekniğiyle üretilmiş, macun lüsteri dekorlu cam örneği olan cam kabın ağız kenarındaki motifin altında yer alan Arapça yazıt şu anlama gelmektedir: *Rahman ve Rahim olan Allah'ın adıyla, bu kaptan kim içerse Allah ondan razı olsun.* Yazıtta kabın Şam'da Sunbad tarafından üretildiği de belirtilmektedir (Larson, 2019, s. 103).

Corning Cam Müzesi'ndeki macun lüsteri ile bezenmiş cam eser örnekleri üzerinde yapılan incelemelerde macun lüsteri dekorunun cam yüzeylere uygulanırken, kompozisyonda derinlik algısı yaratılması için camın hem iç hem de dış yüzeyine uygulanmış olduğu anlaşılmıştır (Görsel 4). Bu bilginin yanı sıra farklı renklere sahip birden fazla macun lüsteri formülünün bir cam objede kullanıldığına da rastlanmıştır.



**Görsel 4.** Corning Cam Müzesi koleksiyonundan macun lüsteri bezemeli cam eser, Fotoğraf: Fatma Çiftçi, 2024

Cam yüzey üzerindeki lüster efektlerinin fotoğraflanması son derece güçtür. Lüster bezemeli bir cam kırığının gösterildiği örnekte ışığın bezemeye doğru vurduğu görüntüde altın yansımalar veya sedefsi görüntüler görünürken, yanlış ışıkta lüster bezemeleri mat görüntüler vermektedir (Görsel 5).



**Görsel 5.** Macun lüsteri dekorlu cam kap parçaları, muhtemelen Mısır, Fatımi Dönemi, M.S. 1000-1200 (Victoria ve Albert Müzesi, 2020).

### 1.3. Macun lüsteri formülleri içeren el-yazmaları

Macun lüsteri dekor tekniğinde kullanılan macun formüllerinin yer aldığı 8. yüzyıla ait bilinen en eski el yazması eser olan, Türkçesi *Gizli Sedef Kitabı* anlamına gelen *Kitab Al Durra Al-Maknuna*, cam teknolojisi ve üretimi hakkında değerli bilgiler sunan önemli bir kaynaktır (Çiftçi, 2024). Cabir İbn Hayyan tarafından Arapça dilinde kaleme alınan *Kitab Al Durra Al-Maknuna* külliyatı, içerdiği macun formüllerinin yanı sıra, cam külçesi ve renkli camların üretimi için renklendirici oksitlerin bulunduğu çok sayıda cam harmanı formülü ve yapay taşların difüzyonla renklendirilmesi gibi mücevher üretimine dair bilgileri de içeren cam sanatı için önemli bir kaynaktır (Al-Hassan, 2009, s. 122-156). Muhammed İbn Ebul Berekat Coheri Nişaburi tarafından 1195 yılında Orta Doğu'da yazılan ve Farsça olarak yayınlanan *Cevahirname-i Nizami* adlı bir diğer el yazması eser, cam yüzeyler için az sayıda macun lüsteri formülü içermektedir. Bu eserde daha çok sırlı seramik yüzeylere uygulanması tavsiye edilen macun lüsteri formülleri yer almaktadır (Tosun, 2018). Bu kitaptaki formüller *Kitab Al Durra Al-Maknuna* kitabındakilerle karşılaştırıldığında, bazı oksitlerin doğal kil mineralleri katkılarıyla birlikte formülere eklendiği görülmektedir. Örneğin formülde demir oksit içeren ham madde olarak *demir pulu* kullanılması veya *hematit* yerine *aşu boyası* kullanılması önerilmiştir. Lüster teknolojisinde herhangi bir değişiklik yapılmadan, sadece oksitlerin çeşitli kaynaklardan elde edilebileceği keşfine dayanarak yeniden değerlendirilen bir macun lüsteri kaynağı olduğu anlaşılmaktadır. Söz konusu kaynaklarda indirgen ortam ve sıcaklık arasındaki ilişki konusunda detaylı bir bilgiye ulaşılamasa da camları tavlama aşamasında ısıtıldıktan sonra alevle indirgeme yapıldığı ve lüster oluşumunun izlendiği tahmin edilmektedir (Çiftçi, 2024).

#### 1.4. Macun lüsteri uygulamasında indirgen ortamın önemi

Cam yüzeyine fırçayla uygulanan bezemelerin indirgen ortamda pişirilmesi sonucu oluşan ve açıktan koyuya değişen kırmızımsı kahverengi renk tonları, arkeologlar arasında bu cam parçaların macun lüsteri dekorlu olma ihtimalini güçlendirmektedir. Noël Heaton, fırça dekorlu bir cam ürünü incelerken, bezemenin bileşenlerini değerlendirmiş ve temel malzeme olarak gümüş içerdiğini keşfetmiştir; gümüş katkılı bir karışımla bezenmiş olan bu eserin yüzeyinde lüster efekti gözlenmemektedir (Kröger, 1995, s. 114-115). Söz konusu cam obje üzerinde macun lüsteri ile bezenmiş olmasına rağmen lüster efektlerinin gözlenmiyor olmasının sebebi; indirgen atmosferde metal tuzlarındaki iyonik bağların değişime uğramamış olması ve bunun sonucunda yüzeyde lüster etkisi oluşmaması olarak açıklanmaktadır (Çiftçi, 2024).

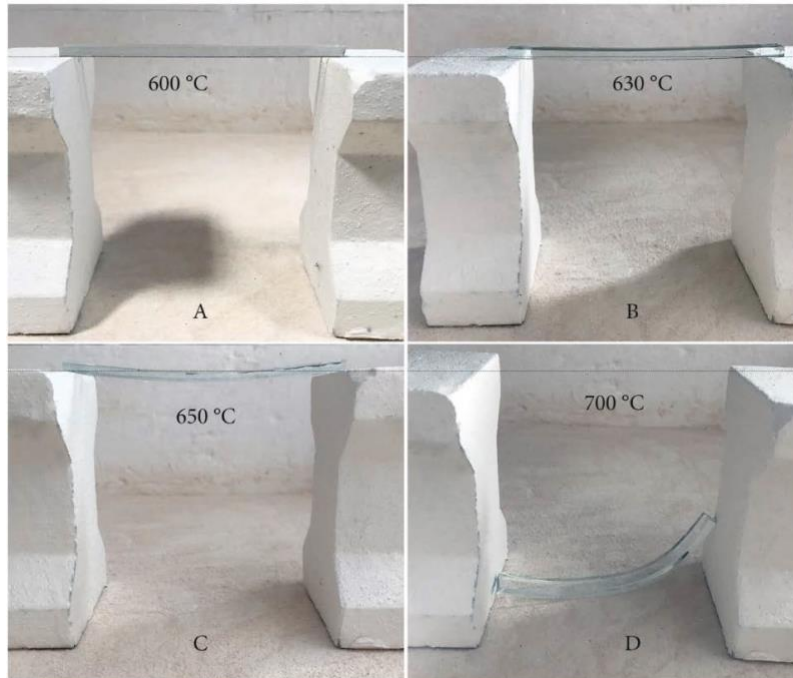
İndirgen ortam pişirimi, yeterli oksijenin bulunmadığı bir ortamda oksijen iyonları indirgendiğinde gerçekleşen yanma süreci olarak tanımlanabilir. Lüster efektleri elde etmek için, cam yüzeyine macun karışımı uygulandıktan sonra camın dönüşüm sıcaklığında indirgen ortam sağlanarak iyon değişimine uygun koşulların oluşturulması gerektiği gözlemlenmiştir.

## 2. Ham maddeler ve Formüller

Araştırmanın temel başvuru kaynağı olan el yazması eserde, cıva ve arsenik gibi ağır metal oranı yüksek ham maddeler içeren formüller yer almaktadır. Yeni formüller oluşturulurken bu ham maddeler elenmiştir. Kaynakta yer alan *dirhem* ve *kısım* gibi eski ağırlık birimlerinin yerine metrik sistem kullanılmıştır. Bu araştırmada yeni formüller için yaygın olarak kullanılan ağırlık birimi *gram* seçilmiştir. İndirgen ortamda iyon alışverişini kolaylaştırmak amacıyla taşıyıcı olarak macun harmanında yer alan ham maddelerin moleküler ağırlığını azaltmak, kristal suyunu uzaklaştırmak ve erime noktasını düşürmek için 900°C'de kalsinasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

### 2.1. Pencere camının yumuşama noktasının belirlenmesi

Araştırmada kullanılmak üzere seçilen cam cinsi Trakya yeşili soda-kireç-silika pencere camı ile piyasada zücacıye camı olarak kullanılan soda-kireç-silika cam cinsi olarak belirlenmiştir. Üretici bilgileri baz alınarak pencere camının yumuşama sıcaklığını belirlemek için bir deney yapılmıştır. 1 cm x 10 cm uzunluğunda kesilmiş bir pencere camı, herhangi bir bekletme olmaksızın 600-700°C arasında değişen sıcaklıklara maruz bırakılmıştır. Sonuçlar, camın 600°C'de şekil değiştirmediğini, 630°C'de yumuşamanın başlamasıyla aşağı doğru deforme olmaya başladığını, 650°C'de bu deformasyonun arttığını ve 2,7 cm eğildikten sonra 700°C'de destek ayaklarından kurtulup düştüğünü göstermiştir (Çiftçi, Yoleri, 2024) (Görsel 6.).



Görsel 6. Pencere camı yumuşama noktası saptama deneyi.

## 2.2. Fırın ve indirgen ortam

Deneylerde, 80 litre hacminde gaz yakıtlı bir fırın kullanılmıştır. Yakıt olarak %70 bütan ve %30 propan içeren LPG gazı ile indirgen ortam oluşturulmuştur. Fırın atmosferinde indirgen ortam oluşumundaki oksijen hareketliliğini takip etmek için minimum oksijen yoğunluğunu ölçen ve buna karşılık gelen sıcaklığı gösteren bir oksijen probu kullanılmıştır. Ortamdaki oksijen yoğunluğunu  $\lambda$  cinsinden ölçen bu sonda, değişkenler altında istenen rengi elde etmek için gereken süreyi belirlemek açısından önemli bir cihazdır. Araştırmada geçen *indirgen ortam süresi* ifadesi, oksijen probunun ekranda 1  $\lambda$  olarak gösterdiği en düşük oksijen seviyesi süresine karşılık gelmektedir.

## 2.3. Deneylerin uygulanması ve güvenlik önlemleri

Deneylerde, özellikle ağır metal içeren gümüş ve bakır bileşikler gibi ham maddelerin kullanımıyla ilgili alınması gereken güvenlik tedbirleri mümkün olduğunca uygulanmıştır. Ağır metallerin oda sıcaklığında dahi buharlaşması nedeniyle ham maddelerin tartımı yapılırken solunum koruyucu olarak gaz buhar ve partikül filtresi olan maske kullanılmıştır. Ham maddeler porselen havanda öğütülürken ve cam yüzeyine uygulama yapılırken uygun maske, önlük ve asit dayanımı yüksek eldiven kullanılmıştır.

Ağır metallerin çelik türevi malzemelere temas ettiğinde hızla korozyona uğratması nedeniyle ham maddelere temas edebilecek her türlü nesne (macun muhafaza kabı, ham madde tartım haznesi, mermer masa vb. gibi) plastik malzemelerden seçilmiş veya üzeri plastik naylon ile kaplanmıştır. Macun uygulanırken kullanılan standart suluboya fırçalarının metal kısmı macun ile temas ettikten saniyeler sonra gözle görünen kalıcı aşınmalar oluşturduğu için mümkün olduğunca temas etmemeye dikkat edilmiş ve kıl uzunluğu daha fazla olan fırçalar seçilmiştir. Macun hazırlama ve uygulama işlemleri sırasında çevresel güvenliği sağlamak için çalışılan mekânda, kimyasal maddelerin yer altı sularına karışmadan önce filtrelendiği bir sistem bulunması gerekmektedir. Eğer bu sistem çalışma ortamında mevcut değilse, havan içindeki öğütülen tüm malzeme dikkatle başka bir kaba aktarılmalı ve havanın dibinde kalan macun da doğaya zarar vermemek için tamamen kullanılmalıdır.


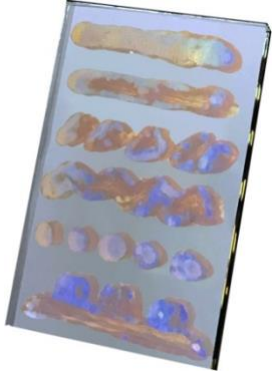

Ağır metallerle yapılan çalışmalarda, bu zehirli maddelerin yalnızca solunum yoluyla değil, aynı zamanda gözlerden ve cilt gözeneklerinden de vücuda girebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ağır metaller, vücuda girdiklerinde yağ dokusunda birikerek, ilerleyen süreçte kana karışabilir ve kandaki demirle yer değiştirerek sinir sistemi hastalıklarına yol açabilir. Bu nedenle, sadece uygun gaz, buhar ve partikül filtresi olan maske kullanmak bu metallerden korunmak için yeterli bir önlem değildir. Macun pişirme işlemleri sırasında, güvenlik açısından en uygun yöntem, doğal havalandırması olan mekanların tercih edilmesi veya fırın baca açıklığına yerleştirilmiş, filtreli bir davlumbaz sisteminin kullanılmasıdır. Bu önlemler, vücuda zararlı gaz ve partiküllerin yayılmasını minimize ederek, çalışanların sağlığını korumaya yönelik etkili bir önlem sağlar. Deneylerde kullanılan macun lüsteri dekorlu camların pişirimleri için havalandırması en uygun olan mekân seçilmiş ayrıca pişirim sırasında ortaya çıkan zehirli gazlardan korunmak için uygun maske takılarak önlem alınmıştır.

Deneylerin pişirim aşamasında kullanılan gaz yakıtlı fırının yakınında yangın tüpü bulundurulmuştur. Fırın yakılırken içeride gaz birikmesini önlemek için fırın kapağı açıkken ilk ateşleme yapılmıştır. Her pişirim sonrasında brülör ve tüp bağlantısı arasındaki hortum içerisinde kalan gaz boşaltılmıştır.

## 3. Bulgular

Yapılan deneylerde macun lüsteri ham maddeleri taşıyıcılar ve renklendiriciler olarak sınıflandırılmıştır. Araştırma sırasında taşıyıcı olarak harmanda yer alan üç ayrı ham maddenin renk üzerindeki etkisini görmek için deneyler yapılmıştır. Tablo 1'deki macun formülünde renklendirici olarak yer alan ham maddeler ile indirgen ortamda pişirim sıcaklığı sabit kalırken, sadece taşıyıcı olarak kullanılan ham maddelerin oranlarında değişiklik yapılmıştır. A deneyinde taşıyıcı olarak Kaolin, B deneyinde taşıyıcı olarak Nişadır (Amonyum Klorür) ve C deneyinde ise taşıyıcı ham madde olarak kırmızı menemen kili eşit miktarlarda harmana eklenmiştir. Tüm örnekler aynı fırında 482-650°C sıcaklık aralığında, oksijen içeriğinin minimum seviyeye ulaştığı 6 dakikalık zaman aralığında indirgen ortam yaratılarak pişirilmiştir.

**Tablo 1.** Taşıyıcı ham maddelerin renge olan etkisi.

Kaolin	Nişadır	Kırmızı Kil
A	B	C
		
Taşıyıcı Ham madde: Kaolin 1,5 gr	Taşıyıcı Ham madde: Nişadır 1,5 gr	Taşıyıcı Ham madde: Kırmızı Kil 1,5 gr
FORMÜLDEKİ RENK VERİCİ HAM MADDELER:		
Renk Verici Ham maddeler		Miktar (gr)
AgNO <sub>3</sub>		1
Fe <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		2
CuNO <sub>2</sub>		2



Taşıyıcı olarak sınıflandırılan bu ham maddeler, renk verici metal tuzlarıyla bir arada kullanıldığında, cam üzerinde oluşan lüster efektini değiştirdikleri gözlemlenmiştir. Kobalt oksit ve demir oksit gibi ham maddelerin macun reçetesinde farklı bileşikler ve oranlarda karıştırıldığında hem renklendirici hem de taşıyıcı özellikler gösterdikleri görülmüş ve bu nedenle, bu iki ham maddeyi renklendirici veya taşıyıcı olarak sınıflandırmak mümkün değildir.

**Görsel 7.** Aynı macun lüsteri reçetesinin farklı cam bünyeleri üzerinde uygulanması.

Görsel 7’de sonuçları görülen deneyde iki farklı bünyeye sahip cam yüzeyleri aynı macun lüsteri reçetesi ile dekorlanmış ve aynı fırında pişirilmiştir. Pişirim sıcaklığının 476-607 °C arasındaki 14 dakikalık süre boyunca indirgen ortama tabi tutulmuştur. Görsel 7’de (A) pencere camı üzerindeki lüster efektini, (B) ise lüster uygulanan pencere camının arka yüzeyini göstermektedir. Aynı formül demir içeriği daha az olan zücadeye camı dış yüzeyine uygulandığında farklı renkte sonuç elde edilmiştir (C). (D)’de ise zücadeye camı üzerine uygulanan macun lüsterinin camın iç yüzeyinde nasıl görüldüğü yer almaktadır. Aynı macun lüsteri reçetesinin, aynı pişirim diyagramının uygulandığı demirce daha zengin pencere camı ile zücadeye camı sonuçları kıyaslandığında, camın bileşimine bağlı olarak platin rengi ile yeşilimsi ve kırmızımsı bir renk tonu oluşmaktadır. Sonuç olarak macun lüsteri formülü farklı cam bünyelerinde farklı renk tonları ve metalik lüster efektleri oluşturmaktadır.

Her macun reçetesi yapısındaki metal bileşiklerine, taşıyıcıların kalsinasyon derecelerine, uygulandığı cam bünyenin yapısına, indirgeme yoğunluğu ile süresi gibi değişkenlere bağlı olarak farklı oluşum ve gelişim sıcaklıklarına sahiptir (Tablo 2). Bu parametrelerin dengesine dikkat edilmediği takdirde ise macun lüsteri uygulanan bölgedeki dekorun net oluşmadığı ve metal tuzlarının dekorun sınırlarının dışında metalik etkiler oluşturduğu gözlenmiştir (A). Macun dekorlu A-B cam plakalar, 5 ve 6 nolu (Tablo 3 ve Tablo 4) macun reçeteleri kullanılarak dekorlanmış ve 575-640 °C aralığında 22 dakika indirgen ortamda pişirilmiştir.

**Tablo 2.** Pencere camı yüzeyinde macun lüsteri efektleri.

A	B
	
Formül (5)	Formül (6)

**Tablo 3.** 5 Nolu macun reçetesinde bakır II klorürün macun lüsteri oluşumuna etkisi

(5)	
Ham madde	Miktar (gr)
AgNO <sub>3</sub>	1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2
CuCl <sub>2</sub>	2
Kil	1,5



**Tablo 4.** 6 Nolu macun reçetesinde bakır II sülfatın macun lüsteri oluşumuna etkisi denenmiştir.

(6)	
Ham madde	Miktar (gr)
AgNO <sub>3</sub>	1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2
CuSO <sub>4</sub>	2
Kil	1,5

Soda-kireç-silika camında, termal şok aralığı olan 440-505 °C'den sonra moleküler hareketlilik başlar ve cam, katı fazdan sıvı faza geçtiği dönüşüm sıcaklığı aralığı olan 538-677 °C'de iyon değişimine uğrar. Oksijen bakımından zengin bir ortamda lüster oluşumu tersine döner. Tavlama sıcaklığı ile indirgen ortamda lüster oluşumunun gerçekleştiği sıcaklık birbirine çok yakın olduğu için macun lüsteri ile dekorlanmış cam ürünlerin tavlama işlemi sonradan yapılamaz. Bu sebepten tavlama işlemini gazlı fırında yapmak camın bünyesinde kalan olası gerilimleri ortadan kaldıramaz. Yapılan deneylerde camlar kırılmadan fırından çıkmıştır ve sonrasında da bir çatlama veya kırılma gerçekleşmemiştir. Deneyler 4 mm ile 10 mm arasında değişen et kalınlığındaki pencere ve zücaciye camları üzerinde yapılmıştır. Camlar, polariskop cihazına konulduğunda fırına girmeden önce (Görsel 8 - A) içinde barındırdığı gerilim ile indirgen ortamda pişirimden sonra maruz kaldığı gerilimin izlerini göstermektedir (Görsel 8 - B). İnce cidarlı cam yüzeylerde makul miktarda gerilimin mevcut olduğu ve kırılmaya yol açmadığı görülmüştür. Bununla birlikte macun lüsteri metalik tabakası ile cam yüzeyi arasında bir gerilimin de oluşmadığı gözlenmiştir. Ancak 1 cm et kalınlığını geçen cam plakalarda orta miktarda stres kaldığı gözlenmiş fakat bu da bir çatlama veya kırılmaya yol açmamıştır.

**Görsel 8.** Camın polariskop görüntüsü.

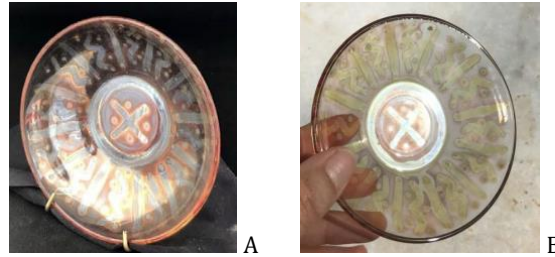
Alkali silika camının yumuşama noktası saptama deneyinden (Görsel 6) yola çıkarak macun lüsterinin yüzeye batma sıcaklığı 700 °C olarak öngörülmüş ve test etmek için deney ortamı oluşturulmuştur. Bir alkali silika camı olan zücaciye camı üzerine bu kez 7 No.lu macun lüsteri formülü (Tablo 5) camın her iki yüzeyine de uygulanarak 700 °C sıcaklıkta indirgen ortamda pişirimi gerçekleştirilmiştir (Tablo 6.).

**Tablo 5. 7** No'lu macun lüsteri formülü.

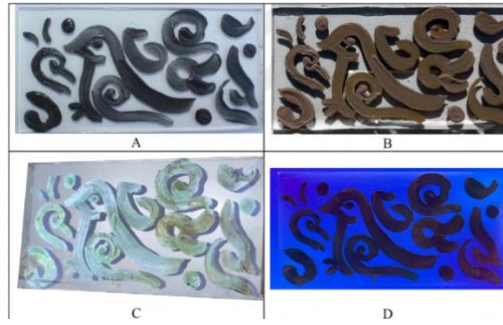
Ham madde	Miktar (gr)
AgNO <sub>3</sub>	1
BiNO <sub>3</sub>	1
CuCl <sub>2</sub>	3
SnO	2
MgCO <sub>3</sub>	1

**Görsel 9.** 7 Nolu macun lüsteri reçetesinin yumuşama derecesinin üzerindeki sıcaklıklarda camın deformasyonu ve macunun cam yüzeye gömülmesi.

İndirgen ortam pişirimi (Görsel 9), 600 – 719 °C sıcaklıkları arasında oksijen bakımından en yetersiz ortamı işaret eden 1 λ değerini 22 dakika boyunca ölçmüştür. Fırın soğuma aşamasında iken 400 °C sıcaklığa indiğinde yan kapakları ve baca deliği açılarak içeri bir miktar oksijen girmesi sağlanmıştır. Fırın oda sıcaklığına gelene dek başka kapak açılmamıştır. Deney sonucunda camın formunu kaybettiği, macunun yüzeye gömüldüğü ve macun uygulanmayan yüzeyde lüsterin buharlaşarak metalik film tabakası oluşturduğu gözlemlenmiştir.

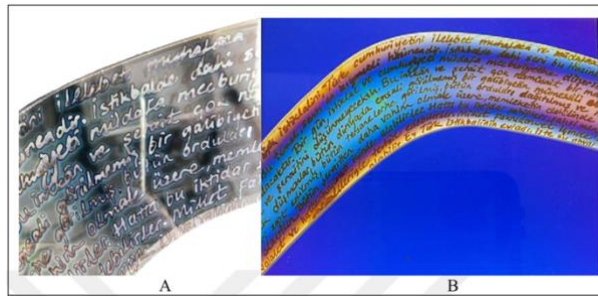
**Görsel 10.** 7 Nolu macun lüsteri formülünün farklı sıcaklıkta lüster oluşumu.

Bu deneyde (Görsel 10), 7 No'lu macun lüsteri formülü aynı biçim ve nitelikteki camın yüzeyine, aynı desen uygulanmış ve indirgen ortamda bu sefer 550-600 °C sıcaklık aralığında 30 dakika indirgenmiştir. Deney bulgularında macunun uygulandığı bölgelerde lüster oluşumu gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda metal tuzlarının pişirim sırasında buharlaşarak macun uygulanmayan bölgelerde de lüster oluşturduğu görülmüştür. Deneyde kullanılan camın 600 °C sıcaklıkta moleküler hareketliliğinin başladığı ancak camın üzerine uygulanan 7 numaralı macun formülünün bu sıcaklığın altında iyonlaşma etkileşiminin başladığı ve bünyeye uygun olmadığı görülmüştür. Fırın soğuma aşamasından oda sıcaklığına gelene dek kapakları açılmamış ve bu durum cam yüzeyinde isli görüntü oluşmasına sebep olmuştur (Görsel 10-B).



**Görsel 11.** Cam yüzeyinde macun uygulama kalınlığının lüster efektlerine etkisi ve polariskop görüntüsü.

Deneylerin uygulama aşamasında, macunun fırçayla sürülmesinden kaynaklı, cam yüzeyinde farklı kalınlıklarda tabakaların oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu kalınlıkların yarattığı farklı lüster efektlerini görmek amacıyla ayrıca bir deney daha yapılmıştır. Deneyde macun iyice karıştırıldıktan sonra alkali silika pencere camı yüzeyine farklı kalınlıklarda fırçayla uygulanmıştır (Görsel 11-A). İndirgen ortamda 546 °C -607 °C sıcaklık aralığında 14 dakika süresince pişirimi gerçekleştirilen cam plaka fırından çıktığında macun tabakasının kalın uygulandığı bölgelerde karbonun (is) daha yoğun, ince uygulanan bölgelerde ise daha az olduğu gözlemlenmiştir (Görsel 11-B). Cam yüzeyindeki macun tabakası su ile yıkanarak temizlendikten sonra cam yüzeyinde oluşan renkli lüster efektleri ortaya çıkmıştır. Macunun kalın uygulandığı bölgelerde lüsterli renk değişim yoğunluğunun gözle görülür biçimde daha güçlü olduğu, macunun ince uygulandığı bölgelerde ise lüsterli renk etkisinin daha zayıf olduğu gözlemlenmiştir (Görsel 11-C). Bu kalınlık farklarının cam yüzeyinde farklı bir gerilim oluşturup oluşturmadığı ile ilgili araştırma sorusu neticesinde cam bu kez polariskop cihazında incelenmiştir. Sonuç olarak camın yüzeyinde kalın veya ince uygulanmış bölgelerde macun ile cam arasında herhangi bir gerilim oluşturmadığı anlaşılmıştır (Görsel 11-D).



**Görsel 12.** Cam yüzeyine, seyreltilmiş kıvamda macun lüsteri (A) uygulaması ve polariskop görüntüsü.

Araştırmalar, geleneksel olarak cam yüzeylerde macun dekorlarının fırça ile uygulandığını göstermektedir. Araştırma sorularından biri, macun kıvamının seyreltilerek kullanılmasının lüster efektlerinde bir kayba neden olup olmadığıdır. Bu doğrultuda, macun kıvamı su ve sirke gibi yardımcı malzemeler kullanılarak seyreltilmiştir. Mürekkep kıvamına getirildikten sonra, divit kalem ile yazı yazılacak şekilde cam yüzeyine uygulanmıştır. Uygulama sırasında, mürekkep kıvamındaki macun, divit kalem karışıma batırılmadan önce her seferinde iyice karıştırılmıştır. Macunun içeriğindeki ham maddeler, fırçanın metal bölgesini hızla korozyona uğrattığı gibi, divit kalemin ucunu da korozyona uğratmıştır. Üzerine uygulama yapılan camın kalınlığı 10 mm olduğundan, bu sefer indirgen ortam daha yüksek sıcaklıkta oluşturulmuştur. Gaz yakıtlı fırında 700 °C - 715 °C sıcaklık aralığında, 2 dakika boyunca indirgen ortam sağlanmıştır. Pişirim sonrasında lüster oluşumunun gerçekleştiği gözlemlenmiş, ancak macunun uygulandığı bölgelerde taşma ve yayılma meydana gelmiştir (Görsel 12-A). Bulgular, macunun buharlaşarak cam yüzeyine yayıldığını göstermektedir. 700-715 °C sıcaklık aralığının hem cam yüzeyi hem de macun için oldukça yüksek olduğu anlaşılmıştır. Bu teknikte tavlama işlemi gerçekleştirilemediğinden, deneyde kullanılan 10 mm kalınlığındaki cam içerisinde pişirim sonrası gerilim olup olmadığı polariskop cihazı ile ölçülmüştür (Görsel 12-B). Ölçümler, cam içerisinde tolere edilebilir seviyede gerilim olduğunu, ancak gerilimin eşit şekilde dağıldığını ve camın dayanıklılığı açısından bir sorun oluşturmadığını göstermektedir.

## 5. Sonuç

Bu araştırma, cam yüzeylerinde macun lüsteri uygulamalarının etkilerini inceleyerek, kullanılan ham maddelerin lüster renkleri üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymuştur. Bulgular, literatürde taşıyıcı olarak sınıflandırılan ham maddelerin yalnızca yapısal bir işlevi olduğu görüşüne karşı, bu malzemelerin renk oluşumu üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermektedir. Bu durum, macun lüsteri reçetelerinin oluşturulmasında taşıyıcı ham maddelerin seçiminin, istenen sonuçlar elde etme açısından önemli bir kriter olduğunu göstermektedir. Ayrıca, aynı macun lüsteri reçetesinin farklı cam türleri üzerinde uygulandığında renk tonlarında belirgin farklılıklar oluşturduğu tespit edilmiştir. Cam bileşimindeki demir oranının, lüster rengini doğrudan etkilediği görülmüştür. Bu bulgu, tarihsel cam kompozisyonlarına uygun olarak geliştirilen macun lüsteri formüllerinin, günümüzün modern cam bileşimlerinde farklı sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, macun lüsteri uygulamalarında, istenen renk sonuçlarını elde edebilmek için cam türüne bağlı olarak macun reçetelerinin oluşturulması gerekmektedir. Deneylerde, macun lüsteri uygulamalarında kullanılan reçetelerin cam yüzeyiyle uyumlu olduğu ve kalın uygulamalarda dahi camda gerilim oluşumuna neden olmadığı gözlemlenmiştir. Alkali-silika cam yüzeylerinde macunun, uygulama kalınlığından bağımsız olarak gerilim oluşturmadığı ve istenilen kalınlıkta uygulanabildiği belirlenmiştir. Camın kalınlığı nedeniyle indirgen atmosfer pişiriminin daha yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilmesine gerek olmadığı; bunun yerine, camın dönüşüm sıcaklığına uygun şekilde indirgen ortam pişiriminin yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Lüster oluşumunun iyon alışverişine bağlı olarak gerçekleştiği ve bu sürecin, cam içerisindeki atomlar ile macun reçetesinde yer alan ham maddeler arasındaki etkileşim sonucunda meydana geldiği tespit edilmiştir. Ham maddelerin belirli sıcaklıklardaki iyonlaşma kapasiteleri ile camın moleküler hareketliliğinin başladığı sıcaklık arasında uygun bir senkronizasyon sağlanabildiğinde, macun lüsterinin dekor çevresine yayılma olmaksızın cam yüzeyine tutunduğu belirlenmiştir. Camın yumuşama sıcaklığı değiştirilemeyeceğinden, yüzeye uygulanacak lüster formülünün geliştirilme aşamasında, taşıyıcı ve renklendirici ham maddelerin seçimi üzerinde çalışmalar yapılması gerektiği görülmüştür. Macun lüsteri uygulamalarında, camın termal şok direnci ve tavlama sıcaklıkları dikkate alınarak pişirim süreçlerinin planlanması gerektiği anlaşılmıştır. İndirgen atmosferde lüster oluşumu için gerekli sıcaklık ile camın tavlama sıcaklığı birbirine oldukça yakın olduğundan, pişirim sonrası camın tavlama sıcaklığının mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak, pişirim sırasında cam yüzeyinde oluşan gerilimlerin, camın kırılmasına yol açmadığı sürece lüster oluşumu üzerinde olumsuz bir etkisinin bulunmadığı gözlemlenmiştir. İnce cidarlı camlarda gerilim izleri tespit edilmesine rağmen kırılma veya çatlama meydana gelmemiştir, bu da ince cidarlı camlarda lüster uygulamalarının güvenle gerçekleştirilebileceğini göstermektedir. Kalın cidarlı camlarda ise gerilim seviyesinin daha yüksek olduğu belirlenmiş, ancak deneyler sırasında herhangi bir kırılma yaşanmamıştır. Bu durum, oluşan stresin tolere edilebilir seviyede olduğunu ortaya koymaktadır. Cam yüzeyinde oluşan metalik lüster tabakasının cam türleri arasında gerilim yaratmadığı belirlenmiş ve bu yöntemin alkali-silika cam yüzeylerine de güvenle uygulanabileceği anlaşılmıştır. Son olarak, indirgen ortam pişiriminin gerçekleştirildiği gaz yakıtlı fırının otomatik bir kontrol sistemine sahip olmaması nedeniyle, atmosfer koşullarının manuel olarak kontrol edilmesi gerektiği görülmüştür. İndirgen ortam pişirimi sırasında sıcaklık artışının, kullanılan gaz miktarına ve ortamdaki oksijen seviyesine bağlı olarak düzensiz değişimler gösterdiği belirlenmiştir. Pişirim sırasında fırın içindeki yanmamış gazın yoğunluğu sıcaklık artış hızını düşürdüğünden, yanmanın stabil bir şekilde gerçekleşebilmesi için tüp basıncının 0,3-0,5 bar aralığında tutulması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma, cam yüzeylerinde macun lüsteri etkileri oluşturmak için sıcaklık, cam bünye yapısı, macun reçetesi ve pişirim atmosferi gibi faktörlerin önemli bir rol oynadığı ortaya konmuştur. Elde edilen bulgular, cam ve seramik yüzeylerin dekorasyonunda macun lüsterinin kontrollü ve istenen sonuçları verecek şekilde reçetelerin ve pişirim yöntemlerinin oluşturulması için önemli veriler sunmaktadır.

## Kaynakça

- Al-Hassan, Y. (2009). An eighth century Arabic treatise on the colouring of glass: Kitab al-Durra al-Maknuna (the book of the hidden pearl) of Jabir Ibn Hayyan (c. 721–c. 815). *Arabic Sciences and Philosophy*, 19(1), 121–156. <https://doi.org/10.1017/S0957423909000605>
- Ballardini, G. (1928, Ağustos). Note sull'origine della ceramica orientale a lustro e a riflesso metallico. *Nuova Antologia*.
- Çiftçi, F. (2024). *Cam yüzeylerde macun lüsteri araştırmaları* (Tez No. 865729) [Sanatta Yeterlik Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü].
- Çiftçi, F. ve Yoleri, H. (2024). Reviving iridescent magic: A contemporary approach to a centuries old craft from Mesopotamia to the present. *Glass Art Society Annual Conference Berlin*.

- Kröger, J. (1995). *Nishapur, glass of the early Islamic period*. The Metropolitan Museum of Art.
- Larson, K. A. (2019). *Ancient and Islamic glass: Selections from the Corning Museum of Glass*. The Corning Museum of Glass.
- Mır-Shafiei, M. ve Mohammadzadeh, M. (2016). Technology of luster glaze enamel production, based on the formula in the book of jawāher-nāma-ye nezāmi, *Journal of Research on Archaeometry*, 1(2), 27-38.
- Özgümüş, Ü. C. (2013). *Çağlar boyu cam tasarımı*. Arkeoloji ve Sanat Yayınları.
- Tosun, S. (2018). *Cevahirname-i nizami kitabında yer alan lüster reçetelerinin günümüz koşullarında uygulanması* (Tez No. 530392) [Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü].
- Yoleri, H. (1998). *Macun lüsteri tekniğinin günümüzde uygulanması* (Tez No. 72832) [Sanatta Yeterlik Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü].