

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
SERAMİK VE CAM TASARIMI ANASANAT DALI
Sanatta Yeterlik Tezi

CAM YÜZEYLERDE MACUN LÜSTERİ ARAŞTIRMALARI

Hazırlayan
Fatma ÇİFTÇİ

Danışman
Prof. Halil YOLERİ

İZMİR / 2024

ÖZET

Macun Lüsteri; metal tuzları, renk verici oksitler ve taşıyıcı hammaddeler içeren, macun kıvamına getirilmiş; fırça ile cam yüzeye uygulandıktan sonra camın dönüşüm sıcaklığında indirgen atmosfer oluşturularak iyon alışverişine tabi tutulan ve bunun sonucunda camın yüzeyinde sedefsi görüntüler elde edilen bir dekor tekniğidir. Cam yüzeyde oluşan bu ince metalik tabaka özellikle gün ışığında sedefsi yansımalar oluşturur ve “lüster” olarak tarif edilir.

Macun Lüsteri, cam ve seramik dekor tekniklerinin en eskilerinden biri olup Mezopotamyalı cam ustaları tarafından 8. yüzyıldan itibaren bilinmekte ve kullanılmaktaydı. Sonraları seramik ustalarının sırlı seramik yüzeyler üzerinde uygulamalarına devam ettiği ve zamanla cam ürünlerin dekorlarında yok denecek kadar az kullanıldığı bilinmektedir. Cam yüzeylerde kullanımıyla ilgili araştırmalar daha çok macun lüsterli cam buluntuların yüzey analizleri ve kimyasal içeriğinde gerçekten altın olup olmadığı konusundaki incelemeler yönündedir. Bu çaptaki araştırma sonuçları cam yüzeye uygulanmış macun lüsteri formüllerinin kimyasal içeriğini ortaya koymaktadır. Cam yüzeylerde macun lüsteri denemeleri konusunda makale düzeyinde yayımlanmış az sayıda uygulamalı araştırmaya rastlanır.

Bu çalışmada 8. yy’dan itibaren cam ürünlerin dekorlarında kullanılan ancak sistematik olarak incelenmemiş macun lüsteri formülleri, günümüzün hammadde olanaklarıyla, ölçülebilen değerler üzerinden deney ve gözleme dayalı toplanan veriler ışığında günümüze uyarlanmış bir metot önerisi haline getirilmiştir. Cam üzerine uygulanan macun lüsteri dekorlarının pişirimi LPG yakıtlı, 80 litre seramik fırınında indirgen ortamda yapılmıştır. Pişirim sırasında indirgenme sıcaklığı, süresi ve oksijen yoğunluğu kayıt altına alınarak sonuçlar detaylı şekilde gösterilmiştir. Bu çalışma ile lüster tanımına uygun olduğuna karar verilen macun lüsteri formüllerinin, pişirim sıcaklıkları ile indirgeme yoğunlukları belirlenmiştir. Bu araştırma, gelecekte yapılması planlanan geleneksel macun lüsteri uygulama tekniklerinin, günümüz koşullarında uygulamalarının karşılaştırılmaları açısından bir ön çalışma niteliğindedir.

Anahtar Kelimeler: Cam, lüster, macun lüsteri, İslam cam sanatı.

ABSTRACT

Paste Luster is a decor technique that contains metal salts, coloring oxides and carrier raw materials, brought to a paste consistency; after being applied to the glass surface with a brush, it is subjected to ion exchange by creating a reducing atmosphere at the transformation temperature of the glass and as a result, pearlescent images are obtained on the surface of the glass. This thin metallic layer formed on the glass surface creates pearlescent reflections especially in daylight and is described as "luster".

Since the 8th century, glass masters have used paste luster, one of the oldest decor techniques. Subsequently, it has been established that ceramic artisans remained in adopting this technique on glazed ceramic surfaces, resulting in its decreasing application in the decoration of glass products over a period of time. The majority of research on the application of paste luster on glass surfaces has primarily concentrated on analyzing the surface properties of paste luster glass samples and determining the presence of gold in their chemical composition. The research discoveries clarify the chemical composition of paste luster formulas that are applied onto glass surfaces. There exists a limited number of empirical investigations conducted at the article level relating to paste luster experiments conducted on glass surfaces.

This study focuses on the adaptation of paste luster formulas, which have been utilized in the decoration of glass products since the 8th century but have not undergone systematic examination. The adaptation is based on data collected through experiments and observations, which are based on measurable values and the current availability of raw materials. The application of paste luster decorations on glass was conducted in a reducing environment using an 80 liter ceramic kiln fueled by LPG. The reduction temperature, duration, and oxygen concentration were recorded during the firing process, and the results were presented in a comprehensive manner. This study determined the firing temperatures and reduction densities of paste luster formulas suitable for defining luster. This research is an initial investigation that aims to compare the future implementation of traditional paste luster application techniques with their current applications.

Keywords: Glass, luster, paste luster, Islamic glass art.

ÖNSÖZ

Öncelikle bu çalışmada birlikte yola çıktığımız Sevgili danışmanım Prof. Halil Yoleri'ye bu yolculuk sırasında, bana akademisyen olmanın inceliklerini öğrettiği, tüm deneyimlerini aktardığı ve beni yetiştirdiği için teşekkür ederim.

Bu çalışmaya perde arkasında önemli katkılar yapan sevgili hocam Dr. Öğr. Üyesi Ali Temel Köşeler'e teşekkür ederim. Kendisi tez çalışmalarımda verdiği desteğin yanı sıra, kariyer yolculuğumda da arkamda olduğunu her zaman hissettirmiştir.

Tez İzleme Komitesi jüri üyelerim olan Doç. Atilla Cengiz Kılıç ve Doç. Pınar Çalışkan Güneş hocalarıma çalışmama sundukları değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim. Sevgili kız kardeşim Dr. Almıla Çiftçi'ye gerek tezin Bilimsel Araştırma Projesi ayağında gerekse tez araştırmalarımda ufkumu açtığı, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaştığı için teşekkür ederim. Tezimin özellikle son dönemlerindeki desteklerinden dolayı sevgili arkadaşlarım Levent Ayata ve Nurgül Geçin Aksakal'a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında bana fırsat verdiği ve destek sağladığı için Amy Schwartz'a teşekkür ederim. American Glass Guild burs komitesine ve özellikle Maria Serpentino'ya bana araştırdığım konuyla bağlantılı eğitim bursu sağladığı için teşekkür ederim. Richard Whiteley'e ve Katherine Larson'a araştırmalarım sırasında konuyla ilgili bana destek oldukları ve kaynak paylaştıkları için teşekkür ederim. Destekleri için P.K. Smith'e teşekkür ederim. Corning Cam Müzesi Rakow Araştırma Kütüphanesi çalışanlarına destekleri için teşekkür ederim.

Bu araştırmanın gerçekleşmesi için gerekli fon desteğini sağlayan Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (Proje Numarası: 2020.KB.SOS.001) Koordinasyon Birimine ve değerli çalışanlarına teşekkür ederim.

Son olarak araştırma sürecimde tüm desteklerini yanımda hissettiğim sevgili anneciğim Sema Özbek, kardeşim Alper K. Çiftçi ve bir kez daha Almıla Çiftçi'ye teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ.....	ii
TUTANAK.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR.....	xii
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

MACUN LÜSTERİNİN TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

1.1. Macun Lüsterinin Tanımı.....	4
1.2. Cam Yüzeylerde Macun Lüsterinin Tarihçesi.....	4
1.3. Macun Lüsteri Dekorları İçin Kullanılan Camlar.....	8
1.4. Macun Lüsteri Dekorlu Cam Örnekler.....	13

2. BÖLÜM

MACUN LÜSTERİ VE UYGUN CAM TÜRLERİ

2.1. Macun Hazırlamada Kullanılan Hammaddeler ve Özellikleri.....	26
2.1.1. Taşıyıcılar.....	26

2.1.2. Renklendiriciler.....	28
2.1.3. Macun Hazırlama ve Uygulama.....	29
2.2. Macun Lüsteri Dekor Uygulaması İçin Uygun Cam Türleri.....	33
2.2.1. Alkali Silika Camları.....	38
2.2.2. Borosilikat Cam.....	40
2.2.3. Kurşunlu Cam.....	41
2.3. Macun Dekorlu Camların İndirgen Ortamda Pişirimi.....	43

3. BÖLÜM

CAM YÜZEYLERDE MACUN LÜSTERİ UYGULAMALARI

3.1. Macun Lüsteri Uygulamaları Yapılırken Alınması Gereken Önlemler.....	47
3.2. Macun Lüsteri Uygulamaları için Seçilen Cam Türleri.....	48
3.3. Macun Lüsteri Formülleri.....	50
3.4. Cam Yüzeye Macun Uygulaması.....	54
3.5. Macun Dekorlu Camların İndirgen Ortamda Pişirimi.....	56
SONUÇ.....	75
KAYNAKÇA.....	78

ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1.** Günümüz haritası üzerinde cam ve lüster tekniğinin tarihsel gelişiminde önemli yeri olan bölgeler (Google Haritalarından değiştirilerek.).....5
- Şekil 2.** İçerisinde Cam Üretimi Yapılan Tandır Şeklinde Cam Fırını Buluntuları, Harput İçkale (Taştëmür ve Aytaç, 2017).....8
- Şekil 3.** Neo-Asur dönemine ait Kil Tablet Parçası, M.Ö. 650 (The British Museum, t.y.)9
- Şekil 4.** Bilinen en eski macun lüsteri dekorlu cam kap örneği, 753-755 yılları, Mısır- Abbasiler M.S. 8. yy. (Kahire İslam Eserleri Müzesi, 2023).....14
- Şekil 5.** Macun Lüsteri Dekorlu Sunbat imzalı cam kap. Suriye/Şam M.S. 750-799 veya 786-787, CMOG koleksiyonu 69.1.1. numaralı eser.15
- Şekil 6.**Macun Lüsteri Dekorlu Cam Kâse 10-11. yy., muhtemelen Mısır. (Metropolitan Müzesi, 2020).....15
- Şekil 7.** Çan biçimli geniş ağızlı cam kap M.S. 4.yy, Corning Cam Müzesi Koleksiyonu, Envanter No.50.1.3116
- Şekil 8.** Macun Lüsteri Dekorlu cam vazo parçası, 8-9.yy, muhtemelen Mısır veya Suriye’de yapılmış. (Victoria&Albert Müzesi, 2020).....17
- Şekil 9.** Macun Lüsteri Dekorlu Vazo kırığı, 1000-1200, muhtemelen Mısır, Fatımi Dönemi. (Victoria & Albert Müzesi, 2020).....17
- Şekil 10.** Macun Lüsteri Dekorlu cam kâse parçası 11-12. yy, muhtemelen Mısır. (Victoria & Albert Müzesi, 2020).....18
- Şekil 11.** Hurma yaprağı, geometrik ve helezon motifli cam kâse, 9-11. yy, Mısır. Ölçü: yükseklik 6,7 cm. çap 14,5 cm. (The British Museum, 2020)18
- Şekil 12.** Macun Lüsteri Dekoru uygulanmış, helezon motifli, kalıba üflenmiş kaburgalı cam kâse örneği, 10-11. yy, Mısır.....19
- Şekil 13.** İç ve dış yüzeyine macun lüsteri dekoru uygulanmış ayaklı cam kap. 11 veya 12. yüzyıl örneği, muhtemelen Mısır. Soluk mavimsi yeşil cam, üfleme tekniği ile şekillendirilmiş. Ölçü: yükseklik 7,9 çap 8,5 cm (Khalili Collections, 2020).....20

Şekil 14. 9.yy. veya erken 10.yy.'a ait bir cam parçasının üzerindeki kuş motifi. Abbasi döneminde cam vazolarda sıkça kullanılmış bir motif olduğu biliniyor. (Lamm C. J., 1941, s. 11).....	21
Şekil 15. Kuş motifli cam parça, 10-11.yy. CMOG 55.1.154 envanter numaralı eser...	22
Şekil 16. Macun Lüsteri Dekorlu Cam Riton, M.S. 700-899 Muhtemelen Mısır. Cam üfleme tekniğiyle biçimlendirilmiş. CMOG 69.1.4 numaralı eser.....	23
Şekil 17. Özgül hacim/Sıcaklık Tablosu (Brunetti, Cartechini, Miliani, & Sgamellotti, 2013, s. 2'dan değiştirilerek.).....	34
Şekil 18. Viskozite/Sıcaklık Tablosu (Kaynak: (Brunetti, Cartechini, Miliani, & Sgamellotti, 2013) sf.12 Figure 1.1.6.'dan çevrilerek/değiştirilerek.	36
Şekil 19. Sıcaklık/Zaman cinsinden İdeal Pişirim Tablosu (Bullseye Glass Co. Technical Supplement, 2009)'dan değiştirilerek	37
Şekil 20. Züccaciye camı için yaklaşık kompozisyon grafiği (Baran, 2021)	39
Şekil 21. Borosilikat camın kimyasal içeriğine bir örnek (DWK Life Sciences, 2020).41	
Şekil 22. Kurşunlu camın kimyasal içeriğine örnek (Gaffer, 2010).....	41
Şekil 23. Pencere Camının Yumuşama Sıcaklığının Saptanması.....	50
Şekil 24. Macun Lüsteri Dekor Tekniği Uygulaması için hazırlanan ortam	54
Şekil 25. Cam yüzeye macun uygulaması aşamaları.....	55
Şekil 26. Macun dekorlu camların gazlı (LPG yakıtlı) fırına yerleştirilmesi	56
Şekil 27. 1 No.lu İndirgen Ortam Pişirim Diyagramı.....	58
Şekil 28. 2 No.lu İndirgen Ortam Pişirimi Sıcaklık Zaman Çizelgesi.....	60
Şekil 29. 1 cm et kalınlığındaki Pencere Camı için Uygulanan İndirgen Ortamda Pişirim Diyagramı.....	62
Şekil 30. Kıvamı seyreltilmiş macun lüsteri uygulanmış cam yüzey	63
Şekil 31. 3 No.lu İndirgen Ortam Pişirimi Sıcaklık Zaman Çizelgesi.....	64
Şekil 32. (7) No.lu Macun Lüsteri Formülünün 700 °C sıcaklıkta indirgen atmosfer pişirimi diyagramı	66
Şekil 33. (7) No.lu Macun Lüsteri Formülünün 600 °C sıcaklıkta indirgen atmosfer pişirimi diyagramı	68
Şekil 34. Çöktürme Fırını Pişirim Diyagramı, Sıcaklık °C/ Zaman (sa)	70
Şekil 35. Tabak formu üzerine macun lüsteri dekor uygulaması.....	71

Şekil 36. (1) No.lu Formülün Uygulandığı Camlar için İndirgen Ortam Pişirimi Sıcaklık Zaman Çizelgesi.....	72
Şekil 37. Dışbükey bir form yüzeyine macun lüsteri dekor uygulaması	73
Şekil 38. Silindir bir form yüzeyine macun lüsteri dekor uygulaması	73



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Camı Renklendiren Oksitler Kaynak: (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2013, s. 33).....	42
Tablo 2. Platin/gümüş renk efektlerini elde etmek için oluşturulmuş (1) No.lu Macun Lüsteri Formülü.....	51
Tablo 3. (2) Taşıyıcı olarak kalsine kaolinin renge olan etkisini ölçmek üzere oluşturulmuş (2) No.lu Macun Lüsteri Formülü.....	51
Tablo 4. Taşıyıcı olarak Nişadırın, renge olan etkisini ölçmek üzere oluşturulmuş (3) No.lu Macun lüsteri formülü.....	52
Tablo 5. Taşıyıcı olarak Kilin renge olan etkisini ölçmek üzere oluşturulmuş (4) No.lu Macun lüsteri formülü.....	52
Tablo 6. Bakır Tuzu Bileşiği olarak Bakır (II) Klorür'ün Macun lüsterinin gelişim sıcaklığına olan etkisi/katkısının ölçülmesi için oluşturulmuş (5) No.lu formül.....	53
Tablo 7. Bakır Tuzu Bileşiği olarak Bakır (II) Sülfat'ın Macun lüsterinin gelişim sıcaklığına olan etkisi/katkısının ölçülmesi için oluşturulmuş (6) No.lu formül.....	53
Tablo 8. Kalay Oksit ve Manyezit katkılı (7) No.lu macun lüsteri reçetesi.....	53
Tablo 9. Macun Uygulama Kalınlığının Renge Etkisi.....	59
Tablo 10. Taşıyıcı Hammaddelerin Renge Olan Etkisi.....	61
Tablo 11. Cam Yüzey ve Macun Formülünün Gelişim Sıcaklığı Farkı.....	65

Tablo 12. (7) Numaralı Macun Lüsteri formülü uygulanan ve 700 °C sıcaklıkta 22 dk. indirgen atmosferde pişirimi yapılan deneyin sonucu..... **67**

Tablo 13. (7) Numaralı Macun Lüsteri formülü uygulanan ve 600 °C sıcaklıkta 30 dk indirgen atmosferde pişirimi yapılan deneyin sonucu..... **69**



KISALTMALAR

λ	: Lambda
°C	: Santigrat derece
bkz.	: Bakınız
cm.	: Santimetre
CMOG	: Corning Museum of Glass
gr.	: Gram
M.S.	: Milattan Sonra
M.Ö.	: Milattan Önce
t.y.	: Tarih yok
vb.	: Ve benzeri
yy.	: Yüzyıl

GİRİŞ

Macun Lüsteri; Suda çözünen ve çözünmeyen metal tuzları, renk verici oksitler ile taşıyıcı hammaddeler içeren, macun kıvamına getirilerek fırça ile cam yüzeye uygulandıktan sonra camın dönüşüm sıcaklığında fırın içinde indirgen atmosfer oluşturularak iyon alışverişine maruz bırakılan ve bunun sonucunda yüzeyde ışıltılı sedefsi¹ görüntüler oluşmasını sağlayan bir dekor tekniğidir. Camın yüzeyinde oluşan ince metalik tabaka özellikle gün ışığında sedefsi bir görüntü oluşturur, bu metalik pırıltılar “lüster” ismiyle tarif edilir.

Cam dekorlarında kullanılan en eski tekniklerden biri olan macun lüsterlerinin, 8. yy.’dan itibaren cam ustaları tarafından bilindiği ve ustalıkla kullanıldığı arkeolojik kazılarda ortaya çıkan macun lüsteri dekorlu cam ürünlerden anlaşılmaktadır. Ancak macun lüsteri dekor tekniğinin cam yüzeylerdeki uygulamaları zamanla azalmış, özellikle kalay ve kurşun içeren sırlı seramik yüzeyler üzerine uygulamaları artarak gelişimine devam etmiştir. Bu çalışma 8. yy’dan başlayarak cam üzerine uygulanmış macun lüsteri formülleri ile sırlı yüzeylere uygulanmış macun lüsteri formülleri referans alınarak oluşturulan yeni formüllerin, farklı yapıdaki cam yüzeylere uygulanmasını içermektedir. Cam yüzeylerde kullanımları unutulmaya yüz tutmuş macun lüsteri dekor tekniği, bu çalışmada bir metot önerisi olarak ele alınmış ve cam yüzeylerde kullanımıyla ilgili kapsamlı bir kaynak oluşturulması amaçlanmıştır.

Bu araştırmada macun lüsteri dekor tekniği hakkında çıkan İngilizce ve Türkçe yayınlar taranmış, Farsça olan kaynakların çevirisi yaptırılarak bilgi edinilmiştir. Sekizinci yüzyılda Cabir İbn Hayyan tarafından Arapça dilinde yazılmış *Kitab Al Durra Al-Maknuna* “Kıymetli İnci / Saklı Sedef” adlı el yazması kaynaktaki cam yüzeyler için oluşturulmuş macun lüsteri formülleri, Ahmad Al Hassan isimli bir araştırmacının İngilizce yazılmış makalesi üzerinden incelenmiş, deneyler ve formüller oluşturulurken

¹ Sedef: Midye, istiridye gibi deniz hayvanlarının kabuğunda bulunan gökkuşağı parıltılarına sahip bir maddedir (Vikipedi Özgür Ansiklopedi, 2023). İstiridyelerin ürettiği inci, sedef katmanlarıyla kaplıdır, inciler yalnız beyaz değil çok farklı renklerde olabilirler (Şener, 2023).

bu kaynaktan faydalanılmıştır. 8. yüzyıldan itibaren macun lüsteri ile dekor yapılmış cam objelere ulaşılmaya ve incelenmeye çalışılmıştır. Tez çalışması genel olarak ulusal ve uluslararası kütüphane taraması, müze incelemeleri ve deneysel uygulama aşamalarından oluşmaktadır.

Macun lüsteri konusunda sırlı seramikler üzerine yapılan uygulamalarla ilgili daha fazla araştırma yapılmış olduğu, cam yüzeylerdeki inceleme ve araştırmaların son derece az olduğu görülmüştür. Yıllar içerisinde cam yüzeylerdeki kullanımları yok denecek kadar az olan ve sırlı seramik yüzeylerde yaygın olarak kullanılan macun lüsteri tekniği, araştırmacılar tarafından sır yapısı ve macun lüsteri formüllerinin yumuşama sıcaklıkları arasındaki deneyler üzerinden ilerlemiştir. Cam malzemesi söz konusu olduğunda fabrika üretimi camların kullanılması sonucu camın yumuşama sıcaklığı üzerinde değişiklik yapılamamakta bu yüzden macun formülünün gelişim sıcaklığına bağlı olarak ilgili deneyler yapılabilmektedir. Bu bağlamda uygulanan macun lüsteri dekorunun yüksek sıcaklıkta cam yüzeye gömülmemesi için camın yumuşama sıcaklığı deneylerle belirlenmiş ve macun lüsteri dekorlu camların pişirimleri optimum sıcaklıklarda yapılmıştır.

Bu çalışmada alkali silika camlar kullanılmış, cam yüzeyine tutunabilecek macun kıvamını oluşturmak için taşıyıcı, renklendirici ve uygulamada kullanılan yardımcı malzemeler denenmiştir. Deneyde kullanılan camın dönüşüm ve yumuşama sıcaklıkları dikkate alınarak macun lüsteri pişirim deneyleri LPG yakıtlı fırında indirgen ortamda gerçekleştirilmiştir.

Uygulama örneklerinin yer aldığı bu çalışmada, macun lüsteri tekniği ile ilgili cam teknolojisi ve kimyasına değinilmiş, pişirim aşaması için gerekli olan indirgen atmosferin yoğunluğu ve sıcaklığı kayıt altına alınmış ve uygulamalar bilimsel ölçekte ölçülebilir ve tekrarlanabilir kapsamda gerçekleştirilmiştir. İndirgen ortam pişirimi esnasında fırın içi atmosferindeki oksijen miktarı, bir oksijen sondası ile ölçülmüş ve her pişirim için bu değerler ayrı ayrı kaydedilmiştir.

1. BÖLÜM

MACUN LÜSTERİNİN TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

1. BÖLÜM

MACUN LÜSTERİNİN TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

1.1. Macun Lüsterinin Tanımı

Macun Lüsteri; Suda çözünen ve çözünmeyen metal tuzları, renk verici oksitler ve taşıyıcı hammaddeler içeren, macun kıvamına getirilmiş; fırça ile cam yüzeye uygulandıktan sonra camın dönüşüm sıcaklığında fırın içinde indirgen atmosfer oluşturularak iyon alışverişine tabi tutulan ve bunun sonucunda yüzeyde metalik pırıltılar oluşmasını sağlayan bir dekor tekniğidir. Cam yüzeyde oluşan ince metalik tabaka özellikle gün ışığında sedefsi yansımalar oluşturur, bu yansıma “lüster” ismiyle tarif edilir. İran’da bu tekniğin altın yansımali efekti taşıyanlarına “zerrinfam”, gümüş yansımali efektleri taşıyan çeşidine ise “simminfam” denmektedir².

1.2. Cam Yüzeylerde Macun Lüsterinin Tarihçesi

Macun Lüsteri en eski cam dekor tekniklerinden biri olup, uygulamalarının ilk kez 8. yüzyılda Basralı cam ustaları tarafından yapıldığı bilinmektedir (Neu Keramik, 1992, s.370). Basra’da 869-871 yılları arasında çıkan köle ayaklanmaları cam ve çömlek ustalarının Fustat’a göç etmesine yol açar. Bir başka kaynağa göre tekniğin ilk kez cam üzerindeki uygulamalarının Emevi halifesi Hişam Abdülmedik döneminde, Suriye’de bir sarayşehir olan Kasr-ül Hayrüş Şarki’de kullanılıp, sonraları yine aynı topraklarda geliştirildiği yönündedir (Al-Hassan A. Y., 2009) s.193). Bir diğer kaynakta ise bu tekniğin cam yüzeyine ilk kez Mısır’da uygulandığı, sırlı seramikler üzerine ise ilk kez Irak veya İran’da uygulandığı yer almaktadır (Ballardini, 1928). Abbasiler döneminde Basra ve Samarra’da çok popüler olan macun lüsteri dekor tekniği sonraları seramik üzerine uygulanmış olsa da (Canav Özgümüş, 2013, s. 25) bu tekniğin çömlekçilerden çok önce cam yüzeylerde Mısırlı cam ustaları tarafından uygulandığı bilinmektedir (Yoleri, Macun Lüsteri Tekniğinin Günümüzde Uygulanması, 1998, s. 1). Sonuç olarak macun lüsteri dekor tekniğinin ilk kez Doğu coğrafyasında yaşayan cam ustaları tarafından kullanıldığı konusunda literatürde fikir birliği vardır (Şekil 1).

² Farsça

Sekizinci yüzyıl, Ortadoğu'nun ekonomik ve politik açıdan dünya üzerinde baskınlığının olduğu bir yüzyıldır. Bilindiği üzere baskın devletler, araştırma ve geliştirme için en elverişli kaynağa sahip olan ve dönemin ruhuna uygun hareket kabiliyetine sahip kurumları destekleyecek güce sahiptirler. Bilim ve sanat söz konusu yüzyıllarda İslam dünyasında kendileri de zanaat ve bilim eğitimi almış olan sultanların hamiliğinde saraylarda gelişmekteydi. Sanatçı ve bilim adamları büyük itibar görmekte ve eser verebilmeleri için gerekli ortam hazırlanmaktaydı (Türk İslam Eserleri Müzesi, 2023). Simyacılar da o dönemin en önemli madeni olan "altın" elde etmeyle ilgili araştırma ve geliştirme faaliyetleri üzerine yoğunlaşan ve bu araştırmalar sonucu elde ettikleri bulguların bir kısmını ekonomiye katkı sağlayacak biçimde paylaşma açan bilim adamlarıdır. Dönemin buluşlarından biri de cam yüzeylerde altın ve gümüş gibi değerli metallerin efektlerini oluşturmak için kullanılan macun lüsteri tekniğidir. Bu teknik hakkında formülleri barındıran külliyyatlardan biri olan 8. yy. el yazması *Kitab Al Durra Al-Maknuna* (Türkçesi Saklı Sedef Kitabı) cam teknolojisi ve üretimi hakkında son derece faydalı bilgiler içermektedir ve kendinden sonraki bilimsel araştırmalara katkıda bulunan önemli bir kaynak kitap olma özelliğine sahiptir. Macun lüsteri formülleri, renkli cam harmanları, külçe cam üretimi, yanardöner etkili cam üretim formülleri gibi bilgilerin yer aldığı söz konusu kaynak, dönemin yaşayan cam ustalarına bu bilgi birikimi ve teknolojisi ışığında üretimlerini yapmalarına yön verirken, cam ürünlerin ticaretinin yapıldığı arkeolojik bulgularla desteklenmektedir. Özellikle Kaş yakınlarında (Şekil 1) bulunan Uluburun batığında ele geçirilen ve M.Ö. 14. Yüzyıla tarihlenmiş cam külçeler ticaretin doğudan batıya uzandığını kanıtlamıştır (Canav Özgümüş, 2013). Cabir Ibn Hayyan'ın eseri olan *Kitab Al Durra Al-Maknuna* külliyyatında cam harmanına katılan renk verici oksitler ve hangi renkleri oluşturdukları gibi önemli cam teknolojisi bilgilerinin yanı sıra yapay taşları difüzyon ile renklendirme gibi mücevherat yapımına yönelik son derece orijinal bilgilere de rastlanmaktadır (Al-Hassan Y., 2009, s. 122-156).

Cam yüzeyler için macun lüsteri formüllerini içeren bir diğer el yazması kaynak ise 1195 yılında, yine Ortadoğu coğrafyasında yazılmış ve literatüre Farsça kazandırılmış *Muhammed Ibn Abul Berekat Coheri Nişaburi*'ye (Nişaburlu Cevherci Abul Berakat'ın oğlu Muhammed) ait *Cevahirname-i Nizami*'dir. Bu eserde de zengin miktarda macun

lüsteri formüllerine rastlanmaktadır (Tosun, 2018). Bu kitaptaki formüller *Kitab Al Durra Al-Maknuna* eserindeki formüllerle kıyaslandığında bazı oksitler doğal kil minerallerindeki katkıları ile formüle dâhil edilmiştir. Örneğin formülde Demir Oksit içeren hammadde olarak “demir pulu” veya “hematit” yerine “okr” kullanılması gibi önerilerde bulunulmuştur. Lüster Teknolojisinde herhangi bir değişiklik olmaksızın yalnızca oksitlerin farklı kaynaklardan elde edilebileceği gibi bulgular eşliğinde yeniden ele alınmış bir macun lüsteri kaynağıdır. Yazıldığı yüzyılda macun lüsterinin sırlı seramik yüzeylerdeki uygulamalarının rağbet görmesi sebebiyle, formüller daha çok sır teknolojisi ve bu sırla kaplı seramik yüzeyler üzerine uygulanabilecek macun lüsteri reçetelerini içermekte, az miktarda cam yüzeyler için macun lüsteri formülleri içermektedir. Doğunun camcılık geleneğiyle ve macun lüsteri tekniği de dâhil olmak üzere buluş ve teknolojileriyle yüzyıllar sonra İtalya tanışır; bu birikim Venedik camcılık geleneğine de önemli katkılar sağlar (J. Paul Getty Museum, 2004, s. 5). Bugün müzelerde karşımıza çıkan ve 12-19. yüzyıl saraylarında kullanılan muhafaza ve sofraya kaplarının yaygın olarak bronz ve cam malzemelerden yapıldığı bilinmektedir.

Bir anlamda altın veya gümüş gibi değerli madenlerin sentetik yorumu olan macun lüsteri dekorlu cam parçaları, değerli madenlere sahip olma dürtüsü taşıyan tüketicilerden rağbet görmüştür. Tören kaplarının üzerindeki mücevher benzeri taşlar, değerli taşları taklit eden ama en önemlisi ışığı iyi yansıtabilen malzemelerden yapılmaktaydı. Altın; parlaklığıyla, saflığıyla ve nadir bulunmasıyla çağlar boyu en değerli ve aranan metallerden biri olmuş, ayrıca Tanrıların ölümsüzlüğünün sembolü, gökyüzünün ışığı, zenginliğin sembolü olarak da tanımlanmıştır. Cam, ışıkla olan diyalogu sayesinde tinsel olanı taşıyabilen büyümlü bir malzemedir; bu nedenle cam üzerindeki lüster uygulamaları cami kandillerinde ve ökaristi⁵ ayinlerinin vazgeçilmez kalisleri⁶ üzerinde kullanılmıştır. A.J. Butler isimli araştırmacı macun lüsteri dekorlu cam kalislerin ihtişamından bahsetmiştir (Lamm C. , 1941, s. 24).

⁵ Ökaristi Ayini: Hristiyanlık dininde İsa'nın ölümü ve tekrar dirilişini kutsal ekmek ve şarapla sembolize edilerek gerçekleştirilen önemli bir kutsal ayin.

⁶ Kalis: Ökaristi ayininde özel olarak şarap muhafaza etmek için kullanılan kutsal kap.

1.3. Macun Lüsteri Dekorları İçin Kullanılan Camlar

Tarihteki ilk cam karışımı ve fırın buluntuları M.Ö. 1375-1358 yılları arasında 18. Hanedanlık dönemi, Mısır Kralı Akhenaton zamanına rastlar; bu fırının yüksek sıcaklıklara ulaşamadığı, dolayısıyla camın macun kıvamında kaldığı tahmin ediliyor; camı ergitme⁷ potasına koymadan önce sırcalaştırarak; külçeler (ingot) oluşturduktan sonra kullandıkları tahmin ediliyor (Charleston, 1978). Odun yakıtlı cam ergitme fırınları, haftalar süren bekleyişten sonra 920-1100 °C sıcaklıklara ulaşabiliyor, cam yeterince ergimiyordu⁸; bu nedenle fırınlardan ilk önce çubuk çekiliyor, ardından çekilen çubuklar ateşte ısıtılarak cama şekil veriliyordu. Anadolu'da cam bileziklerin şekillendirildiği tandır fırını formunda cam fırınlarına (Şekil 2) Harput'ta (Bkz. Şekil 1'deki harita) rastlanmıştır (Taştemür ve Aytaç, Harput İç Kale Kazısı Cam Fırınlarına Ait İlk Gözlemler, 2017).



Şekil 2. İçerisinde Cam Üretimi Yapılan Tandır Şeklinde Cam Fırını Buluntuları, Harput İçkale (Taştemür ve Aytaç, 2017)

⁷ Ergitme: Söz konusu maddenin ergime sıcaklığının üzerinde bir sıcaklıkta ısıtılması ile katı durumdan sıvı duruma geçmesini sağlama işlemine ergitme işlemi denir. “Ergime” esnasında moleküller arası bağ koparak katı fazdan sıvı faza dönüşüm gerçekleşir. “Erime” ise bir katının iyonlaşarak sıvı içerisinde çözünmesi olayına denir.

⁸ Ergime Noktası: Katı bir maddenin sıvı haline geçebileceği sıcaklık derecesi o maddenin ergime noktasıdır. Camın ergime noktası yüksektir.

M.Ö. Mısır'da lüks tüketim ürünü olan cam bilezikler, sıklıkla firavun mezarlarında bulunmuştur. Mısır'da bulunan ilk cam örnekleri olarak kabul edilen camların şeffaf olmadığı ve mücevher yapımı için kullanıldığı tahmin edilmektedir. Tarihte dönemin göz alıcı ve değerli kabul edilen lapis lazuli ve turkuaz gibi taşların imitasyonları camdan yapılmaktaydı.

M.Ö. 1370 yıllarına tarihlenen Antik Mısır'daki Amarna (Bkz. Şekil 1'deki harita) sit alanındaki refrakter fırın buluntuları, bir cam fırının 1100 °C sıcaklığa kadar çıktığını göstermiştir (W.E.S. Turner, 1954). Asur Kralı Asurbanip (M.Ö. 669-626) kütüphanesinde (Bkz. Şekil 1'deki harita) bulunan kil tabletlerde cam ergitme ve tavlama fırınlarıyla ilgili bilgiler yer almaktadır (Oppenheim, 1970; aktaran Taştemür ve Aytaç, 2017). Araştırmalar, Asurlular ve Babilliler tarafından kullanılan fırınlarda 920 ila 1100 °C arasında değişen erime noktalarına sahip camların üretebildiğini göstermektedir (Charleston, 1978, s. 10). Bu sıcaklıklara ulaşabilen fırınlarda eritme işlemine tabi tutulan cam karışımı soda-kireç-silika camıdır. Cam yapımı konusunda ilk el kitabı niteliğindeki Asur tabletleri, M.Ö. 650 yılına tarihlenmektedir (Le Bourhis, 2008, s. 30). Asur Kralı Asurbanip (M.Ö. 669-626) kütüphanesinde bulunan çiviyazısı kil tablette verilen bir cam formülü şu şekildedir; 60 kısım kum, 180 kısım deniz bitkisi külü, 5 kısım tebeşir; $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ camıdır (Carter & Norton, 2013, s. 25), (Jarves, 1865). Asur Kralı Asurbanip'in kütüphanesinde bulunan kil tabletler arasında farklı çeşitte ve renklerde cam türlerinin üretimleri için çokça kaynak bulunmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Neo-Asur dönemine ait Kil Tablet Parçası, M.Ö. 650 (The British Museum, t.y.)

Sekizinci yüzyıl bilim insanlarından Cabir ibn Hayyan, renkli cam harmanı için vermiş olduğu hammadde bilgilerinin yanında, cam ergitme fırınlarını 2 gün 2 gece yakılması gerektiği bilgisini de vermiştir. Cam ergitme fırını yeterli sıcaklığa ulaşmadığında cam harmanı içerisinde çok miktarda habbe⁹ olur, dolayısıyla cam ürün bünyesinde çok miktarda baloncuk olduğu gözlenir. Tarihte cam harmanlarının içerisinde ergitici olarak, yoğun miktarlarda kül ve Natron¹⁰ kullanıldığı tespit edilmiştir. Roma İmparatorluğu döneminde tüm cam harmanları hemen hemen aynı olsa da imparatorluk yıkıldıktan sonra kuzey ve güneyde hammaddelere erişimin zor olduğu dönemlerde alternatif maddeler kullanılmıştır. Soda külü bakımından zengin olan imparatorluğun güneyinde soda külü kullanılmaya devam edilmişken, kuzeyinde soda külü yerine bitki külü kullanıldığı bilinmektedir (Charleston, 1978, s. 10). M.S. 337-M.S.450 yılları arasında Roma’da cam ustalarından vergi alınmaması, camı herkesin ulaşabildiği bir ürün haline getirmiştir (Olçay, 1998). Bu durum, cam üretimini de hayli artırmış ve hammadde kaynaklarının önem kazanmasına sebep olmuştur.

Tuzlu su içeren göllerde buharlaşma sonucu oluşan mineral kalıntıları Natron ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) kaynağını oluşturur, Mısır ve Suriye-Filistin bölgesinde üretilen camların eriticisi olarak harmana katılan bu eritici, yüzyıllar boyu hammadde olarak soda-kireç-silika camı üretiminde kullanılmıştır (Nato, Nakai, & Shindo, 2009, s. 71). Natron Vadisi olarak bilinen bu bölgede natron tuzu içeren sekiz alkali göl bulunduğundan hammaddenin bu bölgelerden temin edildiği düşünülmektedir. Ancak 8. ve 10. yüzyıllar arasında delta bölgesindeki siyasi karışıklık nedeniyle natron kullanımından bitki külüne geçişin olduğu öne sürülmektedir (Nato, Nakai, & Shindo, 2009, s. 74). Organik kül katkısı, bitki, meyve gibi organiklerin yandıktan sonra ardında kalan bir tür maden tuzudur ve bu organikler yetiştikleri bölgeye bağlı olarak farklı mineraller içerir; ağaçlar yaşlarına bağlı olarak farklı oranlarda mineraller içerirler (Çalışkan Güneş, 2014). Cam

⁹ Habbe: Teknik bir terim olan habbe, gaz kapanımı anlamına gelmektedir. Camın üretim sürecinde kalite hatası olarak bilinir. Ergimiş camın habbelerden arındırılması için gerçekleştirilen “afinasyon” sürecinde yüksek sıcaklıkla habbenin büyümesi, düşük sıcaklıkla habbenin küçülmesi ve habbenin cam eriyiğindeki hızı gibi aşamalar gözlemlenir, habbenin arınma kabiliyeti hesaplanır ve cam kompozisyonlarının afinasyon performansı belirlenir. Yüksek kaliteli bir cam habbelerden arındırılmıştır. (Oran, Ötken, & Akçakaya, 2000)

¹⁰ Natron, Doğal Sodyum Karbonat cevheridir. Yüksek miktarda Na_2O ve düşük miktarda CaO içerir.

üretiminde kullanılmak üzere tuz minerali bakımından en zengin olan bitkiler salicornia (deniz börülcesi) ve salsola gibi halofitik denilen tuzlu topraklarda yetişen bitkilerdir, bu bitkilerin küllerinin eritici olarak uygun olduğu cam ustaları tarafından bilinmekteydi (Nato, Nakai, & Shindo, 2009). Henderson'ın analizine göre, 8. yüzyılın sonlarında Rakka şehrinde ortaya çıkarılan camların bazıları Natron bazıları Soda külü¹¹ temelliydi (Handerson, 1995). Harman içerisine kasten konulmadığı düşünülen ve camı kirleten bazı maddelere de rastlanır. Örneğin “kil” üzerinde yetişen bitkinin köküyle birlikte bitki külüne dahil olabilmekte, bazen de cam ergitme potasının kısmi erimesi ve camı kirletmesi nedeniyle cam harmanına dahil olabilmektedir (Shortland, 2003, s. 1). Bu durum kilin karakteristik özelliğine göre camın nerede üretildiği veya hammaddesinin nereden ihraç edilmiş olabileceği konusunda araştırmacılara ipucu verir. Tarihsel süreçte alkali kaynağında zaman zaman değişikliğe gidilmiş olsa da cam üretimi kesintisiz olarak devam etmiştir.

Bugünkü teknoloji ile arkeologlar, elektron mikroprob¹² analizi ile camdaki mineralleri tespit ederek, belirli bir dönemin cam harmanlarına ulaşabilmektedirler. Bunlardan Ramla'da bulunan İslam Camları (9. yy) için tespit edilmiş cam harmanı; bitki külü (yüksek miktarda Na₂O ve CaO içerir) + Kum/öğütülmüş kuvars (düşük miktarda CaO ve yüksek miktarda SiO₂ içerir); Doğu Roma camları için tespit edilen cam harmanı ise Natron¹³ + kum (yüksek miktarda CaO ve SiO₂ içerir) şeklinde belirtilmiştir (Freestone, Gorin-Rosen, & Hughes, 2000). Rakka'da yapılan arkeolojik kazılar, Harun Reşid'in saray kompleksi içerisinde tam donanımlı bir cam ve bir çömlek atölyesinin varlığını doğrular ve 9. Yüzyıldan itibaren cam ve seramik üretiminin yapıldığını gösterir.

¹¹ Soda külü doğada trona cevheri olarak dünyanın üç bölgesinde bulunmaktadır, bunlar Amerika Birleşik Devletleri, Türkiye ve Çin'dir. Tarihte cam harmanında yer alan soda katkısının halofitik bitkilerin küllerinden elde edildiği tahmin edilmektedir.

¹² Elektron Mikroprob Analiz (EMPA): Bir tür taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve X-ray mikro analiz kombinasyonu olan ve analitik spektrometrelerle donatılmış olan bir cihaz yardımıyla, seçilmiş bir alan yüzeyinde katı malzeme örneğini tahrip etmeden, minerallerin farklı bileşime sahip alanlarının kimyasal bileşimlerinin mikroskobik mertebede miktar ve dağılımının tespit ve analiz edilmesini sağlar (Ankara Üniversitesi, 2023).

¹³ Her biri %1,5'tan fazla K₂O ve MgO içerir, düşük miktarda NaO ve CaO içerir.

Macun lüsteri dekor uygulaması için tarihte kullanılan cam türü ise soda-kireç-silika camıdır. İslam camlarının M.S. 9-10. yy'da üretilmiş olanları, az miktarda kalsiyum karbonat içeren yüksek saflıkta silika kumu veya ezilmiş kaya kristali, eritici olarak yüksek oranda soda ve kalsiyum karbonat içeren deniz bitkisi külünden oluşmaktadır (Moretti & Hreglich, 2013, s. 39). Cam üfleme tekniğinde kullanılan pota camının soda-kireç-silika ve potas-kireç-silika camı olduğu bilinmektedir. Oranlar değişmekle birlikte soda-kireç-silika camının yaklaşık olarak cam kompozisyonu %70 SiO₂, %20 Na₂O ve %10 CaO'dan oluşur, potas-kireç-silika camı için ise hammadde Potasyum Karbonat formunda harmana alkalilerle birlikte katılır, kimi zaman bu harman Soda da içermektedir (Koob, 2006, s. 11,12). Fustat, Raya ve al-Tur Vadisi'nde bulunmuş macun lüsteri dekorlu 53 parça cam üzerinde yapılan araştırma sonucunda¹⁴, Raya'da bulunan 24 adet macun lüsteri dekorlu cam örnekte cam kompozisyonlarının Natron içerdiği, al-Tur Vadisi'nde bulunan 22 macun lüsteri dekorlu cam analizlerinin ise bitki külü içerdiği belirlenmiştir (Sawada, Kokura, Nakai, & Shindo, 2003, s. 180). Söz konusu araştırmada natron içeren camların mavi-yeşil görünümde olduğu, bitki külü içeren camların ise yeşilimsi renkte olduğu saptanmıştır.

Tarih boyunca cam harmanları incelendiğinde, insan eliyle cam oluşturma teknolojisinin zamanla habbelerin¹⁵ önlenmesi ve renkte şeffaflığın yakalanması doğrultusunda ilerlediğini görmekteyiz. Afinyasyon¹⁶ işlemi sırasında oluşan sülfür gazları habbelerin önlenmesinde yardımcı olup, cam eriyiğinin içindeki silikanın çözünme hızını artırır ve hızlı karıştırma etkisi yaratır. Macun lüsteri formüllerinde bulunan ve afinyasyona yardımcı olan sülfür ve vitriyol¹⁷ içerikleri aynı zamanda indirgeme esnasında

¹⁴ 2001-2002 yılları arasında yapılan analizde bu bilgiler ortaya çıkarılmıştır (Sawada, Kokura, Nakai, & Shindo, 2003, s. 179).

¹⁵ Habbe: Teknik bir terim olan habbe, gaz kapanımı anlamına gelmektedir. Camın üretim sürecinde kalite hatası olarak bilinir. Ergimiş camın habbelerden arındırılması için gerçekleştirilen "afinyasyon" sürecinde yüksek sıcaklıkla habbenin büyümesi, düşük sıcaklıkla habbenin küçülmesi ve habbenin cam eriyiğindeki hızı gibi aşamalar gözlemlenir, habbenin arınma kabiliyeti hesaplanır ve cam kompozisyonlarının afinyasyon performansı belirlenir. Yüksek kaliteli bir cam habbelerden arındırılmıştır. (Oran, Ötken, & Akçakaya, 2000)

¹⁶ Afinyasyon: Cam oluşturma sürecinin ergime aşamasında camın kabarcıklarından (habbe oluşumundan) arındırılması, kimyasal açıdan homojen hale getirilmesi işlemidir. (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2013: 36) S.36

¹⁷ Vitriyol: Herhangi bir maden sülfatı.

tıpkı klor bileşikleri gibi indirgeyici özelliğe de sahiptirler. *Kitab Al Durra Al-Maknuna* eserinde macun lüsteri formüllerinin nasıl uygulandığıyla ilgili çok detaylı olmasa da önemli ipuçları verecek bazı bilgiler de paylaşılmıştır. Örneğin taşıyıcı olarak NH_4Cl (Nişadır), $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ (şap) gibi bileşiklerin kullanıldığı ve bunların Cu (Bakır) ve Fe (Demir) gibi iyon alışverişine elverişli olan kararsız elementlerle beraber kalsine edilip birlikte karıştırarak kullanıldığına rastlanır. *Cabir*, Bakır ve Demir elementlerinin lüster oluşumundaki öneminin ve macun hazırlanırken bu önemli elementlerin karışıma homojen miktarda dağılmasının son derece büyük önem arz ettiğini vurgulamıştır. Formüllerin hemen hemen hepsinde yer alan Demir elementinin cam kompozisyonu içerisinde koloidal¹⁸ dağılma özelliği taşıdığı bilinmektedir. Koloidal dağılımın, macun lüsteri çözeltisine homojenleşme niteliği kazandırdığı; bekledikçe dipte çökelti oluşmasını önlediği ve iyon alışverişisi esnasında lüster oluşumuna katkı sağladığı bilinmektedir.

1.4. Macun Lüsteri Dekorlu Cam Örnekler

İslam sanatına ait kültür varlıkları olarak karşımıza çıkan macun lüsteri dekorlu cam objeler geometrik, kaligrafik, figüratif ve bitkisel motiflerin cam yüzey üzerine fırça ile uygulanması sonucu fırça izlerinin plastik dilini yansıtan eşsiz örnekleriyle kendini gösterir.

Görsellerine ulaşılabilen macun lüsteri dekorlu cam eserlerin hemen hepsi üfleme tekniğiyle biçimlendirilmiş cam objelerden oluşmaktadır (Bazı örnekler için bkz. Şekil 4-15). Motifler bulunduğu dönemin modasına uygun olarak bitkisel motifler, hayvan motifleri, insan tasvirleri, kufi yazılar, Arapça yazılar ve geometrik motifleri barındıran kompozisyonlardan oluşmaktadır. Bilinen yaygın inanışın aksine İslam sanatında insan veya hayvan figürü tasviri “günah” veya “yasak” değildir. Abbasiler, Fatimiler, Emeviler vb. gibi dönemlerde insan figürlü tasvirlerle mozaik ve fresklerde rastlandığı gibi sonraki dönemlerde de heykel, minyatür, sikke gibi örneklerde de benzer figürlere rastlanır (Sayın Alsan, 2019, s. 287, 295). Yalnız dini yapılar ve ibadet

¹⁸ Koloidal: “Bir maddenin kendisi için çözücü olmayan ortamda 10^{-5} - 10^{-7} boyutlarında dağılmasıyla oluşan çözeltiye koloidal çözelti denir” (Vikipedi Özgür Ansiklopedi, 2020).

mekanlarında puta tapmak “günah” olduğundan, arabesk ve geometrik biçimler tercih edilmiştir; ancak yasaklanmamıştır. Hatta türbe gibi bazı ibadet mekanlarında insan figürü tasvirlerine rastlanmaktadır, yalnız istisna olarak Osmanlı döneminde figüratif motifler uygulanmamıştır (Sayın Alsan, 2019, s. 307, 311). Dini yapılarda geometrik ve arabesk motif tercihi, Osmanlı sanatının karakteristik motifleri haline gelmiş ve dönemin zanaatkarlarını gerçeği soyutlama konusunda birer usta haline getirmiştir. Osmanlı İslam sanatı bu benzersiz karakteristik özelliğiyle Avrupa sanatına ilham kaynağı olmuş, örneğin İtalyan Rönesans’ında cam, seramik ve tekstil ürünler üzerinde geometrik ve arabesk motifler kullanılmıştır (J. Paul Getty Museum, 2004).

Bilinen en eski macun lüsteri dekorlu cam örneği Kahire İslam Eserleri Müzesi’nde sergilenmektedir (Şekil 4). Kadehin ağız kısmındaki yazılardan bu kabın Abbasi halifelerinin en çok saygı duyduğu kişi ve Abbasi askerlerinin Başkomutanı Salih Ibn Ali’nin kardeşi olarak bilinen, M.S. 801-802’de ölen Abdül Samet Ibn Ali adına yapılmış olduğu anlaşılmakta, kendisinin son Emevi halifesi Mervân ibn Muhammed’in Mısır’da 750’de tutuklanmasına yardım ettiği, daha sonra Medine, Mekke, Arap Yarımadası, Levant ve Basra Valiliğine atanmış kahraman bir devlet adamı olduğu bilinmektedir (Kahire İslam Eserleri Müzesi, 2023).



Şekil 4. Bilinen en eski macun lüsteri dekorlu cam kap örneği, 753-755 yılları, Mısır-Abbasiiler M.S. 8. yy. (Kahire İslam Eserleri Müzesi, 2023)

Macun lüsteri dekorlu cam örneklerinden (Şekil 5) biri olan ve cam üfleme tekniğiyle biçimlendirilmiş, cam kabın ağız kısmındaki motifin altında yazan Arapça yazı şu şekilde tercüme edilmiştir: “Rahman ve Rahim olan Allah’ın adıyla, Allah bu kaptan içen kişiden razı olsun.” Ayrıca yazıda Sunbad’ın elleriyle Şam’da üretilmiş olduğuna dair bir bilgi de yer almaktadır (Larson, 2019, s. 103).



Şekil 5. Macun Lüsteri Dekorlu Sunbat imzalı cam kap. Suriye/Şam M.S. 750-799 veya 786-787, CMOG koleksiyonu 69.1.1. numaralı eser.



Şekil 6. Macun Lüsteri Dekorlu Cam Kâse 10-11. yy., muhtemelen Mısır. (Metropolitan Müzesi, 2020)

Üfleme tekniğiyle biçimlendirilmiş macun lüsteri dekorlu kap örneklerinin (Şekil 4-6) ağız kısımlarında yazı ve gövde kısmında arabesk motifler dikkat çeker.

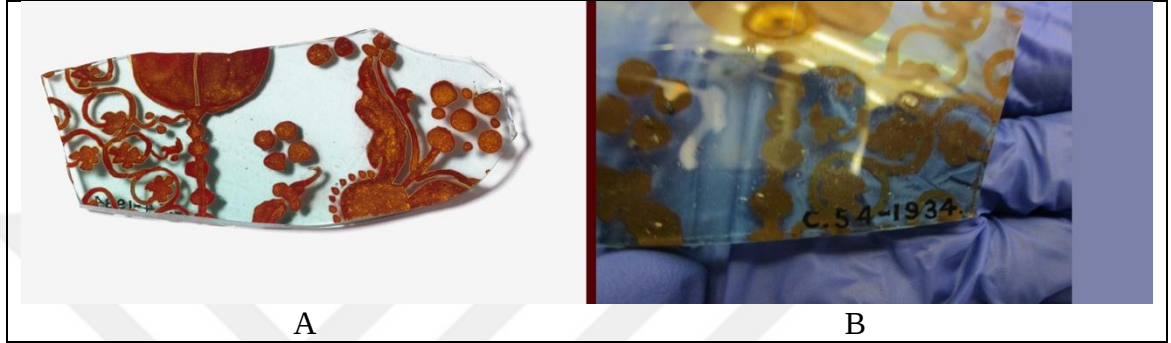
Genellikle müzelerde örneğini gördüğümüz korozyona uğramış camların ağız kısımlarında ve gövdelerinde gözle görünür yanardöner efektlere rastlarız (Şekil 7). Tarihteki cam buluntularından, macun lüsteri uygulamasının cam yüzeyinde oluşturduğu lüster efekti ile zamanla korozyon sebebiyle oluşan lüster efekti, birbirinden biçimsel olarak ayrılmanın yanı sıra, bilimsel olarak da kesin biçimde ayrılır. Bu türlü camlar Raman Rezonans Analiz¹⁹ yöntemi ile camın ne kadar aşındığı ve ayrışma derecelerini saptar, böylece korozyona uğramış camlar ile macun lüsteri efektli camlar birbirinden ayrılır (Colomban P., 2013, s. 287).



Şekil 7. Çan biçimli geniş ağızlı cam kap M.S. 4.yy, Corning Cam Müzesi Koleksiyonu, Envanter No.50.1.31

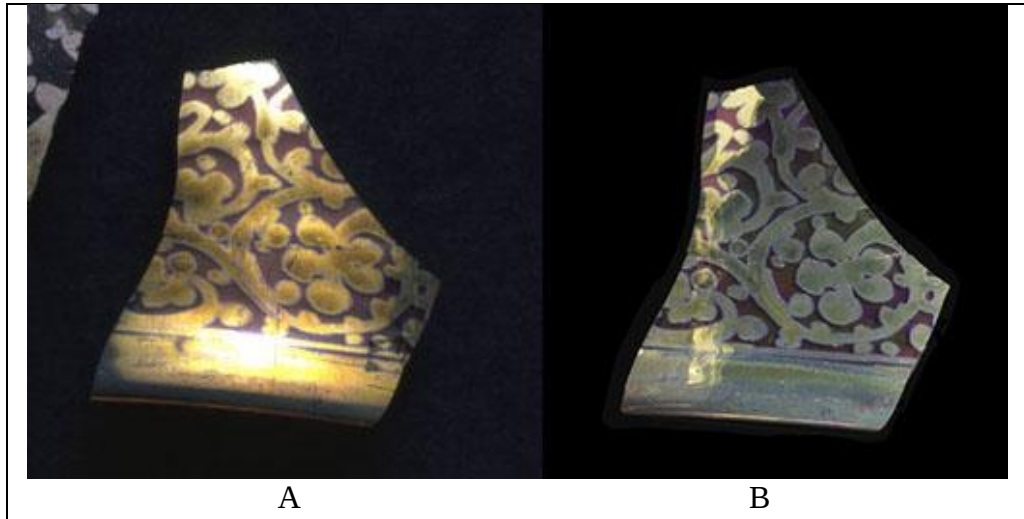
¹⁹ Raman Rezonans Analizleri son derece kapsamlı bir cam analizi teknolojisidir. Cam eserin içerdiği hammaddeleri, hammadde saflığına ve safsızlığına göre eserin orijinal olup olmadığı, karbon izleri sayesinde hangi döneme tarihlendiği, indirgen atmosferde hangi çökeltilerin oluştuğu, yüzeydeki pigmentlerin cinsi, camın aşınma ve ayrışma derecelerini vb. gibi tespit edebilir; SPR testlerinden farklı olarak altın gibi metal nano parçacıkların dağılımını da ölçebilir; 1990 yılından bu yana Raman karakterizasyonu yapılmaktaydı ancak araştırmaların kapsamı hiç bu güne kadar geniş olmamıştı (Colomban, 2013, sf. 275-300).

Cam üzerinde oluşan lüster etkisini fotoğraflamak son derece zordur; aynı cam buluntuya ait iki farklı fotoğrafta (Şekil 8A, Şekil 8B) bu fark görülmektedir. Macun lüsterinin altın yansımaları ancak doğru ışık kullanıldığında objektifte görünebilmektedir.



Şekil 8. Macun Lüsteri Dekorlu cam vazo parçası, 8-9.yy, muhtemelen Mısır veya Suriye’de yapılmış. (Victoria&Albert Müzesi, 2020)

Bir diğer örnekte macun lüsteri dekorlu cam parça farklı bir ışıktaki bu kez kırmızı kahve (Şekil 8A) olarak değil metalik yeşilimsi görüldüğü halde (Şekil 9B) doğru ışıktaki altın yansımaları lüster efekti net olarak fotoğraflanabilmiştir (Şekil 9A).



Şekil 9. Macun Lüsteri Dekorlu Vazo kırığı, 1000-1200, muhtemelen Mısır, Fatımi Dönemi. (Victoria & Albert Müzesi, 2020)

Şeffaf mor renkli cam vazo parçasının sedef görünümlü macun lüsteriyle (Şekil 10) hem içten hem de dıştan helezon bitki motifleriyle bezenmiş olduğu ve ışığa göre değişen altın yansımaları olduğu kaydedilmiştir (Victoria & Albert Museum, 2020). Lüster etkisi her zaman altın pırıltısı olarak değil, sedefsi veya ışıkla birlikte metalik etkisi değişen pırıltılar olarak da tarif edilir (Şekil 10).



Şekil 10. Macun Lüsteri Dekorlu cam kâse parçası 11-12. yy, muhtemelen Mısır. (Victoria & Albert Müzesi, 2020)

Macun lüsteri dekorunun uygulandığı camlar soda kireç silika camlarıdır. Dönemin cam teknolojisi ile cam harmanına katılan bitki külü şeffaf camlarda yeşilimsi bir görüntü oluşmasına sebep olur (Şekil 11, Şekil 12).



Şekil 11. Hurma yaprağı, geometrik ve helezon motifli cam kâse, 9-11. yy, Mısır. Ölçü: yükseklik 6,7 cm. çap 14,5 cm. (The British Museum, 2020)

Bitki motiflerinin helezon biçiminde kurgulandığına rastlanırken, geometrik desenlerin kenar suyu olarak uygulandığı ve gövdede daha büyük motiflerin devam ettiği kompozisyonlar görülmektedir (Şekil 11, Şekil 12).



Şekil 12. Macun Lüsteri Dekoru uygulanmış, helezon motifli, kalıba üflenmiş kaburgalı cam kâse örneği, 10-11. yy, Mısır

Cam yüzeyine yapılan fırça dekorlarının açıktan koyuya giden bir skalada kızıl kahverengi tonları barındırması arkeologlar açısından her zaman bu parçanın macun lüsteri dekorlu olup olmadığı ile ilgili bir heyecan uyandırır. Bu tür camlardan biri üzerinde inceleme yapan Noël Heaton, bezemenin bileşenlerini incelediğinde hammadde olarak gümüş içerdiğini tespit etmiştir, gümüş katkılı bir karışım ile bezenmiş olduğu belirlenen objenin lüster ışıltısına sahip olmadığı görülmüştür (Kröger, Nishapur: Glass of the Early Islamic period, 1995, s. 114-115). Söz konusu kızıl kahve tonlarında fırça dekorlu cam objenin lüster ışıltısı taşımaması şu şekilde açıklanabilir, obje macun lüsteri ile dekorlanmış ancak indirgen atmosferde iyon alışverişine tabi tutulmamış, bu nedende yüzeyde lüster efekti oluşmamıştır.

Macun lüsteri dekorlarının cam formların her iki yüzeyine uyguladığı örneklerin genellikle ağzı açık formlar olduğu göze çarpmaktadır. Araştırmacı Carl Johan Lamm macun lüsteri dekoru uygulanan camlar üzerinde yaptığı çalışmalarda macun lüsteri dekorunun uygulandığı yüzey ile camın diğer yüzeyinden algılanan renkte farklılık olduğunu, gölge vermek amacıyla veya farklı rengi bezeme kompozisyonunda kullanmak niyetiyle macun lüsteri uygulamasının camın hem iç hem de dış yüzeyine yapılmış olduğunu kaydeder (Lamm C. J., 1941, s. 20). Mısır'da yapılan diğer bir araştırmada ise

yalnızca dış yüzeyine macun lüsteri dekoru uygulanmış cam buluntulara da rastlanır, 8. yy'ın ikinci yarısında macun lüsteri dekorunun camın hem iç hem de dış yüzeyine uygulanmış olmasının yanı sıra bazı örneklerde camın sadece dış yüzeyine macun lüsteri uygulandığı tespit edilmiştir (Scanlon & Pinder-Wilson, 2001, s. 111,112). Macun lüsteri dekorunun uygulandığı bazı bezeme kompozisyonlarında çifte tonlama kullanılarak daha fazla derinlik etkisi verilmeye çalışıldığı kaydedilmiştir. Örneğin her iki tarafı macun lüsteri dekorlu bir cam kase örneğinde bir bitkinin sapı ve sürgünleri ile dekorun ana hatları camın dış yüzeyine çizilmiş, ancak tavus kuşunun tüyleri ve tavşanın kürkü camın iç yüzeyinde daha koyu bir tonda işlenmiştir (Scanlon & Pinder-Wilson, 2001, s. 111). Bazı macun lüsteri dekorlu cam buluntularda birden fazla renk kullanıldığı tespit edildiğinden bazı araştırmacılar bu parçaları çok renkli ve tek renkli macun lüster dekoru olarak ikiye ayırmışlardır (Pollak, 2003, s. 175).

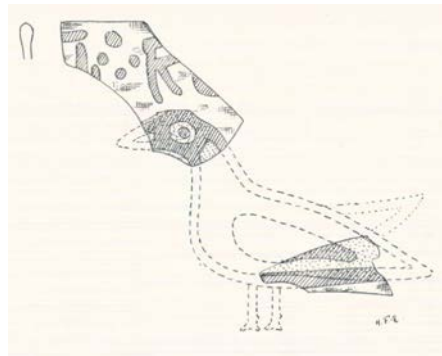
Macun lüsteri dekorlu cam örnekte (Şekil 13) her iki yüzeye de farklı motiflerle aynı kompozisyonu tamamlamak üzere dekor uygulanmıştır, helezon motiflerinin camın dış yüzeyine, yaprak motiflerinin ise camın iç yüzeyine uygulandığı görülmektedir (S.M. Goldstein).



Şekil 13. İç ve dış yüzeyine macun lüsteri dekoru uygulanmış ayaklı cam kap. 11 veya 12. yüzyıl örneği, muhtemelen Mısır. Soluk mavimsi yeşil cam, üfleme tekniği ile şekillendirilmiş. Ölçü: yükseklik 7,9 çap 8,5 cm (Khalili Collections, 2020)

Dekorların genellikle camın hem iç hem de dış yüzeyine uygulandığına dair bilgiye *Cabir'in* el yazması eserinde rastlandığı gibi (Al-Hassan Y., 2009, s. 151) çeşitli kazı buluntularındaki macun lüsteri dekorlu cam kaplar da bu bilgiyi doğrulamaktadır (Lamm C., 1941, s. 21). *Barkaby* ve *Birka* mezar kazılarında bulunan 9. yy'a ait macun lüsteri dekorlu kuş motiflerinin kullanıldığı cam objelerin tamamının hem iç hem dış kısmının macun lüsteri ile dekorlandığı ve her iki taraftan da farklı renklerin görüldüğü kaydedilmiştir (Lamm C., 1941, s. 10,21). Bu bilgiler macun lüsteri dekorlu birçok cam buluntusu için doğrulanmıştır (Victoria & Albert Museum, 2020).

9.yy.-10.yy.'a tarihlenen, *Barkaby* ve *Birka* (Mısır) mezar kazılarında bulunmuş bir cam parçanın üzerindeki kuş motifi Abbasi döneminde de sıkça kullanılmış kuş tasvirinin (Şekil 14), 10.yy-11.yy.'a tarihlenen macun lüsteri dekorlu bir cam parçası üzerindeki kuş motifi ile benzerliği dikkat çekicidir (Şekil 15). Fustat'ta örneklerine rastlanan kuş ve stilize bitki motiflerinin uygulandığı opak mürdüm rengi cam üzerine uygulanmış macun lüsteri dekorlu parçanın (Şekil 10) Fatımi döneminde (M.S. 969-1171) yapıldığı tahmin edilmektedir (Victoria & Albert Museum, 2020).



Şekil 14. 9.yy. veya erken 10.yy.'a ait bir cam parçasının üzerindeki kuş motifi. Abbasi döneminde cam vazolarda sıkça kullanılmış bir motif olduğu biliniyor. (Lamm C. J., 1941, s. 11)



Şekil 15. Kuş motifli cam parça, 10-11.yy. CMOG 55.1.154 envanter numaralı eser.

Macun lüsteri dekoru ile bezenmiş nadide parçalardan biri de üfleme tekniğiyle biçimlendirilmiş kulp aplike edilerek camdan şekillendirilmiş bir riton örneğidir (Şekil 16). Ritonlar boynuz ve hayvan başı biçimlerine benzer kaplardır ve bu kaplar tarihte yaygın olarak dini ritüellerde kullanılmıştır. Her ne kadar İslam sanatında cam ritonların nadir olduğunu söylesek de bu geleneğin izlerine 8. yy'dan 11. yy'a dek rastlanmakta, Kahire'deki Fatımi hazinelerinde örnekler bulunmaktadır. Suriye'de bulunmuş olan ve Saint Petersburg'daki Hermitage Müzesi'nde sergilenen emay süslemeli cam riton gibi farklı örneklerle de rastlanır (Du Pasquier, 2007, s. 97).



Şekil 16. Macun Lüsteri Dekorlu Cam Riton, M.S. 700-899 Muhtemelen Mısır. Cam üfleme tekniğiyle biçimlendirilmiş. CMOG 69.1.4 numaralı eser.

Arkeolojik buluntular ve müzelerdeki teşhir biçimleri ulusal kimliklerin somutlaştırılması için eşsiz mekanlardır. Macun lüsteri dekorlu camların üretim yerlerinden biri olan Samarra²⁰, Abbasi döneminde 65 yıl başkentlik yapmış bir kenttir. 1910 yılında Osmanlı İmparatorluğu’ndan alınan izin doğrultusunda 1911-1913 tarihleri arasında Samarra’da kazı gerçekleştirilmiştir. II. Abdülhamit Döneminde yapılan bu kazıda eserlerin %50’si Osmanlı İmparatorluğu’na kalacağı sözü verilir (Department of Islamic Art, 2016). Kazı başkanları Friedrich Sarre ve Ernst Emil Herzfeld’in gerçekleştirdiği, Dicle nehri kenarındaki 60 kilometrelik alanda, 19 lokasyonda süren kazı çalışmasının sonunda eserlerin önemli bir bölümü Berlin Museum für Islamische Kunst’a taşınmış, geri kalanlar ise I. Dünya Savaşı’ndan sonra (1921) Londra’ya götürülmüş, *The British Museum*, *The Victoria&Albert Museum*, *New York The Metropolitan Museum of Art*, *Museum of Fine Arts Boston*, *Cleveland Museum of Arts*, *Paris Louvre Müzesi* gibi müze koleksiyonlarına dağılmıştır. Yapılan araştırma sırasında 2021 yılında açılan

²⁰ Orijinal ismi “Sūrā men ra’ā” olan kente sonradan tarihçiler fonetik değişiklik yaparak Samarra ismini verirler. Orijinal ismin Türkçe anlamı: “Gören Sevindi”dir.

Beykoz Cam ve Billur Müzesi ve Türk İslam Eserleri Müzesi dahil olmak üzere macun lüsteri dekorlu cam örneklerin Türkiye’de teşhir edildiğine rastlanmamıştır.

Araştırmada kullanılan bazı görsellerin kaynağı olan *The Metropolitan Museum of Art*, *Sothebys* ve *The British Museum* gibi kurumlar, köklerini dayandırdıkları uygarlıkları kültürel farklılıklar üzerine inşa eden, kültürel mirası vizyon yansıtmak üzere kullanan ve ulusal kimliklerin belirleyicileri olarak görev yapan kurumlardır. Batıda müzelerin sınıflandırma sistemi coğrafya ve tarihi temel aldığı halde Batı müzeleri “İslam” adı altında bir koleksiyon kategorisi oluşturmuştur. Bu durum söz konusu dönemi tarihten kopuk, tarih kronolojisinden uzakta ve bağımsız bir kültürel sentez olarak ele alınmasına yol açar (Shaw, 2004, s. 244,245). Koleksiyonlarına aldıkları her nesne, doğunun kültür sermayesi olarak İslam’ı ön plana çıkarır, bu eserler dünyanın çeşitli müzelerinde “İslam Eserleri” koleksiyonlarında yer almaktadır. *Winkelman*, sanatı ulusal-kültürel bir ürün olarak görür. 21.yüzyılın küresel bakış açısı ile macun lüsteri dekor tekniğinin Doğunun ve İslam Sanatının kültürel bir ürünü olduğu görüşü ortaya çıkmaktadır.

2. BÖLÜM

MACUN LÜSTERİ VE UYGUN CAM TÜRLERİ

2. BÖLÜM

MACUN LÜSTERİ VE UYGUN CAM TÜRLERİ

Çalışma sıcaklıklarına göre camlar iki şekilde adlandırılır; yumuşak camlar ve sert camlar. Çalışma aralığı, soda-kireç-silikat camının ergime sıcaklığından yüksek sıcaklıklarda ise, bu bileşime sert cam denir; çalışma aralığı soda-kireç-silikat camının ergime sıcaklığının²¹ altındaysa, bu cam yumuşak bir camdır (Shelby, 2005, s. 113-114). Macun lüsteri dekor uygulaması için yumuşama sıcaklığı optimum/uygun değerde olan cam türleri Soda-kireç-silikat camları, Alkali silikat camlar, Borosilikat camlar ve Kurşunlu cam türleri olarak sayılabilir.

Macun lüsteri formüllerinin içerdiği hammaddeler iki grupta toplanmaktadır; taşıyıcılar ve renklendiriciler. Bu hammaddeleri öğütmek ve yüzeye uygulanabilirliğini kolaylaştırmak için bazı yardımcı hammaddeler de kullanılmaktadır.

2.1. Macun Hazırlamada Kullanılan Hammaddeler ve Özellikleri

Macun lüsteri teknolojisi simyagerlerin maddeyi saflaştırarak altın elde etme arayışları esnasında, metalleri altına dönüştürme deneyleri sonucu ulaştıkları önemli bir keşif olup, üretime katkı sağlayacak biçimde zanaatkârların kullanımına açılmış bir teknolojidir. Söz konusu dekor teknolojisi kadeh, vazo, kâse gibi kullanım objeleri hediyelik olarak ayrıcalıklı kesimin hayatına katılmıştır. Macun lüsterinin bileşenleri iki ana grupta incelenir: taşıyıcılar ve renklendiriciler.

2.1.1. Taşıyıcılar

Cabir ibn Hayyan'ın macun lüsteri formüllerinde taşıyıcı olarak nişadır, şap gibi bileşikler kullandığını ve bunların muhakkak bakır ve demir gibi iyon alışverişinde elzem olan elementlerle beraber kalsine ederek ve öncelikle birlikte karıştırarak

²¹ Soda-kireç-silika camının yaklaşık ergime sıcaklığı: 900-1000 °C

kullandığı bilinmektedir. Kalsinasyon işlemi gerek fiziksel gerekse kristal suyu uzaklaştırarak hammaddenin erime noktasını düşürür, molekül ağırlığını azaltır; bu nedenle taşıyıcı hammaddeler için kalsinasyon işlemi uygulanır. Araştırmacılar sırlı seramik yüzeyler üzerinde yaptıkları deneylerde, taşıyıcı hammaddelerin farklı sıcaklıklarda kalsine edilerek macun lüsteri reçetesine eklendiğinde, bunun sonucunda farklı lüster efektleri elde edildiğini kaydetmişlerdir (Yoleri, Macun Lüsteri Tekniğinin Günümüzde Uygulanması, 1998, s. 45).

Yapılan araştırmalarda sırlı seramik yüzeylere uygulanmış macun lüsteri formüllerinde taşıyıcı olarak manganez, kum, tebeşir, talk, kaolin, şarap taşı ve kil gibi hammaddeler kullanılmıştır (Yoleri, Macun Lüsteri Tekniğinin Günümüzde Uygulanması, 1998, s. 43).

Mezopotamya’da 8. yüzyılda yaşamış olan simyacı *Cabir Ibn Hayyan*’a ait Arapça el yazması eser *Kitab Al Durra Al-Maknuna* Türkçesi “Saklı Sedef Kitabı” cam yüzeylere uygulanan yüz on sekiz macun lüsteri formülünü içeren önemli bir kaynaktır. Bu kaynakta verilen formüllerde taşıyıcı olarak sıkça kullanılmış olan hammaddeler şöyledir: Manyezit, Mürdesenk, Üstübeç, Zaç, Vitriyoller ve tuzlar.

Macun lüsteri formüllerinde bulunan ve afinasyona²² yardımcı olan sülfür ve vitriyol²³ içerikleri aynı zamanda indirgeme esnasında tıpkı klor bileşikler gibi indirgeyici özelliğe de sahiptirler. Afinasyon işlemi sırasında oluşan sülfür gazları habbelerin önlenmesinde yardımcı olup, cam eriyiğinin içindeki silikanın çözünme hızını artırır ve hızlı karıştırma etkisi yaratır.

Kitab Al Durra Al-Maknuna eserinde macun lüsteri formüllerinin nasıl hazırlandığıyla ilgili çok detaylı olmasa da önemli ipuçları verecek bazı bilgiler de paylaşılmıştır. Örneğin taşıyıcı olarak NH_4Cl (Nişadır), $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2 (\text{OH})_6$ (şap) gibi bileşiklerin kullanıldığı ve bunların Cu (Bakır) ve Fe (Demir) gibi iyon alışverişine

²² Afinasyon: Cam oluşturma sürecinin ergime aşamasında camın kabarcıklarından (habbe oluşumundan) arındırılması, kimyasal açıdan homojen hale getirilmesi işlemidir. (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2013: 36) S.36

²³ Vitriyol: Herhangi bir maden sülfatı.

elverişli olan kararsız elementlerle beraber kalsine edilip birlikte karıştırarak kullanıldığına rastlanır. *Cabir*, Bakır ve Demir elementlerinin lüster oluşumunda önemli hammaddeler olduğunu ve macun hazırlanırken bu önemli elementlerin karışıma homojen miktarda dağılmasının son derece büyük önem arz ettiğini vurgulamıştır. Formüllerin hemen hemen hepsinde yer alan Demir elementinin cam kompozisyonu içerisinde koloidal²⁴ dağılma özelliği taşıdığı bilinmektedir. Koloidal dağılımın, macun lüsteri çözeltisine homojenleşme niteliği kazandırdığı; bekledikçe dipte çökelti oluşmasını önlediği ve iyon alışverişi esnasında lüster oluşumuna katkı sağladığı bilinmektedir.

2.1.2. Renklendiriciler

Renklendirici olarak adlandırılan pigmentler sedefsi, metalik lüster efektlerini oluştururlar. Bunların eritici (*flaks*) içerikli olanları “aktif pigmentler” olarak adlandırılırken, eritici içermeyenleri “pasif pigmentler” olarak adlandırılırlar. Renklendiriciler suda çözünen ve çözünmeyen metal tuzları ile Fe, Cu, Bi, Co, Mn gibi elementlerin oksitli bileşiklerinden oluşur (Yoleri, Macun Lüsteri Tekniğinin Günümüzde Uygulanması, 1998, s. 43). Macun lüsteri formüllerinde görülen temel renk verici oksitlerin nitrat ve sülfatlı bileşikleri pigmentleri pasif halden aktif hale getirir ve tanecik boyutunu düşürür, bu nedenle oksitlerin nitrat ve sülfatlı bileşikleri formüllerde tercih edilir.

Kitab Al Durra Al-Maknuna adlı el yazması eserinde Cabir Ibn Hayyan’ın formüllerinde sıkça kullanmış olduğu renklendirici hammaddeler şöyledir: Gümüş, Demir Sülfid, Demir pulu, Pirinç pulu, Hematit (kan taşı), Kobalt taşı, Demir talaşı, Kalkanit (Göztaşı), Bakır Asetat, Malakit (Bakır taşı), Sinober taşı (Cıva Sülfür). Cabir’in taşıyıcı olarak kullandığı Nişadır (Amonyum Klorür) ve Şap (Potasyum Alümina Sülfat) gibi taşıyıcı tuzlar ile demir ve bakır gibi renklendirici hammaddeleri birlikte kalsine ederek kullanmıştır. Metal tuzlarının oksitlere göre daha ince tanecikli ve aktif oldukları, dolayısıyla kolay reaksiyona girdikleri bilgisine sahibiz. Adı geçen kaynakta Cabir, “pasif

²⁴ Koloidal: “Bir maddenin kendisi için çözücü olmayan ortamda 10^{-5} - 10^{-7} boyutlarında dağılmasıyla oluşan çözeltiye koloidal çözelti denir” (Vikipedi Özgür Ansiklopedi, 2020).

pigmentleri” tuz içerikli “aktif pigmentlere” dönüştürmenin bir yolu olarak, onları bileşik haline getirmek için birlikte kalsine etme yöntemini kullanıyordu. Kalsine edilmiş ve daha ince tanecikli macun lüsteri formüllerinin daha başarılı sonuçlar verdiği birçok araştırmacı tarafından teyit edilmiştir. SPR²⁵ testlerinde de görüldüğü gibi lüster oluşumu yüzeye yakın gümüş ve bakır metal nano parçacıklarının kolloid²⁶ dağılımının ince bir tabakasında oluşur (Brunetti, Cartechini, Miliani, & Sgamellotti, 2013). *Allan Caiger Smith* sırlı seramik yüzeyine macun lüsteri uygulamalarında %40 metal bileşiği içeren formüllerin daha olumlu sonuçlar verdiğini kaydetmiştir (Smith, 2001).

Macun formülleri oluşturulurken indirgen atmosferde gerçekleşecek olan iyon alışverişi göz önünde bulundurularak hammaddelere karar verilmelidir.

2.1.3. Macun Hazırlama ve Uygulama

Macun lüsteri karışımının çözelti haline gelmesi yani; maddelerin molekül, atom ve iyonlar halinde, birbiri içerisinde homojen dağılması, ideal bir macun lüsteri için gereklidir. Bu nedenle renklendirici ve taşıyıcıların öğütülmesi için, bazı özel yardımcı malzemeler kullanılır. Amaç, indirgen ortam için iyonların aktif halde kalmalarıdır. Hammaddeler macun kıvamına gelene dek sirke ile havanda öğütülür. Öğütme işleminde taneciklerin sirke içerisinde mümkün olduğunca iyi çözünmesine ve ufalmasına özen gösterilir. Kalsine kil, okr veya kaolin gibi hammaddelerin elenmesi ve partikül boyutlarının inceltilmesi gereklidir. Macunlar asite dayanımı olan plastik kaplar içerisinde, ağzı kapalı şekilde muhafaza edilebilirler. Macunun içeriğine göre sirkenin fazla kullanıldığı kimi durumlarda, örneğin içeriğinde Bakır Karbonat gibi bir hammadde

²⁵ Yüzey Plazmon Rezonans Spektroskopisi: Surface Plasmon Resonance kelimelerinin baş harfleriyle kısaltmasından oluşturulmuş bir tabirdir (Yüzey Plazmon Rezonansı). Altının yansıttığı ışık referans alınarak, ışığın şiddetine göre elektro-optik ortamda ölçülen, moleküler düzeyde etkileşimlerin tespit edilebildiği bir optoelektronik tekniğidir. Optoelektronik tekniği: “Yarıiletken malzemelerde ışığın kuantum mekaniksel etkilerini esas alarak; yarıiletken aygıtların fiziği ve teknolojisi kapsamındaki çalışmaları içeren bir bilim dalıdır.” (Sarı, 2008). Bağlanma analizi metodolojisi kullanılarak biri hareketli, diğeri sabit moleküllerin etkileşimini tespit etmek için kullanılan optik bir tekniktir.

²⁶ Kolloid: Tanecik boyutu yaklaşık 1-1000 µm olan, bir maddenin kendisi için çözücü olmayan bir ortamda 10(üzeri -5)-10(üzeri -7) cm boyutlarında dağılmasıyla oluşan çözeltiye kolloidal çözelti denir.

varsa, macun köpürme yapabilir. Macun içeriğindeki kalın partiküller aşağı çöker ve her kullanımdan önce macunu ahşap veya aside dayanımlı plastik malzeme ile iyice karıştırmak gerekir.

Hammaddeler arasında bulunan organik ve inorganik tuzlar, (+) ve (-) yüklü iyonların elektrostatik çekim kuvvetiyle birbirini çekmesiyle oluşurlar. Tuzlar, suda molekül ve iyonlarına ayrışabilirler; ancak hammaddelerin öğütülmesi aşamasına gelindiğinde kalsine edilmiş olan metal tuzları suda çözünmediği için hammaddelere çözücü olarak bir miktar su ile seyreltilmiş asit katkısı eklenir. Hammaddeler arasındaki bileşiklerden Sülfite, Sülfat ve Nitritler asitte çözünürler; asitler, sulu çözeltilerinde H⁺ iyonu bulunan maddelerdir; ancak yapısında H⁺ iyonu bulunan tüm maddeler asit değildir. Örneğin; NH₃ bazdır.



Anyon tuzları her asitte çözünmezler; örneğin gümüş klorür seyreltik hidroklorik²⁷ asidin çökeleğidir; o halde hidroklorik asitte çözünmez. Dolayısıyla öğütme işlemi için kullanılacak asit seçilirken, macun lüsteri formülünde bulunan kimyasallarla olan reaksiyonu göz önünde bulundurulur.

Cabir ibn Hayyan'ın macun lüsteri formüllerinde yer alan hammaddelerin bazılarının soğan²⁸ suyu, bazılarının limon²⁹ suyu ile ve bazılarının ise birinci gün pırasa³⁰ suyu, ikinci gün sirke³¹ ile öğütülmesi gerektiğini belirtmiştir. Bunun yanında

²⁷ Kimyasal formülü: HCl

²⁸ Su ile reaksiyona girdiğinde sülfürik asit meydana gelir, az miktarda folik asit içerir.

²⁹ Limon, sitrik asit içerir.

³⁰ Pırasa, pantotenik asit ve folik asit içerir.

³¹ Organik asetik asit. Kimyasal formülü: CH₃ COOH.

bazı formüllerde “keskin sirke”³², “beyaz sirke”³³ ve “damıtılmış sirke”³⁴ gibi farklı çeşitlerde sirke kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Eserde bazı hammaddelerin yalnız *hummad* (kuzukulağı) veya damıtılmış sirke ile öğütülmesi gerektiği belirtilir. Söz konusu eserdeki formüllerin bazılarının çevirisini yapan *Ahmad Al-Hassan*, bitkilerin çoğunda oksalik asit³⁵ ve tannin (mazi tozu) bulunduğu için şöyle bir çıkarsama yapar: *Cabir*’in limon suyu olarak kast ettiği büyük ihtimalle *hummad al-utruj* (kuzukulağı)’dır. Unutulmamalıdır ki bu formüllerin içeriğinde bulunan tek asit, öğütme esnasında kullanılan asit değildir. Eserde çevirisi yapılmış ve bazıları denenmiş formüllerin hemen hepsinde Zaç yağı (Sülfürik asit) ve Kalkanit (Bakır taşı) gibi vitriyol çeşitleri de bulunmaktadır. Bu içerikler bitkilerde bulunan organik asitlerin ayrışması sürecine katkıda bulunan hammaddelerdir. Eserin yazıldığı 6.yy.’daki cam harmanları düşük sıcaklıklarda ergiyen soda-kireç-silika veya su camı dediğimiz kimyasal dayanımı düşük camlardan oluşmaktadır. Gerek macun lüsterindeki hammaddeler gerekse öğütülmesi için kullanılan asitli karışımlar ile meydana getirilen çözelti, o dönemin (soda-kireç-silika) cam yüzeyini oda sıcaklığında dahi aşındıracak niteliktedir. Camın aşınması sırasında kimyasal olarak gerçekleşen olay, camın içeriğindeki katyonlar ve asitler arasındaki iyon değişimidir³⁶. Nizami’nin *Cevahirnâme* isimli eserindeki (12. yy) talimatları uygulayan İranlı çömlekçi ustaları, sirke ile öğüttükleri lüster macununu bir gece bekletir; böylece bakır ve gümüş tuzları asetata dönüşür ve pişirim sırasında 240 °C sıcaklıkta kolayca iyonlarına ayrılarak lüsterin homojen dağılması sağlanırdı (Matin, 2008, s. 8).

Sırlı seramik yüzeylerde macun lüsteri üzerine çalışan araştırmacılar da macun lüsteri formüllerini öğütmek için ulaşılabilecek en müsait olan ve tatmin edici sonuçlar veren malzeme olarak sirkeyi tercih ederler. Sirke, organik bir asetik asittir; kaynama noktası

³² Keskin sirke benzoik asit içerir.

³³ Doğada şeker içeren tarım ürünlerinden doğal fermantasyon işlemiyle elde edilir. Endüstriyel çeşitleri %20 oranında asetik asit içerirken, genel amaçlı satılan ambalajlı sirke ürünleri %4-7 asetik asit, %93-96 su içeren çözeltilerdir.

³⁴ Destilasyon yöntemi. Farklı buhar basınçlarına sahip sıvı çözeltilerin birbirinden ayrılması işlemi için kullanılan teknik.

³⁵ Oksalik asit: Kuzu kulağı asidi olarak bilinir. Kimyasal formülü $H_2C_2O_4$ olup zayıf asit özelliği gösterir.

³⁶ Cam kompozisyonunda bulunan özellikle Potasyum ve bir dereceye kadar Sodyum iyonları hızlıca aşınırlar.

117,9 °C sıcaklıktadır. Araştırmacıların döneminde satışa sunulan sirkelerin içerisinde koruyucu olarak Kükürt Dioksit 170 m/L'den fazla olmamak kaydıyla bulunmakta ve standartlara göre sirke içeriğinde en fazla 10 mg/L demir, bakır ve çinko, 1 mg/L kurşun arsenik bulunabilmektedir (Budak & Güzel Seydim, 2012). Piyasada hazır bulunan beyaz sirke %4-7 asetik asit içerir (Kemal Kükrer, t.y.).

Bu tekniğin postmodern İran'da sırlı seramik yüzeylere uygulanışı hakkındaki bir araştırma, malzemenin hem yüzeye uygulanışını kolaylaştırmak hem de indirgenme/redüksiyon sırasında daha yoğun indirgen ortam sağlanması amacıyla üzüm pekmezi ve arap zankı kullanıldığını gösterir (Karimpour, 2012, s. 79,83). Üzüm pekmezi kullanıldığında macun lüsterine olan asit katkısının cinsi tartarik asittir ($C_4H_6O_6$).

Uygulama esnasında hammaddelerin öğütülmesi konusunda diğer önemli bir etken, oluşturulacak çözeltinin homojenliğidir. Macun lüsteri formüllerinde bulunan söz konusu elementlerin indirgeme aşamasına gelene dek aktif iyonlar olarak kalmaları için çözeltinin derişimi³⁷ önemlidir. Macun lüsterini oluşturan hammaddelerin tanecik boyutu ne kadar küçükse sonuç da o kadar başarılı olacaktır; en küçük tanecikli çözeltiler koloidal³⁸ olan çözeltilerdir. Ulaşılması en müsait olan nişasta, jelatin, şeker, tuz, kostik³⁹ maddelerinin çözünmüş halleri koloidal özelliktedir ve macun oluşturmada kullanılabilirler. Cam suyu olarak adlandırılan Sodyum Silikat (Na_2SiO_3) eklenerek de koloidal çözelti oluşturulabilir.

Macunun cam yüzeye tutunması ve karışımın fırça ile daha rahat sürülebilmesi için bazı malzemeler kullanılmaktadır. Bunlar: Arap zankı, gliserin, sodyum silikat, duvar kâğıdı yapıştırıcısı, glikoz şurubu, nişasta, jelatin, üzüm pekmezi ve propilen glikol gibi yardımcı malzemelerdir. Bunlar, macun kıvamında hazırlanan dekor malzemesinin

³⁷ Derişim: Bir çözeltideki çözünmüş maddenin bağl miktarının nicel olarak ifade edildiği kütlece, molce, hacimce ve sayıca incelemek için kullanılan terim; nicel değerlerin hacme olan oranı hesaplanarak çözeltinin derişimi bulunur (Vikipedi Özgür Ansiklopedi, 2020).

³⁸ “Bir maddenin kendisi için çözücü olmayan ortamda 10^{-5} - 10^{-7} boyutlarında dağılmasıyla oluşan çözeltiliye koloidal çözelti denir” (Vikipedi Özgür Ansiklopedi, 2020).

³⁹ Potasyum Hidroksit, KOH.

cam yüzeye fırça, baskı, püskürtme veya şablon gibi yöntemlerle uygulanabilmesini kolaylaştıran yardımcı malzemelerdir.

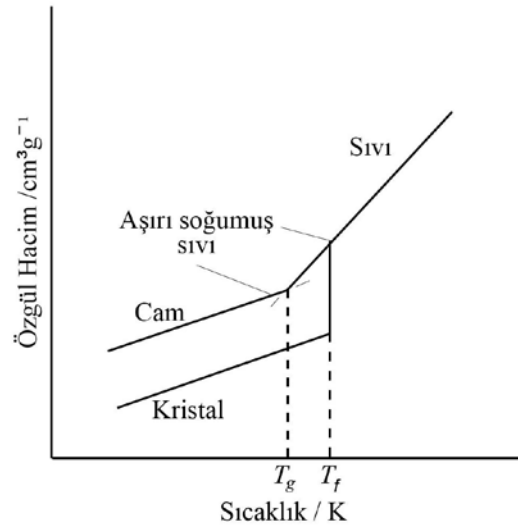
2.2. Macun Lüsteri Dekorü Uygulaması İçin Uygun Cam Türleri

Cam türleri kimyasal içeriklerine göre Silikat camlar (Alkali silikat cam, Borosilikat cam, Alümina silikat cam), Kurşunlu cam ve Özel cam türleri olmak üzere sınıflandırılabilir. Camın kimyasal bileşimlerine göre %97 – 40 arası silika⁴⁰ içeren camlara silikat camlar denir. Bu tür camlardan Borosilikat cam yaklaşık %80 – 75 oranında silika içerirken, Alkali silika camı yaklaşık %70 – 58 oranında silika içermektedir; Alümina silikat cam ise %52 – 50 oranında silika içerirken %22 – 25 oranında Alümina içerir (Arcasoy, 2004-2005) (T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, 2013). Kuvars camı ise %99,9 silika içermekte olup doğada serbest halde bulunmaktadır. Camların içerdiği kimyasal bileşimler ergime ve yumuşama sıcaklığı hakkında bilgi verir, dolayısıyla Soda-kireç-silikat camları, Alkali silikat camlar, Borosilikat camlar ve Kurşunlu cam türleri macun lüsteri uygulamaları için elverişlidir.

Viskozite değerleri, camların kimyasal içeriklerine göre farklı sıcaklıklardadır. Camın kimyasal bileşimleri aynı zamanda ışık geçirgenliği, elektrik iletkenliği, fiziksel ve kimyasal dayanımı, optik özellikleri gibi fiziksel özelliklerini de doğrudan etkiler. Başlıca cam türlerini, kimyasal içeriklerine göre sınıflandırarak, içerdikleri hammaddelere bağlı olarak kazandıkları özellikler üzerinden tanımlamak gerekir.

Cam, sıcakken kristalin fazlar ortaya çıkmadan soğutulabilen ve tersine kristalleşmeksizin tekrar sıvılaşabilen, katı fazdayken dahi kristal yapısı amorf, inorganik bir malzemedir. Cam, oda sıcaklığında katı halde iken, moleküler yapısı sert bir sıvınıninkiyle aynıdır; bu nedenle, oda sıcaklığındaki cam “aşırı soğutulmuş sıvı” olarak adlandırılır. Diğer bir tanım ise; akış kabiliyetini kaybetmiş sıvıdır (Carter & Norton, 2013, s. 389).

⁴⁰ Silika: Silisyum dioksit, SiO₂.



Şekil 17. Özgül hacim/Sıcaklık Tablosu (Brunetti, Cartechini, Miliani, & Sgamellotti, 2013, s. 2’den değiştirilerek.)

Cam malzemesinin en önemli özelliklerden bir tanesi, ısı karşısındaki davranışdır. Diğer katı malzemelerden farklı olarak cam, sıvı hale geçişi esnasında fiziksel ve kimyasal değişim basamaklarını aşamalı olarak, zamana yayarak sıvı faza dönüşür. Bu durum malzemeyi sıvı faza geçişi esnasında da şekillendirebilme olanağı sağlar. Şekil 17’te (T_g) ile gösterilen camın Dönüşüm Sıcaklığı katı halden sıvı hale geçiş sıcaklığıdır, (T_f) ile gösterilen ise camın Erime Sıcaklığıdır. Camın, Dönüşüm Sıcaklığından Erime Sıcaklığına (T_f) geçişi esnasında özgül hacmi artar. Camın ısı karşısındaki hacim değişikliği Şekil 17’de gösterilen eğrideki gibidir. Camın sıcaklıkla birlikte hacmindeki, dolayısıyla yoğunluğundaki değişim oranı “Termal Genleşme Katsayısı” ile ifade edilir (Shelby, 2005, s. 139).

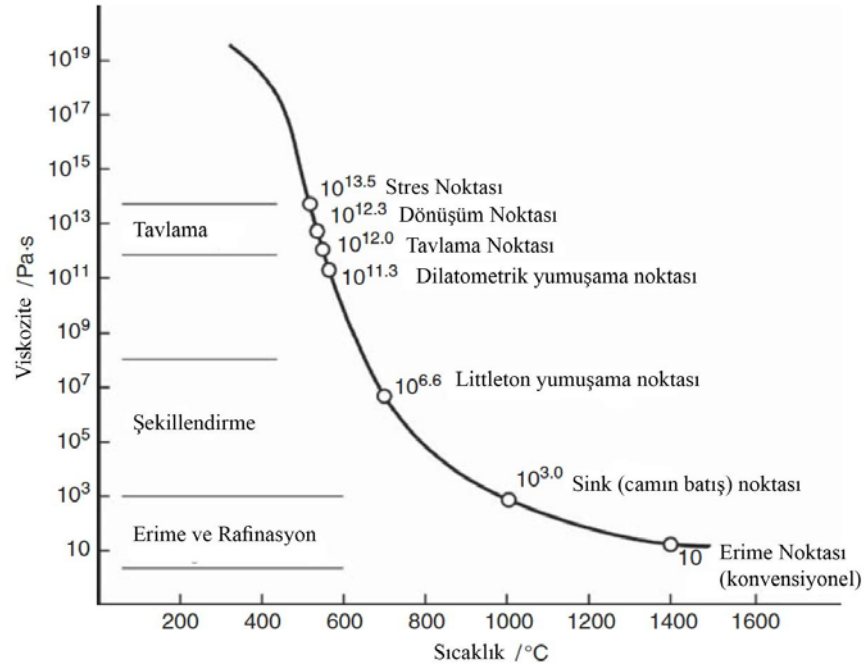
Camın soğuması sırasındaki viskozite⁴¹ değeri, eriyikteki atom hareketliliğini önemli ölçüde artırır; bu durum kristalin simetrik bir sırayla sıralanmasını artan biçimde engeller (Brunetti, Cartechini, Miliani, & Sgamellotti, 2013, s. 2). Camın oda sıcaklığında

⁴¹ Viskozite; bir sıvının akmaya karşı gösterdiği dirençtir. Camın akışmazlığını ifade etmek için kullanılır.

dahi kristal yapısının amorf olması yani bir sıvınınki gibi olması bilimsel olarak bu biçimde açıklanır. Cam, yüksek sıcaklıkta homojen bir sıvının molekülleri gibi dizilim gösterirken, soğuma sırasındaki faz ayrımları esnasında moleküller arası boşluklar oluşur (Carter & Norton, 2013, s.136). Camın soğurken gösterdiği bu özellik, moleküler dizilişin tamamen değiştiğini ve yeni bir moleküler yapıya dönüştüğünü gösterir. Diğer bir deyişle; fırında biçimlendirilmiş sıcak cam, oda sıcaklığına (25 °C'ye) soğutulduğunda tıpkı biçimi gibi moleküler yapısı da tamamen değişir; yeni moleküler yapısına uyum sağlaması için tanınan zamanı “camın tavlama” olarak tanımlayabiliriz. Aşağıda gösterilen sıcaklık/zaman çizelgesi camın ısı karşısında geçirdiği fazları anlayabilmek ve bu özelliğini avantaj haline getirmek açısından faydalı olacaktır.

Camın tavlama: Camın sıvı fazdan katı faza doğru geçişi esnasında, cam içerisinde oluşan sıcaklık farklarını eşitlemek; bir başka deyişle oda sıcaklığına soğuma esnasında camın içerisinde oluşabilecek gerilimleri gidermek için uygulanan soğutma aşamasıdır. Biçimsel olarak camın köşeleri, camın ortasından daha hızlı soğuma eğilimindedir; ayrıca camın refrakter kalıpla temas eden yüzeyleri daha yavaş soğuma eğilimindedir, bu koşullarda oluşan sıcaklık farklarının yol açtığı gerilimler, tavlama sırasında giderilir.

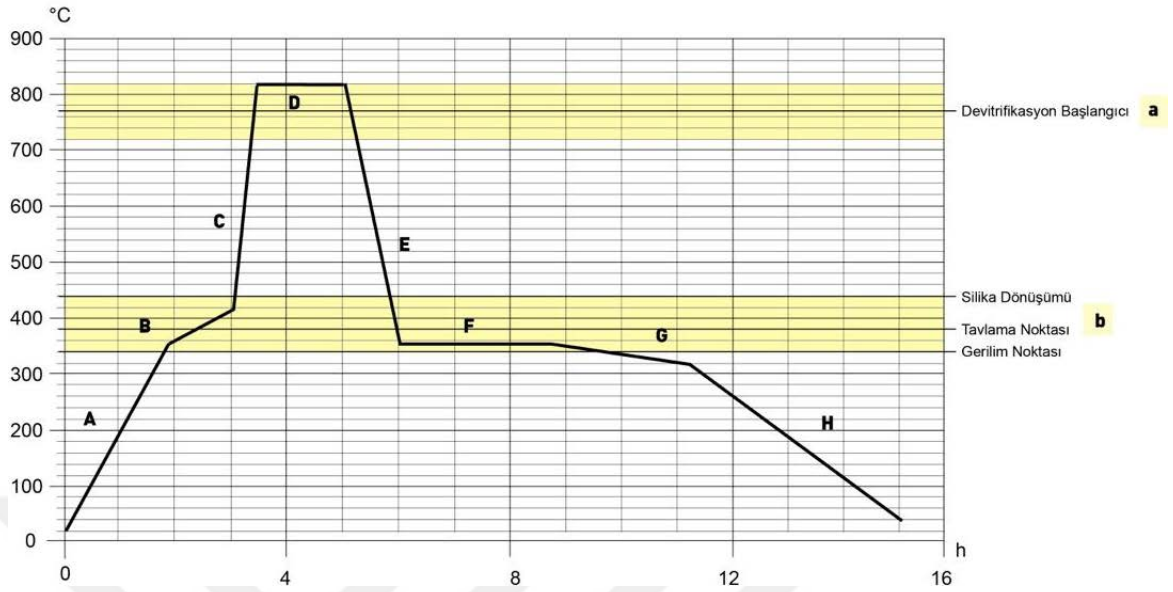
Her camın çalışma sıcaklığı, gerilim noktası, tavlama noktası, devitrifikasyon aralığı vb. gibi önemli sıcaklık değerleri değişkendir; viskoziteyi etkileyen sıcaklık değerleri camın kimyasal içeriğine göre değişiklik gösterir. Şekil 18’de camın sıcaklık karşısındaki viskozite değerleri verilmiştir. Örneğin camın viskozitesi 10^{13} iken cam tavlama sıcaklığındadır.



Şekil 18. Viskozite/Sıcaklık Tablosu (Kaynak: (Brunetti, Cartechini, Miliani, & Sgamellotti, 2013) sf.12 Figure 1.1.6.'dan çevrilerek/değiştirilerek.

Şekil 19'da bir alkali-silika camının viskozite değerleri baz alınarak oluşturulmuş grafik sıcaklık/viskozite cinsinden gösterilmektedir. Camın tavlama süresi tasarlanan projedeki camın kalınlığına, formuna ve hacmine bağlı olarak ve fırın içerisindeki koşulların durumuna bağlı olarak⁴²; tavlama, dönüşüm ve işlem sıcaklıklarında bekleme süresi uzatılır veya kısaltılır.

⁴² Örneğin fırın içerisinde fazla boş alan varsa, ısı radyal yayıldığı için cam termokuplun gösterdiği sıcaklıktan daha soğuk olabilir, içeriye fırın tuğlası konularak iklim değiştirilebilir ancak bu koşullar sağlanmadıysa diyagramda değişiklik yapılır. Cam fırının soğuk köşesine konulmuş olabilir, cam kalıplama malzemesi olarak bir yalıtım malzemesi kullanılmış olabilir, kalıp malzemesi olarak metal kullanılmış olabilir. Tüm bunlar bekleme süreleri üzerinde değişiklik yapmayı gerektirir.



Şekil 19. Sıcaklık/Zaman cinsinden İdeal Pişirim Tablosu (Bullseye Glass Co. Technical Supplement, 2009)'dan değiştirilerek

Şekil 19'da A bölgesinde gösterildiği gibi, cam belirli viskozite değerlerine gelene dek kademeli olarak ısıya maruz bırakılır; örneğin cam yumuşama sıcaklığına gelene kadar, sıcaklığın saatte 100 °C derece ile yükseltilmesi tavsiye edilir. Şekil 19'da B ile gösterilen alan silikanın modifikasyon aralığına kadar kontrollü sıcaklık artışı bölgesidir. Şekil 19'da silika dönüşümü, tavlama noktası, gerilim sıcaklığının olduğu bölge "b" ile gösterilmektedir. Cam, termal şok sıcaklığını yavaşça geçtikten ve yumuşama sıcaklığına geldikten sonra camın yüzey geriliminden dolayı tüm sıcaklığı eşitlemek için yumuşama sıcaklığında bir süre bekletilmesi tavsiye edilir. Şekil 19'da °C ile gösterilen alan, camın çalışma sıcaklığına yani çalışılan camın viskozite değeri 10^3 olana dek ani sıcaklık yükseliş bölgesidir ve işlem sıcaklığında bekleme bölgesi Şekil 19'da D ile gösterilmektedir. Bu aşamadan sonra çalışma sıcaklığına getirilen cam, şekil alması için yeterli süre verildikten sonra devitrifiye olmaması için hızla tavlama sıcaklığına indirilir, Şekil 19'da devitrifikasyon başlangıcı "a" ile gösterilmektedir. Şekil 19'da E ile gösterilen bölge, ani soğutma dediğimiz camın tavlama noktasına kadar ani sıcaklık düşüşünü gösteren bölgedir. Tavlama sıcaklığında camın yüzeyi ve içerisindeki sıcaklık farkı tamamıyla eşitlenene kadar bekletilir. Şekil 19'da gösterilen F ve G bölgesi

camın kontrollü soğutma aşaması yani tavlama bölgesidir, tavlama sıcaklığında (viskozite 10^{13}) gerektiği kadar bekleme yapılır ve gerilim noktasına (viskozite $10^{13,5}$) kadar cam kontrollü olarak soğutulur. Termal şok sıcaklık aralığı yavaşça geçilip cam içerisindeki sıcaklık farkları eşitlenir. Şekil 19’da H ile gösterilen bölge, camın oda sıcaklığına gelene dek kontrollü şekilde kademeli olarak soğutulduğu bölgedir. Bu son aşamadır, cam katı faza gelene dek oda sıcaklığına kadar kademeli olarak kontrollü olarak soğutulur. Tasarlanan projedeki camın kalınlığına ve projenin büyüklüğüne bağlı olarak, her aşamada bekleme süresi uzatılabilir.

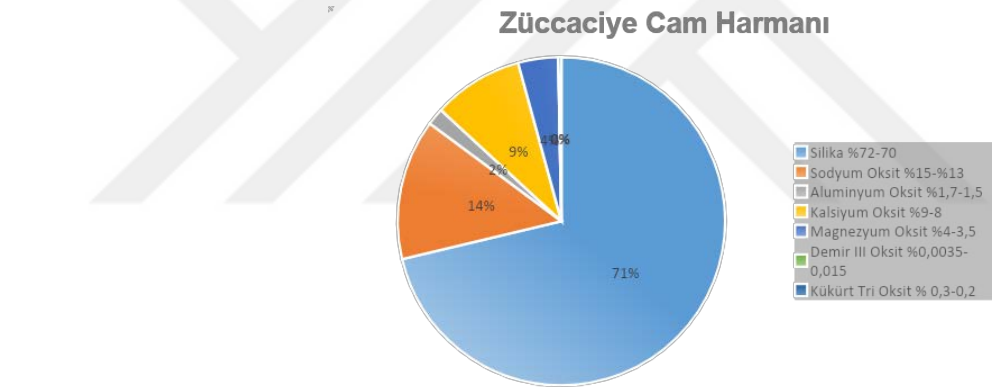
2.2.1. Alkali Silika Camları

Alkali silika camları, günlük hayatta karşımıza pencere camı ve sofraya eşyası olarak çıkar. Silikat camlarından olan alkali silika camları %70-58 oranında silika içerir, harmanın geri kalanı Sodyum (Na), Kalsiyum (Ca), Potasyum (K), Magnezyum (Mg) gibi alkali ve toprak alkali metal bileşikler katkılarında oluşturulur. Tüm alkaliler bağ kurmaya en elverişli elementlerden oldukları için doğada bileşikler halinde bulunurlar. Örneğin “sodyum” alkali metali doğada kendine en yakın mesafede bulunan kükürt veya tuza bağlandığında ve kaçınılmaz olarak havayla oksitlendiğinde, sülfat veya nitrat gibi inorganikler de bünyesinde bulundurulabilir. Bu zenginlik, cam harmanında ergime ve afınasyonu kolaylaştıran bir avantaja dönüşür. Tüm alkaliler harmana katılırken sülfat formunda katıldığında oksidasyon ve afınasyon işlemlerine yardımcı olarak da değerlendirilmiş olunur. Birçok macun lüsteri formülünde de Sülfat ve Nitrata rastlanır. Alkali grubunun kuvvetli indirgen özellikleri, lüster oluşumuna yardımcı olur. Tarihteki örneklerinde de rastladığımız gibi macun lüsteri formüllerinin uygulandığı alkali silika camlarında olumlu sonuçlar alınır.

Alkali silika cam harmanına katılan alkalilerden Sodyum, camın ergime sıcaklığını düşürür, ısı genleşmeyi artırır ancak kimyasal dayanımı düşürür; Kalsiyum ise kimyasal dayanıklılığı artırır, camın çalışma aralığını düşürür, hızlı sertleşme özelliği verir, yüksek miktarlarda harmana katılması devitrifikasyon problemine yol açar. Potasyum, ergiticidir ancak camın viskozitesini artırır, çalışma aralığını genişletir ve

genellikle kristal cam yapımında kullanılır. Magnezyum, alkalilerin arasında en az ergitici olandır, devitrifikasyon eğilimi yoktur, viskoziteyi kalsiyumdan daha fazla artırır, camı hızlı soğutur, parlaklık verir. Baryum toprak alkali elementi de cam harmanına katılan önemli hammaddelerden biridir. Harmandaki varlığı camın yoğunluğunu, kırılma indisini ve parlaklığını artırır. Baryum, camın kimyasal dayanımını artırır, viskoziteyi düşürür, sülfat ve karbonatlı bileşikler zehirlidir. Çinko Oksit, camın kimyasal dayanıklılığını artırır, viskoziteyi düşürür, habbelerden arındırır, termal şok dayanımını ve kırılma indisini yükseltir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2013).

Alkali silika camına örnek olarak züccaciye camı için yaklaşık kompozisyon; Sodyum Oksit, Alüminyum Oksit, Kalsiyum Oksit, Magnezyum Oksit, Demir III Oksit, Kükürt Tri Oksit'tir. Hammadde yüzde oranları ise Şekil 20'de gösterildiği gibidir.



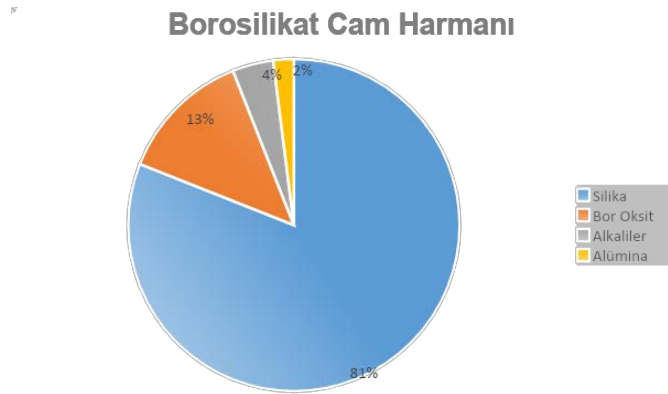
Şekil 20. Züccaciye camı için yaklaşık kompozisyon grafiği (Baran, 2021)

Bu camının yumuşama sıcaklığı 754 °C, gerilim sıcaklığı 518 °C, tavlama sıcaklığı 545 °C derece olarak saptanmıştır (Baran, 2021). Bu tür bir cam kompozisyonu içeriğindeki alkaliler indirgen atmosferde iyon alışverişi esnasında lüster oluşumunu destekler. Alkaliler arasında iyon alışverişinde en kolay ilişki kurabilen, hareket ve reaksiyon kabiliyeti en yüksek olan element Na (Sodyum)'dur. Bu özellikleriyle Na (Sodyum) elementi indirgen atmosferde iyon alışverişi esnasında aktif rol oynar. Asidik bir karışım olan lüster formüllerinin, asit karşısında düşük direnç gösteren yüksek alkali

içerikli silika camlarının yüzeylerini daha hızlı aşındırması ve lüster oluşumunda avantaj sağlamaktadır.

2.2.2. Borosilikat Cam

Camın asit ve bazlara karşı reaksiyon verme dayanımı kimyasal direnç olarak adlandırılır. Laboratuvar camları olarak bilinen borosilikat camının kimyasal dayanımı yüksek olup %96-80 arasında silika içerir. Silika camlarında, yüksek oranda kuvars içeren camların kimyasal dayanımları daha yüksek olur. Borosilikat camının kimyasal içeriğindeki Bor Oksit miktarı %12-13 civarındadır, bu oran camın kimyasal ve fiziksel dayanımını artırır ve genleşmeyi düşürür. İçeriğinde bu gibi yüksek miktarlarda silika içeren ve Bor katkısı %12-13 olan camların termal şok dayanımı yüksek, parlaklığı fazladır. Borosilikat camın habbelerden arınması için Çinko Oksit (ZnO), afinasyon işlemine yardımcı olmak için ise harmana Sodyum Klorür katılır (T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, 2013, s. 31-32). Silikanın erime sıcaklığı 1713 °C derecedir, bu nedenle oluşturulan camın erime sıcaklığını düşürmek için %10'un altında olmak üzere sodyum ve potasyum feldspatlar harmana eklenir. Feldspatla birlikte harmana katılan Alümina, kimyasal dayanıklılığı artırır, devitrifikasyon oluşumunu engeller ve camın çalışma aralığını genişletir. Şekil 21'de bir Borosilikat camın yaklaşık kompozisyonuna örnek gösterilmektedir. Borosilikat camın termal şok dayanımı alkali silika camına nazaran daha yüksektir. Macun lüsteri borosilikat cam üzerine uygulandıktan sonra indirgen atmosfer gazlı fırında oluşturulduğunda ve tavlama programı yazılmadığında borosilikat cam içerisinde stres kalması olasılığı alkali silika camına göre daha azdır.

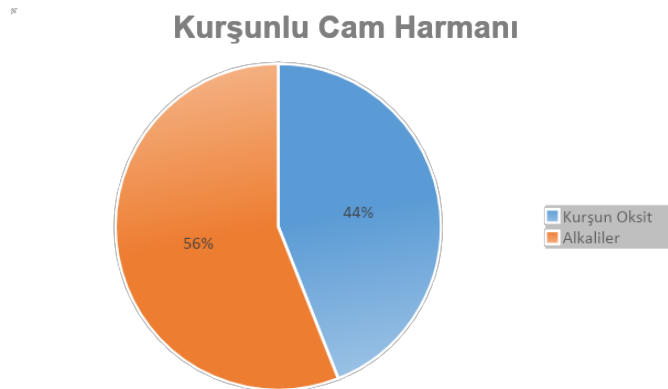


Şekil 21. Borosilikat camın kimyasal içeriğine bir örnek (DWK Life Sciences, 2020)

2.2.3. Kurşunlu Cam

Bu tür camların kimyasal kompozisyonunda %30-75 PbO (Kurşun Oksit) bulunmakta, silika yerine bazılarında yalnız alkaliler kullanılmaktadır. Bu tür camların kullanım alanları; kesme dekorlu sofraya eşyaları, dekoratif objeler, avize kristalleri, kül tablası ve vazo gibi günlük kullanım eşyalarının yapımında kullanılır. Bu tür camların optik özellikleri yüksektir.

Şekil 22’de kurşun içerikli bir cam harmanı örneği gösterilmektedir. Bu cam cinsi %44 Kurşun Oksit (PbO), geri kalan %56’lık dilimde ise alkalileri içeren bir harmana sahiptir (Croucher, 2019).



Şekil 22. Kurşunlu camın kimyasal içeriğine örnek (Gaffer, 2010)

Bu harmana sahip kurşunlu camın yarı açık ve kapalı formlar için tavlama sıcaklığı 430 °C, yumuşama noktası 594 °C ve çalışma sıcaklığı 780-850 °C derecedir (Gaffer Glass, 2010). Kurşun Oksit miktarının yoğunluğu ve içerdiği yüksek alkali miktarı, indirgen atmosferde iyon alışverişi esnasında lüster oluşumunu destekler ve macun lüsteri uygulamalarında kullanılmak üzere seçilmesi önerilir.

Kimyasal içeriklerine göre sınıflandırdığımız bu camlar şeffaf iken ışık geçirgenlikleri %92'lere kadar yüksek olabilirken, renklendirildiklerinde camların ışık geçirgenliği %2'ye dek düşebilir. Camın renklendirilmesinde kullanılan oksitlerin yüzdesi camın renginin koyu veya daha açık renkli olmasına sebep olur. Renklendirici oksitler yükseltgen ve indirgen atmosferde cama farklı renk verirler. Cama renk veren oksitler Tablo 1'de gösterilmiştir. Renkli cam yüzeylere macun lüsteri uygulandığında cam bünyesindeki renk verici oksitler ile macun formülündeki oksitler indirgen atmosferde birbirleriyle etkileşime girerler.

Tablo 1. Camı Renklendiren Oksitler Kaynak: (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2013, s. 33)

HAM MADDE	RENKLENDİRİCİ	CAM OKSİDASYON SEVİYESİ	
		YÜKSELTGENMİŞ	İNDİRGENMİŞ
Kobalt oksit	Kobalt oksit (Co_3O_4)	Mavi / mor	Mavi / mor
Krom oksit Potasyum dikromat Sodyum dikromat	Krom oksit (Cr_2O_3)	Sarı / yeşil Kurşun camında sarı	Zümrüt yeşili
Bakır oksit Bakır sülfat Bakır karbonat	Bakır oksitler (CuO) (Cu_2O)	Mavi / yeşil Mavi / yeşil	Mavi / yeşil Rubi
Demir oksit Fe_2O_3 (hematit) Fe_3O_4	Demir oksitler (Fe_2O_3) (FeO)	Sarı / yeşil -	- Mavi / yeşil
Nikel oksit NiO —yeşil Ni_2O_3 - siyah	Nikel oksit (Ni_2O_3)	Potas camında mor Soda camında bal	Potas camında mor Soda camında bal
Florspar, Kriyolit Sodyum silika, Florid	Floritler	Beyaz opal	Beyaz opal
Selenyum	Selenyum (Se)	Pembe	Pembe / bal

Camın kimyasal bileşimini oluşturan ana oksitlerin yanı sıra, varlıklarıyla önemli rol oynayan yardımcı malzemeler vardır. Örneğin Sülfatlar oksidasyon ve afinyona yardımcı olmak amacıyla cam harmanına katılmaktadır. Doğada bulunan Sülfatların içeriğinde rastlanan FeO camı yeşil-mavi renge döndürdüğü ve camın şeffaflığını bozduğu için harmana çok az miktarda katılmasına özen gösterilir. Özellikle Kalsiyum Sülfatta bulunan Demir miktarı camın şeffaflığını önemli ölçüde olumsuz etkiler (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2013, s. 31). Nitratlar cam harmanına oksidasyon sağlaması amacıyla Antimon Oksit ve Arsenikle birlikte katılırlar. Bahsi geçen her iki malzeme de macun lüsteri formüllerinde mutlaka karşımıza çıkan esas malzemelerdendir. Demir Sülfatta (yeşil kükürt, pas) bulunan yüksek Demir miktarı, karışımın koloidal olmasına yardımcı olur, indirgeme sırasında avantajlıdır ve altın tonu için gerekli kırmızı rengin oluşmasına katkıda bulunur.

2.3. Macun Dekorlu Camların İndirgen Ortamda Pişirimi

İndirgen ortamda pişirim tekniği kısaca; Oksijeni bakımından yetersiz bir ortamda oksijen iyonlarının azalması ile gerçekleşen yanma olayı olarak tanımlanabilir.

İndirgen ifadesinin kökeni, yüksek değerli oksitlerin düşük değere indirgenmesine dayanmaktadır. İndirgenme için yaratılan ortam ise oksijen bakımından yetersiz yanma ortamıdır. Oksijeni bol (yükseltgen) ortamda yanma esnasında şu olay gerçekleşir: $C + O_2 = CO_2$; karbon yakıttır, oksijen ile birleşir, karbondioksit gazı çıkar ve yanma gerçekleşir. Oksijen bakımından yetersiz indirgen ortamda ise şu olay gerçekleşir: $Fe_2O_3 + CO \rightarrow FeO + CO_2$; karbon (C) oksijene aç ajan durumuna gelir ve kararsız elementlerden Oksijen (O) çalmaya başlar ve yanma bu şekilde gerçekleşir. Bu olayın bir sonucu olarak bünyenin içerdiği MnO, PbO, CuO₂, SnO₂ gibi kararsız elementlerin oksitleri düşük değere indirgenmiş olur; gözle görülen biçimde renk değişiklikleri ve lüster efektleri bu esnada oluşur. İndirgen atmosfer en az 400 °C derece sıcaklıkta gerçekleşir; seramik pişiriminde bu sıcaklıktan sonra gözenekler açılır ve karbon içeri girmeye başlar; indirgenme esnasında alkali bileşiklerin eriticilikleri artar, erken pekişme başlar (Arcasoy, 2004-2005, s. 101).

Bağ yapılarına göre iyonik karakteri olan bileşikler lüster oluşumunda daha olumlu sonuçlar verir. Bir bileşiğin iyonik bağ oluşumuna elverişli karakterde olması için iki şart aranır; bir element 1, 2 veya 3 elektronunu kaybedebilmelidir; diğer element 1, 2 veya 3 elektronu kabul edebilmelidir (Carter & Norton, 2013, s. 42). Atomlar elektronlarını kendinde tutma becerisine göre elektronegatif ve elektropozitif olarak ikiye ayrılır. Elektronların atoma sıkıca bağlanabilmesi için atom çekirdeğinin pozitif kutuplarına yakın olması gerekir, pozitif yüke olan bu mesafe elektronun atoma olan bağını zayıflatır. Elektron kabul eden dediğimiz elektronegatiflik, elektronları kolayca kabul eden atomlar için ifade edilir, F ve Cl güçlü birer elektronegatifdir; kuvvetli elektropozitif olan Li ve Na ise kolayca elektronlarından vazgeçerler (Carter & Norton, 2013, s. 44-46). Macun lüsteri formülleri oluşturulurken, seçilecek elementlerdeki atomların elektronegatif ve elektropozitif özelliklerine göre eşit biçimde dağılması, indirgeme esnasında oluşacak başarılı lüster efektleri için son derece önemlidir.

İndirgen ortamda iyon alışverişinin maksimum fayda ile gelişebilmesi için elektron alabilen ve elektron kabul edebilen elementlere ihtiyaç vardır. Her elementin bir elektronegatiflik değeri vardır, bu değer atomlar arasındaki elektron çiftlerini çekme ve paylaşma yeteneğinin ölçüsünü gösterir, periyodik cetvelde elementlerin elektronegatiflik değerleri cetvelin sağ tarafına doğru giderek artan elektronegatiflik değerleri, cetvelin alt kısmına doğru ise azalan elektronegatiflik değerleri okunur, yani cetvelin sağ üst bölgesinde bulunan ametaller sol alt bölgede yer alan elementlere göre daha büyük iyonlaşma enerjisine sahiptir ve elektron kazanma eğilimindedirler (Usselman, Noller, & Zumdahl, 2022). Fırın atmosferinde yüksek miktarda Azot (N) ve Klor (Cl) bulunması indirgen ortamdaki iyon alışverişine katkı sağlar çünkü bu elektronegatif atomlar, cam harmanında bulunan Na, K, Ba gibi elektropozitif atomlar karşısında iyonik bağ oluşturabilecek bir eşleşim sağlarlar. Bu atomların bileşikler halinde olması özellikle renklendiricilerle oluşturdukları Bakır Klorür ve Gümüş Nitrat gibi bileşikler, cam harmanı içerisindeki Na, K ve Ba atomuyla yer değiştirerek lüster renkleri oluşumunu sağlar. Atomlar arasındaki elektronegativite farkı 2.0'dan büyük ise oluşturdukları bağ iyoniktir. Örneğin Na atomu 0,93 değerinde, elektropozitif iken Cl

atomu 3,16 değerinde yani elektronegatifdir, ikisi arasındaki değer farkı 2,23'tür, öyleyse Na ile Cl iyonik bağ oluştururlar (Usselman, Noller, & Zumdahl, 2022).

Camın ağ yapısını oluşturan oksitlerin başında gelen SiO_2 camın bünyesinde en yüksek oranda bulunan hammaddedir. Bu kararlı element indirgenme esnasında oksijenini paylaşmaz; ancak bazı elementlerin katkısıyla silika ağ yapısına hızlı difüzyon⁴³ etkisi verilerek iyon alışverişine katkıda bulunan bir eleman haline getirilebilir. Örneğin çok değerlikli Sn, Sb, Fe, Bi elementleri silika ağ yapısında çok hızlı difüzyon sağlar, böylece indirgen atmosferde bakır ve gümüş iyonlarının redüksiyonunu destekler; öte yandan bu denkleme gerek kalmaksızın çok küçük taneli H^+ molekülü, redüksiyon için tek başına idealdir çünkü iyonları doğrudan azaltabilen difüzyon özelliğine sahiptir (Colomban P., 2010, s. 109-132). İyonlaşma kabiliyetleri bakımından H^+ , Sn, Sb, Fe, Bi atomlarının macun lüsteri formüllerine olan katkısı büyüktür.

⁴³ Difüzyon: Geçişme, yayılma. Maddelerin çok yoğun ortamdaki az yoğun ortama doğru yayılmasına denir.

3. BÖLÜM

CAM YÜZEYLERDE MACUN LÜSTERİ UYGULAMALARI

3. BÖLÜM

CAM YÜZEYLERDE MACUN LÜSTERİ UYGULAMALARI

3.1. Macun Lüsteri Uygulamaları Yapılırken Alınması Gereken Önlemler

Macun hazırlama ve uygulama yöntemi konusunda alınması gereken tedbirlerin sağlık açısından önemli oluşu, bu konuyu birinci sırada ele almayı gerektirmektedir. Bu doğrultuda öncelik olarak kimyasal dayanımı olan asit eldivenleri kullanılmalıdır. Uygun eldivenin kullanılmadığı durumlarda macun ile temas, insan derisi üzerinde yoğunluğa göre birkaç gün veya hafta arasında süren yanıklar bırakır⁴⁴. Temas ettiğiniz durumlarda temashlı bölgeyi derhal bol su ile yıkamak gerekir. Özellikle Gümüş Nitrat ile temas, insan derisi üzerinde etkisi birkaç gün süren siyah noktalar oluşturur, bu noktalar temas anında değil birkaç saat sonra belirir⁴⁵.

Macun içerisinde yer alan Gümüş ve Bakır gibi ağır metaller solunumla ilgili sakıncalı durumlar oluşturur. Oda sıcaklığında dahi buharlaşabilen ağır metallerin tartımı yapılırken ve havanda öğütülürken mutlaka solunum koruyucu olarak gerekli gaz buhar ve partikül filtresi kullanmak gerekir.

Söz konusu hammaddeler nesneler üzerinde de kalıcı izler bırakır, örneğin mermer masa üzerinde çalışılıyorsa üzerine koruyucu bir örtü serilerek çalışılması önerilir. Metal kaşık gibi çelik türevi malzemeler macunla temas ettiğinde çok hızlı korozyona uğrar ve saniyeler içerisinde metal yüzeyde gözle görünen kalıcı aşınmalar oluşturur. Örneğin fırça kıllarını tutan metal yüzey çok ince bir tabakadır ve henüz ilk kullanımda macun ile temasından dolayı eriyebilir. Bu nedenle fırçaların üst kısmında bulunan metale macun değmemesi için yeterli kıl uzunluğuna sahip fırçalar seçilmelidir.

⁴⁴ Nitrik asit cilt ile reaksiyona girerek, kırmızı kahve lekeler oluşturur, cildiniz yanar ancak sinirler buna tepki vermediği için yanma yoğunluğa göre hafif düzeyde hissedilir, bazen hiç hissedilmez.

⁴⁵ Bu durumun bilimsel açıklaması ise şöyledir: Gümüş nitrat derideki tuzla reaksiyona girer ve Gümüş Klörür oluşturur, daha sonra küçük gümüş parçacıkları yeni parçalar oluşturmak için güçlü ışıktaki parçalanır. Bu gümüş parçacıklar ciltte siyah noktacıklar halinde görülür, hücreler kendini yeniledikçe leke zamanla kaybolur. Halk arasında oksijenli su olarak bilinen %40 peroksit çözeltisi kullanılarak deri üzerinde oluşan Gümüş Nitrat lekelerini yok edebilirsiniz. (Neden bazı kimyasallar ellerimizi lekeliyor? t.y.)

Son olarak macunu hazırlarken ve uygularken çevreyle ilgili sorumluluk almak adına çalışılan mekânın lavabosunda kimyasal maddelerin yer altı sularına karışmadan önce filtrelendiği bir sistem gereklidir. Böyle bir sistemin olmadığı çalışma koşullarında hammaddelerin öğütüldüğü havan içindeki tüm malzeme bir kaba aktarıldıktan sonra dibinde kalan macunu da sonuna kadar kullanmak gerekir. Çalışma alanında mutlaka kimyasal atık bidonu bulunmalı ve kalan artıklar burada biriktirilmelidir. Biriktirilen atıkları çevreye zarar vermemesi için imha edilecek tıbbi atıklarla birlikte geri dönüşüm için yetkili merciye ulaştırılmalıdır.

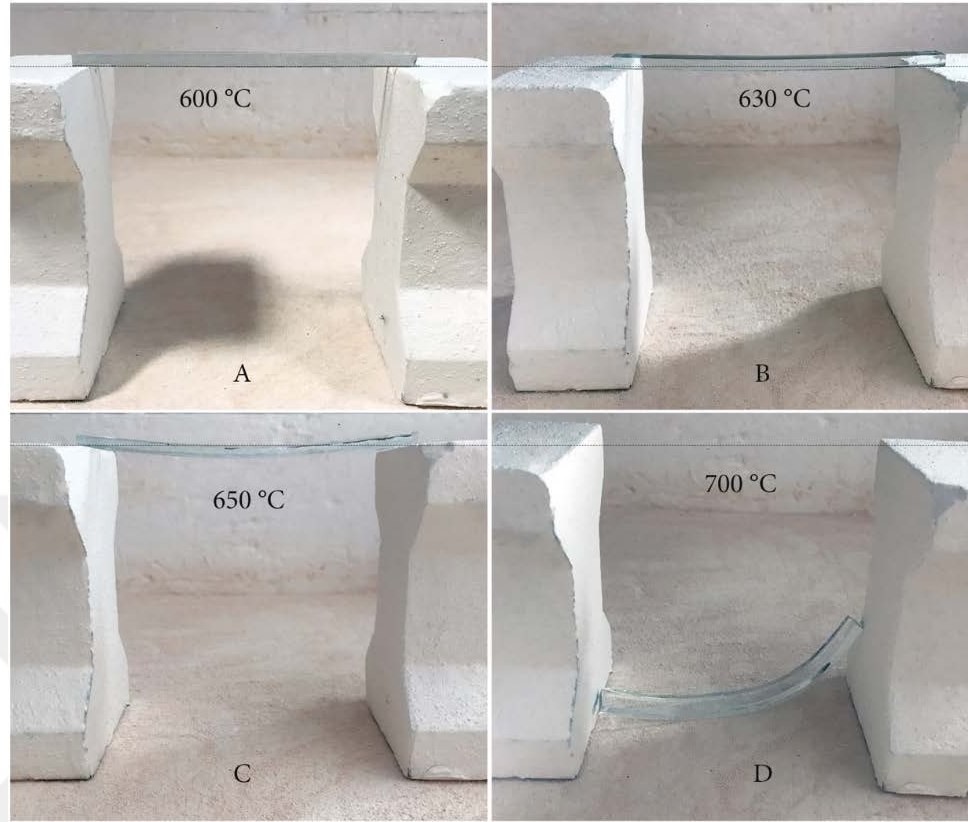
İndirgen atmosfer pişirimi esnasında da alınması gereken güvenlik tedbirleri vardır. Eğer gazlı fırında indirgeme yapılacak ortam iç mekansa ve yeterli havalandırma olanağı yoksa, gaz maskesi takılmalı ve etrafta insan olmadığı zaman fırın çalıştırılmalıdır. Ağır metallerle çalışıldığında bilinmelidir ki söz konusu zehirli hammaddeler buharlaşarak yalnız solunum yoluyla değil, gözler ve cilt gözeneklerinden de vücuda girerler. Bu nedenle yalnız gaz maskesi takmak Cıva gibi ağır metallerden korunmak için yeterli değildir. Ağır metaller vücutta yağ dokusunda birikir ve vücudun hassas olduğu bir zamanda kana karışıp kandaki Demirle yer değiştirir, vücuttaki birikimi zamanla sinir sistemi hastalıklarına yol açar. Bu nedenle macun pişirimlerinde önlem alınırken en sağlıklı yöntem doğal havalandırması olan mekanları tercih etmek ya da fırının baca açıklığına yerleştirilmiş filtreli bir davlumbaz sistemi kullanmak olacaktır.

3.2. Macun Lüsteri Uygulamaları için Seçilen Cam Türleri

Lüster uygulaması için seçilen cam türlerinden biri kesitten bakıldığında yeşilimsi, karşıdan bakıldığında şeffaf olan ve piyasada Trakya yeşili pencere camı olarak bilinen cam cinsidir. Camın kesitindeki yeşil renk, cam kompozisyonunda eser miktarda bulunan Demir Oksitten kaynaklanmaktadır. Pencere camı için yaklaşık kompozisyon; Silika, Soda külü, Dolomit, Magnezyum karbonat, Kireç taşı, rafine edilmemiş Sodyum Sülfat, cam kırığı, yüksek fırın cürufu vb. gibi maddelerden oluşur. Pencere camı her ne kadar ısıtılma işlem uygulanması niyetiyle üretilmemiş olsa da bu alanda çalışan kişiler sanat ve tasarım çalışmalarında pencere camı kullanmaktadır. Bu durum çalışma sıcaklığıyla

ilgili genel bir bilgi birikimi ve deneyim oluşturmıştır. Bu nedenlerle çalışmak için seçilen camlardan biri pencere camı olarak belirlenmiştir.

Lüster efektleri elde etmek için; macun karışımı cam yüzeyine uygulandıktan sonra, camın dönüşüm sıcaklığında (viskozite 10^{3-8}) indirgen atmosferde iyon alışverişinin sağlanması esastır. Tıpkı sırlı seramik kaplar üzerinde lüster çalışması yapan araştırmacıların, indirgeme işlemi için sırların yumuşama sıcaklığını bilme konusunda taşıdıkları hassasiyet gibi (Yoleri, Pişmiş Kıl ile İletişim, 2008, s. 95), cam yüzeyine uygulamak için camın viskozite sıcaklıklarını bilmek noktasında hassas olmak gerekir. Camın yer çekimine karşı mukavemetini kaybettiği noktayı bulmak hem tavlama sıcaklığı hem camın dönüşüm ve yumuşama sıcaklıkları konusunda bizi bilgilendirmektedir. Bu nedenle kullanılan pencere camı için yumuşama sıcaklığı saptama deneyi Şekil 22’de gösterildiği gibi yapılmıştır. Bu deney cama uygulanacak macun lüsterinin cam yüzeye batma noktasını tayin etmek ve yumuşama sıcaklıklarının lüster oluşumlarına etkilerini karşılaştırma amacı ile yapılmıştır. Deney için cam füzyon fırınında 5 mm kalınlığında, 1 cm x 10 cm ölçülerinde bir cam çubuk iki tuğla üzerine yatay şekilde yerleştirilerek camın yumuşama sıcaklığının tahmin edildiği noktalarda ısıya maruz bırakılmıştır (Şekil 22). Tahmin edilen sıcaklıkta bekleme yapılmamış, fırın kendi sıcaklığında soğuyana dek beklenmiş ve bu yöntemle camın yumuşama sıcaklığı tespit edilmiştir. Pencere camı yumuşama sıcaklığı saptama deneyi sonucunda 600 °C sıcaklıkta cam hiç eğilmezken (Şekil 23 A), 630 °C sıcaklıkta aşağı yönde (1 mm kadar) hareket etmeye başlamış (Şekil 23 B), 650 °C sıcaklıkta 4 milimetre kadar eğilmiş (Şekil 23 C) ve 700 °C sıcaklık karşısında 27 milimetre kadar eğildikten sonra tuğlalardan kurtularak düşmüştür (Şekil 23 D). Pencere Camının Yumuşama Sıcaklığı Saptama Deneyi, lüster oluşumu için yapılacak indirgen ortam pişirim sıcaklığını tayin etmek ve sonuçları yorumlamak için bir kılavuz niteliğindedir.



Şekil 23. Pencere Camının Yumuşama Sıcaklığının Saptanması

Lüster uygulaması için seçilen cam türlerinden bir diğeri ise piyasada züccaciye ürünü olarak bilinen alkali-silika camıdır. Bu camlar hazır ürün olarak satın alınmış ve üzerine dekor uygulaması yapılmıştır. Kullanılan camların yaklaşık kompozisyonu; %72-70 Silika, %15-13 Sodyum Oksit, %9-8 Kalsiyum Oksit, %4-3,5 Magnezyum Oksit, %1 diğer maddelerden oluşur. Alkali içeriği yüksek olan söz konusu camın içeriğindeki kararsız elementler indirgen atmosferde lüster oluşumunu destekler. Fabrika üretimi olan bu camın yumuşama sıcaklığı 754 °C, gerilim sıcaklığı 518 °C, tavlama sıcaklığı 545 °C derece olarak saptanmıştır (Baran, 2021).

3.3. Macun Lüsteri Formülleri

Taranan kaynaklardaki bilgiler ve macun lüsteri formülleri referans alınarak yeni lüster macunu formülleri hazırlanmıştır, bu formüller aynı zamanda araştırmalar sırasında karşılaşılan soruları yanıtlayabilmek için kurgulanmıştır (Tablo 2 - Tablo 8). (1) No.lu macun lüsteri formülü geleneksel kırmızı renkten farklı olan platin ve gümüş gibi metalik

renkli efektleri elde edilebilmek için Bakır ve Demir bileşikleri kullanılmadan hazırlanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Platin/gümüş renk efektlerini elde etmek için oluşturulmuş (1) No.lu Macun Lüsteri Formülü

(1)	
Hammadde	Miktar (gr)
AgNO ₃	1
Bi(NO ₃) ₃	2
CoO	2
Kaolin	1,5

Macun lüsteri dekor tekniği ile ilgili okunan kaynaklardan anlaşılan Kil ve Kaolin en etkili sonuçları 900 °C sıcaklıkta kalsine edildiğinde vermiştir (Yoleri, Macun Lüsteri Tekniğinin Günümüzde Uygulanması, 1998). Bu bilgiden yola çıkılarak deneylerde kullanılan kil ve kaolin 900 °C sıcaklıkta kalsine edilerek macun harmanlarına katılmıştır.

(2) (3) ve (4) No.lu Macun lüsteri formülleri (Tablo 3-5) taşıyıcı olarak kullanılan hammaddelerin renge olan etkisini ölçmek üzere oluşturulmuştur. Renk verici hammaddeler olarak Demir Sülfat, Bakır Nitrat ve Gümüş Nitrat seçilmiştir, deneyde kullanılan taşıyıcılar ise kaolin (Tablo 3), nişadır (Tablo 4) ve kil (Tablo 5) olarak belirlenmiş ve renklendirici hammaddelere aynı oranlarda eklenmiştir.

Tablo 3. (2) Taşıyıcı olarak kalsine kaolinin renge olan etkisini ölçmek üzere oluşturulmuş (2) No.lu Macun Lüsteri Formülü

(2)	
Hammadde	Miktar (gr)
AgNO ₃	1
Fe ₂ SO ₄	2
CuNO ₂	2
Kaolin	1,5

Tablo 4. Taşıyıcı olarak Nişadırın, renge olan etkisini ölçmek üzere oluşturulmuş (3) No.lu Macun lüsteri formülü

(3)	
Hammadde	Miktar (gr)
AgNO ₃	1
Fe ₂ SO ₄	2
CuNO ₂	2
Nişadır	1,5

Tablo 5. Taşıyıcı olarak Kilin renge olan etkisini ölçmek üzere oluşturulmuş (4) No.lu Macun lüsteri formülü

(4)	
Hammadde	Miktar (gr)
AgNO ₃	1
Fe ₂ SO ₄	2
CuNO ₂	2
Kil	1,5

(5) ve (6) olarak numaralandırılmış macun lüsteri formülleri (Tablo 6 ve Tablo 7) indirgen ortam pişirimi esnasında cam yüzeyin sıcaklığı ile macun lüsterinin gelişim sıcaklığı arasındaki ilişkiyi anlamak ve aradaki farkı ölçmek/değerlendirmek için oluşturulmuştur. Bakır tuzu bileşiği katkısı (5) no.lu formülde Bakır (II) Klorür (Tablo 6), (6) no.lu formülde Bakır (II) Sülfat olarak belirlenmiş (Tablo 7) ve macun lüsterinin oluşum/gelişim sıcaklığına olan etkisi/katkısının ölçülmesi planlanmıştır.

Tablo 6. Bakır Tuzu Bileşigi olarak Bakır (II) Klorür'ün Macun lüsterinin gelişim sıcaklığına olan etkisi/katkısının ölçülmesi için oluşturulmuş (5) No.lu formül

(5)	
Hammadde	Miktar (gr)
AgNO ₃	1
Fe ₂ O ₃	2
CuCl ₂	2
Kil	1,5

Tablo 7. Bakır Tuzu Bileşigi olarak Bakır (II) Sülfat'ın Macun lüsterinin gelişim sıcaklığına olan etkisi/katkısının ölçülmesi için oluşturulmuş (6) No.lu formül

(6)	
Hammadde	Miktar (gr)
AgNO ₃	1
Fe ₂ O ₃	2
CuSO ₄	2
Kil	1,5

(7) No.lu macun lüsteri formülü kurgulanırken macunun uygulanacağı cam yüzeyinde mat bir renk oluşması beklentisiyle Kalay Oksit içeren bir formül oluşturulmuştur, taşıyıcı olarak bu kez Manyezit kullanılmıştır (Tablo 8).

Tablo 8. Kalay Oksit ve Manyezit katkılı (7) No.lu macun lüsteri reçetesi

(7)	
Hammadde	Miktar (gr)
AgNO ₃	1
Bi(NO ₃) ₃	1
CuCl ₂	3
Kalay Oksit	2
Manyezit	1

3.4. Cam Yüzeye Macun Uygulaması

Cam yüzeye lüster macunu uygulanırken alınması gereken tedbirler daha önce belirtildiği gibi uygulanmıştır. Söz konusu tedbirler dikkate alınarak macun lüsteri dekor tekniğinin cam yüzeyine uygulanması için uygun bir çalışma ortamı hazırlanmıştır (Şekil 24).



Şekil 24. Macun Lüsteri Dekor Tekniği Uygulaması için hazırlanan ortam

Sağlık açısından önlemlerin alındığı çalışma ortamında önce formülün tartımı kimyasal dayanımlı eldiven ve plastik ölçü kaşığı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 25 a). Tartılan hammaddeler porselen havan içerisinde eklenmiş, üzerine zencefil ve limon sirkesi ile propilen glikol 20'şer ml kadar eklenmiştir (Şekil 25 b). Hammaddelerin öğütülmesi porselen havan içerisinde porselen havaneli öğütülmüştür (Şekil 25 c). Cam yüzeye macun uygulanması sırasında eldiven kullanılmaya devam edilerek macun fırça ile cam yüzeye uygulanmıştır (Şekil 25 d).



Şekil 25. Cam yüzeye macun uygulaması aşamaları

Lüster macunu cam yüzeye uygulandıktan sonra indirgen ortamda pişirim hazırlığı için gazlı (LPG yakıtlı) fırına yerleştirilmiştir (Şekil 26). Fırının sol kısmında bulunan delik brülör açıklığı, sağ tarafında iki tuğla üzerinde duran plaka ise fırının baca kısmıdır. Deney plakası brülöre yakın olan alt kısma yerleştirilmiştir (Şekil 26).



Şekil 26. Macun dekorlu camların gazlı (LPG yakıtlı) fırına yerleştirilmesi

3.5. Macun Dekorlu Camların İndirgen Ortamda Pişirimi

Gazlı fırın içerisinde indirgen atmosfer koşulları oluşturulurken kullanılan bileşenler, fırın yakıtı olan %70 bütan ve %30 propan gazı karışımından oluşan LPG cinsi yakıt, fırının baca açıklığı ve propan basınç⁴⁶ ayarından oluşmaktadır. Fırın ortamındaki indirgen atmosfer yoğunluğunu lambda (λ) cinsinden ölçen bir cihaz ve oksijen sondası pişirim uygulamalarında kullanılmıştır. 1.000 λ , fırın içindeki atmosferin oksijen bakımından en düşük olduğu değeri göstermektedir, bu değerin altında yanma gerçekleşmez, cihazda 1.000 λ değeri görüldüğü süre boyunca, fırın içinde indirgen atmosfer olduğu anlaşılmaktadır.

Bu cihazın işlev prensibi iki farklı gaz maddesinin oksijen parsiyel basıncının⁴⁷ karşılaştırılması ilkesine dayanır. Ölçüm elemanı rolündeki zirkonyanın kristal yapısında hatalar vardır, yani oksijen iyonlarının işgal edebileceği bazı alanlar serbesttir. 600°C'nin üzerindeki bir sıcaklıkta, bu seramik malzemenin tipik bir özelliği olarak oksijen iyonları göç etmeye başlar. Böylece ölçüm elemanı iletken hale gelir. Bu nedenle cihaz ancak

⁴⁶ LPG yakıt ile brülör arasındaki bağlantıda, propan basınç düşürücü gaz armatürü bulunur, bu armatürün üzerinde hortuma giden gazın basıncı “bar” cinsinden gösterilir.

⁴⁷ Bir hava karışımı oluşturan gazların her birinin tek başına oluşturdukları basınca parsiyel basınç denir ve gazın difüzyonu parsiyel basınç ile doğru orantılıdır. • Gazın parsiyel basıncı büyüdükçe, o karışımdaki konsantrasyonu da artmaktadır. (Koz, Mithat Ankara Üniversitesi Solunum Sistemi Fizyolojisi. Folyo no 42 Erişim Tarihi:17.08.2022) (Koz, tarih yok)

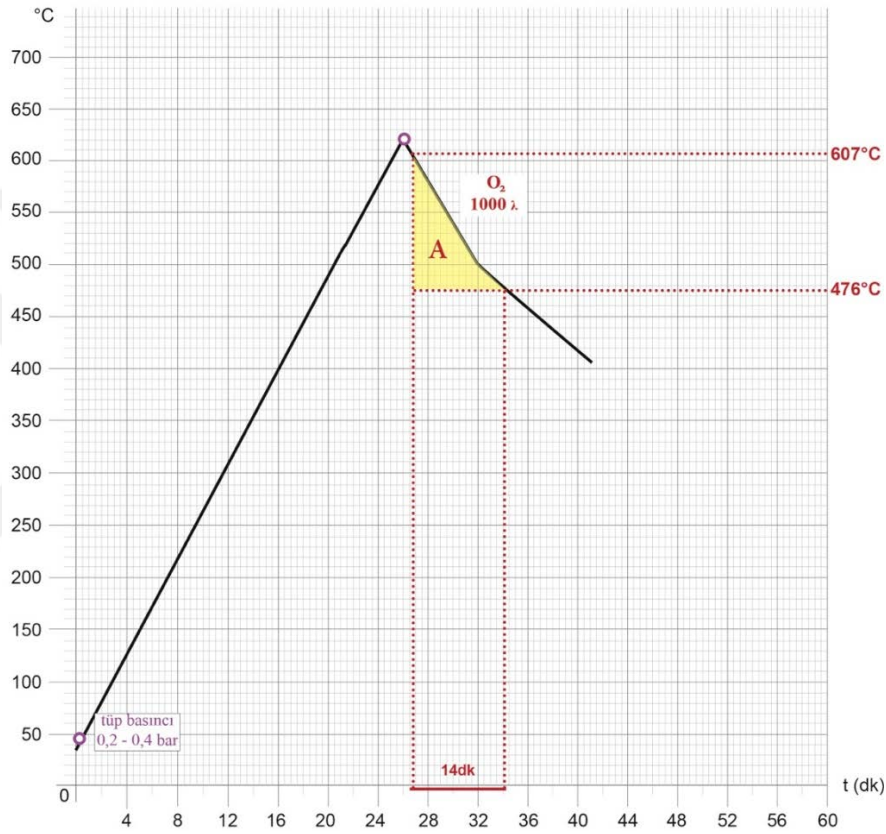
600°C'nin üzerindeki sıcaklıkta atmosferdeki oksijen miktarını ölçebilecek duruma gelir. Ancak sıcaklık düşerken 500 °C derecede cihaz ölçüme devam eder, bunun sebebi sıcaklık düşerken zirkon tabanlı malzemenin fırın atmosferinde termokuplun ölçtüğünden daha sıcak olmasıdır. Kısmi basınçları⁴⁸ karşılaştırmak için oksijen sondası, bilinen oksijen içeriğine sahip bir gazla beslenir (ortam havası: % O₂ = % 20,9), buna referans hava denir. Bu cihaz aynı zamanda ortamın sıcaklığını ölçen termokupl denilen sondayla da donatılmıştır, böylece cihaz yardımıyla sıcaklık ve oksijen yoğunluğu arasındaki ilişki aynı anda okunabilmektedir. Cihaz, ortamın oksijen yoğunluğunu lambda (λ) cinsinden hesaplamaktadır. Lambda değeri, dalga boyu veya göksel boylam olarak Türkçeye çevrilebilir ve çok karmaşık Brettshneider denklemi⁴⁹ hesaplamasının bir sonucu olduğu bilinir. Bu hesaplamayı cihaz kendisi yapmakta ve bize sunmaktadır. Lambda hesaplaması, egzoz gazlarındaki tüm Oksijen ile gazlardaki tüm Karbon ve Hidrojeni karşılaştırır. Stokiyometrik Lambda (λ) = 1.000 değerdedir. 1.050'lik bir Lambda değeri %5.0 zayıf ve 0.950'lik bir Lambda değeri %5.0 zengindir (Schrader, 2017). Kısacası cihazda 1.000 λ değeri okunduğunda fırın atmosferi oksijen bakımından ulaşabileceği en düşük seviyeye ulaşmış demektir, başka bir deyişle karbon dioksit yoğunluğu en yüksek seviyededir ve ideal indirgen atmosfer yoğunluğuna ulaşıldığını gösterir. Bu cihazı indirgen atmosfer pişirimi sırasında kullanırken cihazda 1.000 λ görüldüğünde indirgenmenin maksimumda gerçekleştiği anlaşılır. Bu bilgiler ışığında pişirim yapılırken cihazda 1.000 λ değerinin görüldüğü sıcaklık ve süre kayıt altına alınmış ve pişirim diyagramlarında belirtilmiştir.

(1) numaralı macun formülünün uygulandığı deney plakalarının indirgen ortamda pişirim diyagramı (Şekil 27) Sıcaklık (°C cinsinden) / Zaman (dk. cinsinden) 1.000 λ değerinin 607- 476 °C sıcaklıkta 14 dk. süresince gerçekleştiğini göstermektedir (Şekil 27'de A ile gösterilen alan). Sıcaklık 620 °C'ye çıktıktan sonra oksijen bakımından

⁴⁸ Dalton'un kısmi basınç kanunu: Bir hacim içerisinde bulunan ideal gazlardan herhangi birinin kısmi basıncı, o gazın aynı hacimde başka bir kaba konduğunda ölçülen basıncı anlamına gelmektedir çünkü ideal gazların molekülleri birbiriyle etkileşemeyecek kadar birbirinden uzaktır.

⁴⁹ 1979'da Dr. J. Brettshneider tarafından egzozdaki Oksijen moleküllerinin Karbon moleküllerine oranını karşılaştırarak Lambda'yı (Oksijenin Yakıt Dengesi) hesaplamak için geliştirdiği bir yöntemin sonucudur.

en yetersiz ortamı işaret eden 1.000 λ değeri 607 °C sıcaklıkta ölçülmeye başlanmış, sıcaklık düşerken 476 °C’de içeri oksijen girmeye başlamış ve değerler 1.270 λ ’dan başlayarak giderek yükselmiştir (Şekil 27). Fırının havalandırma kapağı ve bacası 400 °C sıcaklıktayken tam olarak açılmış ve içeri oksijen girmesi sağlanmıştır. Ürünleri almak için fırın oda sıcaklığına gelene dek beklenmiştir.



Şekil 27. 1 No.lu İndirgen Ortam Pişirim Diyagramı

İndirgen ortamda pişirim sonrası cam yüzeyinde, macun uygulanan bölgelerde karbon katmanı oluşur (Tablo 9B), lüster etkisinin görülmesi için bu katman suyla yıkanarak temizlenir. Sürülen macunun kalınlığı ve inceliği cam yüzeyindeki karbon katmanından da algılanmaktadır (Tablo 9B).

Deney sonucunda indirgen atmosferde macun pişirimi gerçekleşmiş ve cam yüzeyde lüster renklerinin oluştuğu gözlenmiştir (Tablo 9C). Uygulama kalınlığının renge olan etkisi ve sürülen macunun cam yüzeyindeki fırça izlerinin boya yoğunluğuna göre verdiği farklı etkiler görülmektedir (Tablo 9). Macun lüsterinin cam yüzeyde, ince

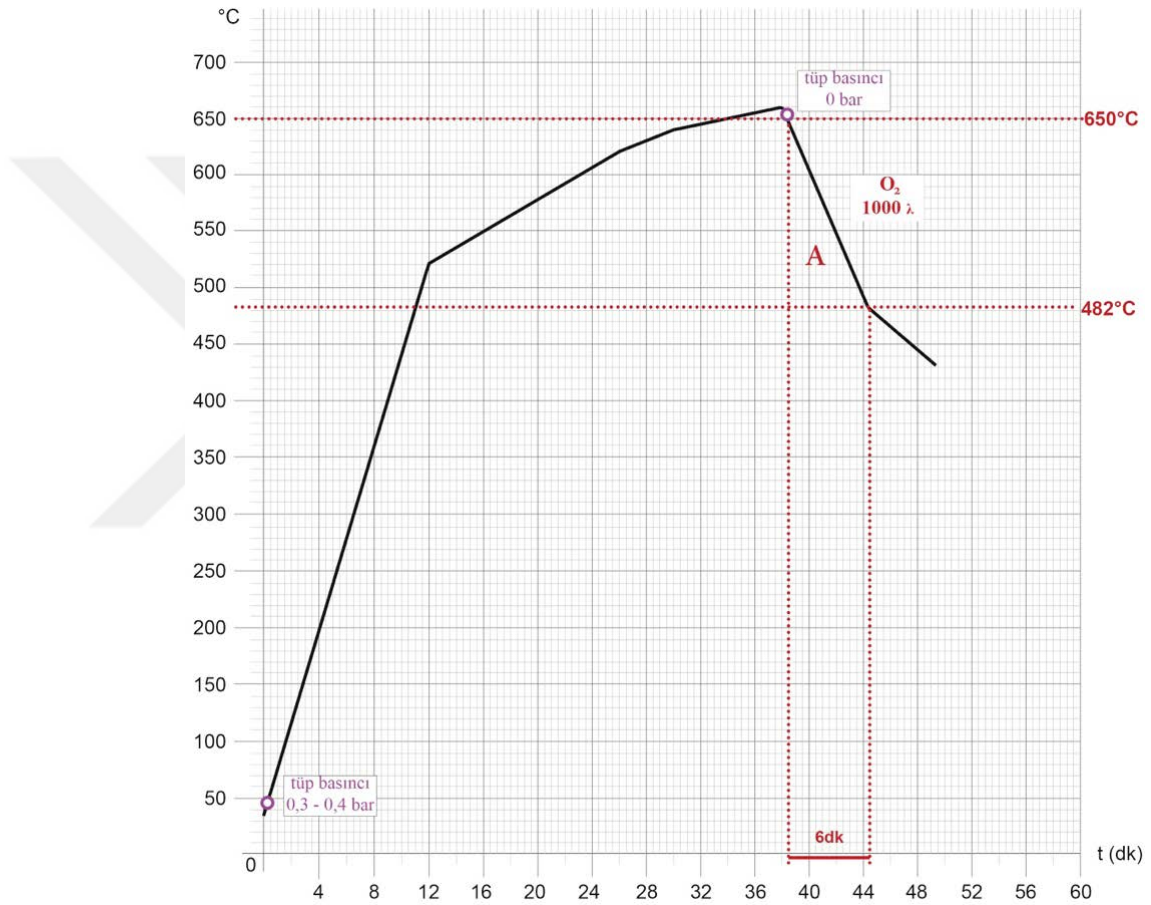
uygulanan alanlarda metalik pırıltı yoğunluğu zayıfken kalın uygulanan yüzeyde metalik pırıltı yoğunluğu daha fazladır. Uygulama kalınlığının renge etkisinin ölçüldüğü deney sonucunda (Tablo 9) macunun cam yüzeyine kalın uygulandığı alanlarda daha koyu ve güçlü lüster renk efektleri oluşurken, macunun ince uygulandığı yüzeylerde lüster renk efektlerinin daha açık olduğu gözlenmiştir. Polariskop cihazı ile stres ölçümü yapıldığında macun lüsteri katmanının kalın olduğu yüzeyde dahi stres oluşmadığı gözlenmiştir (Tablo 9D). Gözlemlere dayanarak macun lüsteri ile uygulandığı cam yüzey arasında bir gerilim oluşmadığı yani macun ile bünyenin uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 9. Macun Uygulama Kalınlığının Renge Etkisi

 A	 B
 C	 D
İndirgen Ortam Yoğunluğu: 607°C - 476 °C sıcaklık aralığında 14 dk.	

Taşıyıcı hammaddelerin lüster renk efektlerine olan etkisinin araştırıldığı deneyde Formül (2), (3) ve (4)'ün renk verici hammaddeleri olan Demir Sülfat (2 gr), Bakır Nitrat (2 gr) ve Gümüş Nitrat (1 gr) içerisine 1,5 gr olmak üzere kaolin (Tablo 3), Nişadır (Tablo 4) ve kil (Tablo 5) eklenmiştir. Formülde yer alan taşıyıcılardan Uşak

Kaolini ve Menemen Kili 900°C sıcaklıkta kalsine edilmiştir. Deney plakalarının İndirgen Ortam Pişirimi Sıcaklık Zaman Çizelgesinde (Şekil 28) görüldüğü gibi Oksijen bakımından en yetersiz ortamı işaret eden 1.000 λ değeri 650 °C - 482 °C sıcaklık aralığında 6 dk. boyunca ölçülmüş, Şekil 28’de bu aralık A bölgesi olarak gösterilmiştir.

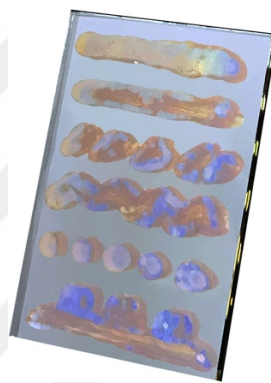


Şekil 28. 2 No.lu İndirgen Ortam Pişirimi Sıcaklık Zaman Çizelgesi

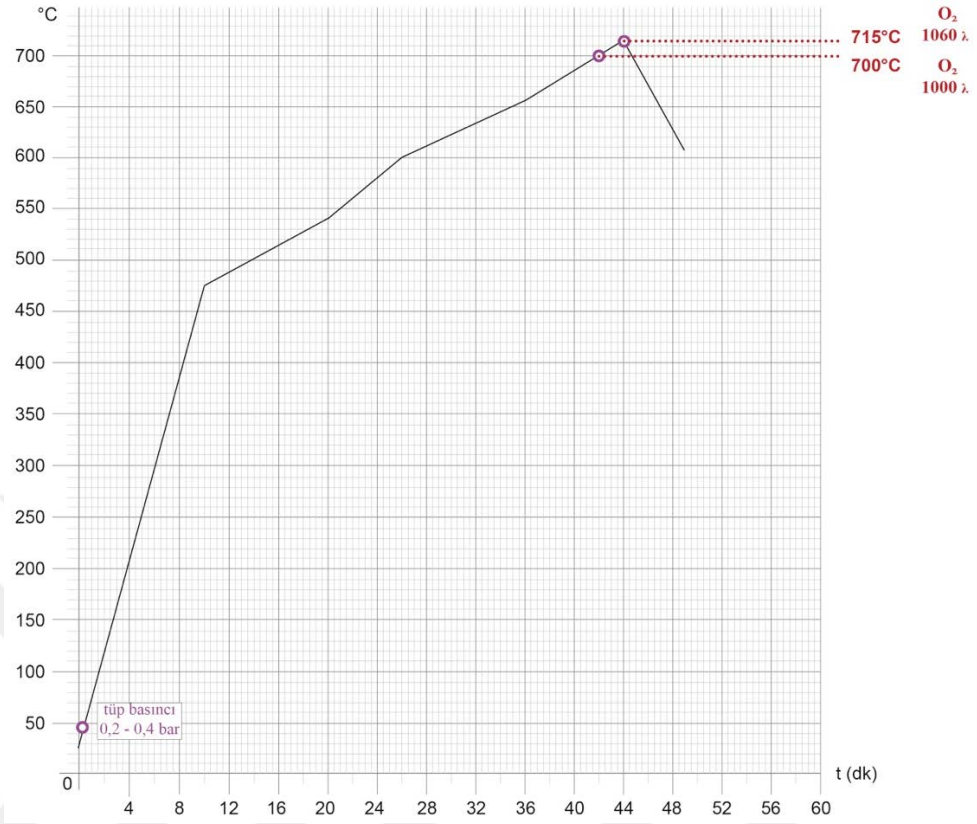
Deney sonucunda taşıyıcı hammaddelerin renge olan etkisi karşılaştırmalı olarak Tablo 10'da verilmiştir, deneyde taşıyıcı olarak kullanılan kaolin kızıl kahve renkli ve zayıf metalik efekt oluşturmuştur (Tablo 10A), taşıyıcı olarak kullanılan nişadır mor renkli metalik bir efekt vermiştir (Tablo 10B), kullanılan kil taşıyıcı ise, kızıl-gümüş renkli metalik bir efekt oluşturmuştur vermektedir (Tablo 10C). Sonuç olarak üç farklı taşıyıcının renk verici pigmentlere eklenmesiyle oluşturulan sonuçlarda formül

içerisindeki taşıyıcılar renk değişimlerine neden olmakta, literatürde renk verici sınıfında yer almadıkları halde lüster renginde değişime neden olmaktadır. Benzer olarak Tablo 2’de belirtilmiş olan (1) Numaralı macun lüsteri formülü içerisindeki Kobalt Oksit aslen renk verici bir oksit sınıfında yer almasına rağmen, yüksek sıcaklıkta geliştiği için macun lüsteri formülünde taşıyıcı hammadde olarak kullanılmıştır.

Tablo 10. Taşıyıcı Hammaddelerin Renge Olan Etkisi

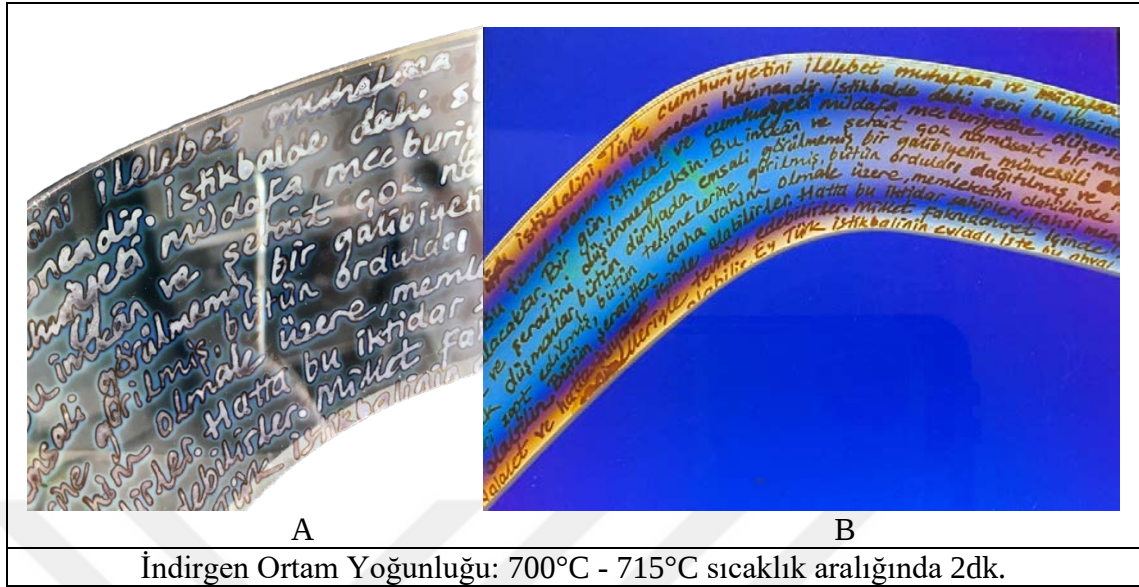
Kaolin taşıyıcı	Nişadır taşıyıcı	Kil taşıyıcı
A	B	C
		
Formül (2)	Formül (3)	Formül (4)
İndirgen Ortam Yoğunluğu: 650 °C - 482 °C sıcaklık aralığında 6 dk.		

(1) Numaralı macun lüsteri formülünün (Tablo 2) bu kez farklı yoğunluklu bir kıvamda uygulanıp uygulanamayacağı sorusu üzerine bir araştırma yapılmıştır. Öncelikle formülün kıvamı sirke ve su yardımı ile seyreltilmiş ve divit kalem ile yazılabilir hale getirilmiştir. Macun Formülü 1 cm et kalınlığında olan alkali-silika camı üzerine uygulanmıştır. Camın kalın olması nedeniyle indirgen ortam pışirimi bu kez daha yüksek 700-715 °C sıcaklıkta yapılmıştır (Şekil 29). 700-715 °C sıcaklık aralığında, 4 dakika boyunca oksijen değeri 1.000 λ olarak okunmuştur (Şekil 29).



Şekil 29. 1 cm et kalınlığındaki Pencere Camı için Uygulanan İndirgen Ortamda Pişirim Diyagramı

İndirgen ortamda yapılan pişirim sonucunda macun lüsteri efektlerinin cam yüzeyde okunur halde net olarak ortaya çıktığı gözlenmiştir (Şekil 30). Ancak yüksek sıcaklıkta indirgenme sonucunda macun lüsterinin buharlaştığı ve yayıldığı gözlemlenmiştir (Şekil 30). Formülün uygulandığı yüzeyde metalik lüster efektiyle ilgili bir kayıp yaşanmamış, macun uygulanan yüzeyin etrafına da sedefsi lüster görüntüsünün yayıldığı gözlenmiştir.

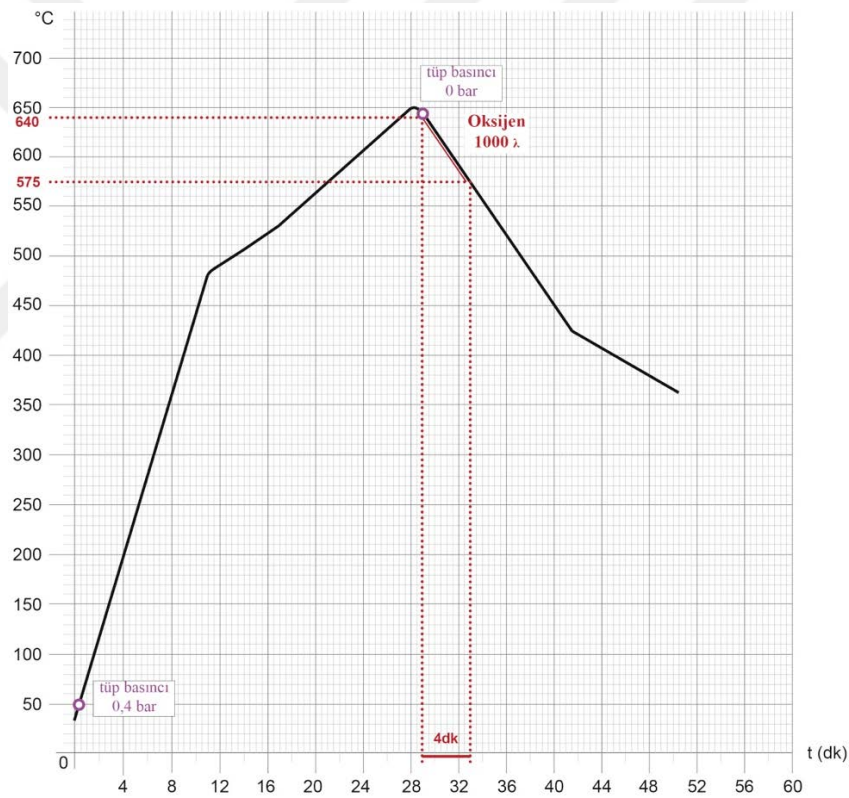


Şekil 30. Kıvamı seyreltilmiş macun lüsteri uygulanmış cam yüzey

Aynı macun formülünün [(1) no.lu formül] uygulandığı diğer örneklerde (Şekil 29, Şekil 33, Şekil 35, Şekil 36) renkle ilgili tutarlı sonuçlar gözlenmiştir (Şekil 30A). Camın kalınlığı dolayısıyla indirgen ortamda pişirim sıcaklığı yükseltilmiş ve bu durum macunun buharlaşmasına yol açmıştır (Şekil 30). 700-715 °C arasında gerçekleşen pişirimin macun lüsterinin gelişim sıcaklığının aşılmasına sebep olduğu gözlenmiştir (Şekil 30). Uygulamalar sonucunda (1) Numaralı macun lüsteri formülünün (Tablo 2) ideal gelişim sıcaklığının 600-610 °C arasında olduğu saptanmıştır. Camın et kalınlığının 1 cm olması ve gazlı fırında pişirim yapılırken tavlama programı yazılmaması sonucu cam soğurken içerisinde stres oluştuğu anlaşılmış, polariskop cihazı ile bu gerilim görüntülenmiştir (Şekil 30B).

Sırlı seramik yüzeyler üzerinde macun lüsteri formülü uygulamaları yapan araştırmacılar, sırların yapısında değişiklikler yaparak macun formülünün oluşumu ile sırların yumuşaması arasındaki senkronizasyon toleransını ayarlayabilme olanağına sahiptirler. Cam ile çalışıldığında ise hazır cam harmanı ile oluşturulan cam ürünler kullanıldığı için macun formüllerinde değişiklikler yapılarak lüsterin oluşum sıcaklığı üzerinde araştırmalar yapılabilir ve yüzey ile macun arasında ideal senkronizasyon toleransı

ayarlanabilir. Bu düşünceden hareketle macun formülünün lüsterleşme sıcaklığıyla, cam yüzeyin yumuşama sıcaklığı arasındaki ilişkiyi görmek için bir deney yapılmıştır. Bu deney için oluşturulan lüster macunu formülünde macunun gelişim sıcaklığını etkilemek için bakır tuzu/bileşiği olarak bir formülde Bakır (II) Klorür (Tablo 6) ve diğerinde Bakır (II) Sülfat (Tablo 7) kullanılmıştır. Bu formüller (5) ve (6) numaralı formül olarak (Tablo 6) ve (Tablo 7)'de belirtilmiştir. Macun camın tek yüzeyine ve değişen kalınlıklarda uygulanmıştır. İndirgen ortamda pişirim yapılarak oksijen bakımından en yetersiz ortamı işaret eden 1.000 λ değerinde 640 – 575 °C sıcaklıkları arasında 4 dakika boyunca ölçülmüştür. Fırın en yüksek sıcaklık olarak 650 °C değerini ölçmüştür (Şekil 31).



Şekil 31. 3 No.lu İndirgen Ortam Pişirimi Sıcaklık Zaman Çizelgesi

Formül No. (5)'in uygulandığı Bakır (II) Klörür kullanılan deney sonucunda lüster etkisinin fırça ile sürülen bölgenin kenarına yayıldığı ve macunun yüzeyden daha önce yumuşadığı anlaşılmaktadır (Tablo 11A). Bu durum macun formülünün iyonlaşma kabiliyetinin camın içeriğindeki hammaddelerden daha hızlı olduğu ve cam yüzeyden önce macunun harekete geçtiğini gösterir. Formül No. (6)'nın uygulandığı ve Bakır tuzu

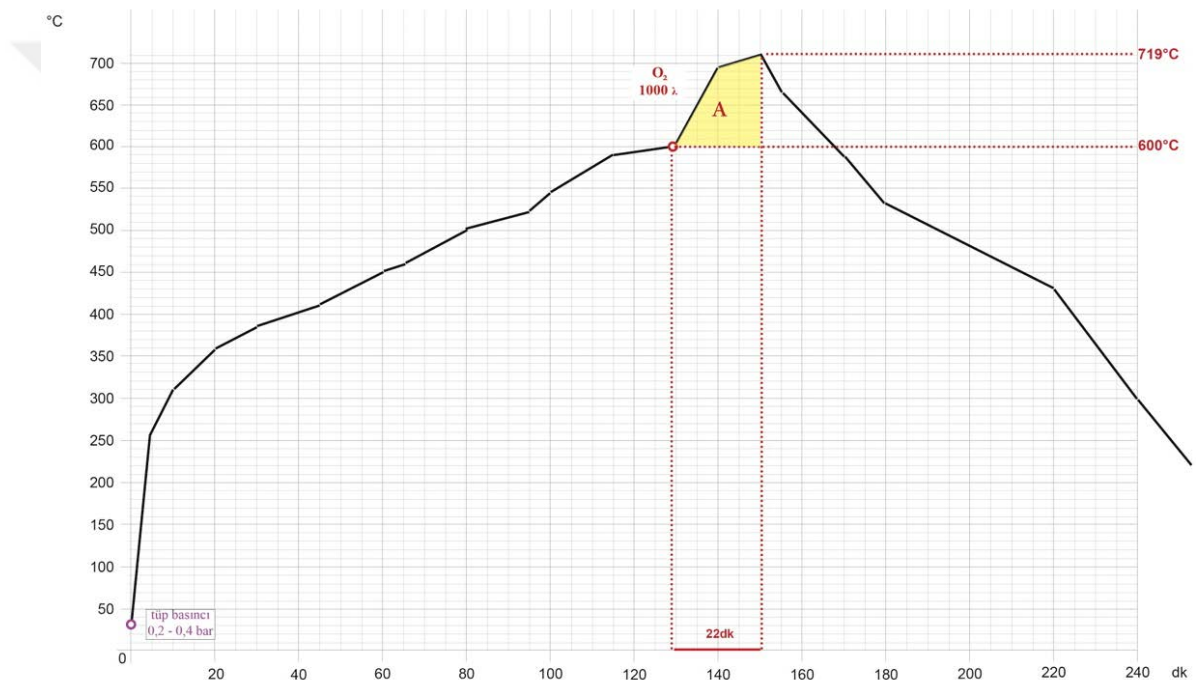
bileşiği olarak Bakır (II) Sülfat kullanılan deney sonucunda ise lüster oluşumunun fırça ile sürülen bölgenin içerisinde kaldığı ve kenarlara yayılmadığı gözlemlenmiştir (Tablo 11B). Yüzeyde lüster oluşumunun gerçekleşmesi ancak yayılmanın gerçekleşmemesi cam yüzeyin sıcaklığı ile macun lüsteri formülünün gelişim/oluşum sıcaklığıyla ilgili karşılıklı ilişkinin uyumlu olduğu ve eşzamanlı gerçekleştiğini göstermektedir. Bir başka anlatımla 640 °C sıcaklıkta oluşan indirgen atmosferde pişirim esnasında (6) No.lu macun formülünün iyonlaşma kabiliyeti ile pencere camının moleküler hareketliliği arasındaki senkronizasyon toleransı elverişlidir.

Tablo 11. Cam Yüzey ve Macun Formülünün Gelişim Sıcaklığı Farkı

A	B
	
Formül (5)	Formül (6)
İndirgen Ortam Yoğunluğu: 640 – 575 °C sıcaklık aralığında 22 dakika	

Bir sonraki deneyde macun lüsterinin yüzeye batma sıcaklığı olarak 700 °C tahmin edilmiş ve test etmek için bu deney oluşturulmuştur. 700 °C alkali silika camının yer çekimine karşı mukavemetini kaybettiği sıcaklıktır (Şekil 23). Bir Alkali Silika camı olan züccaciye camı üzerine Kalay Oksit ve Manyezit katkılı (7) No.lu macun lüsteri formülü (Tablo 8) camın her iki yüzeyine de uygulanarak 700 °C sıcaklıkta indirgen

atmosfer pişirimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 32). İndirgen ortamda pişirim yapılarak oksijen bakımından en yetersiz ortamı işaret eden 1.000 λ değerinde 22 dakika boyunca 600 – 719 °C sıcaklıkları arasında ölçülmüş ve bu bölge Şekil 32’de A ile gösterilmiştir. Fırının yan kapakları ve bacası fırın 400 °C sıcaklıkta iken açılarak içeri bir miktar oksijen girmesi sağlanmıştır. Fırın oda sıcaklığına geldiğinde kapak tamamen açılarak içerisindeki sonuçlar alınmıştır.



Şekil 32. (7) No.lu Macun Lüsteri Formülünün 700 °C sıcaklıkta indirgen atmosfer pişirimi diyagramı

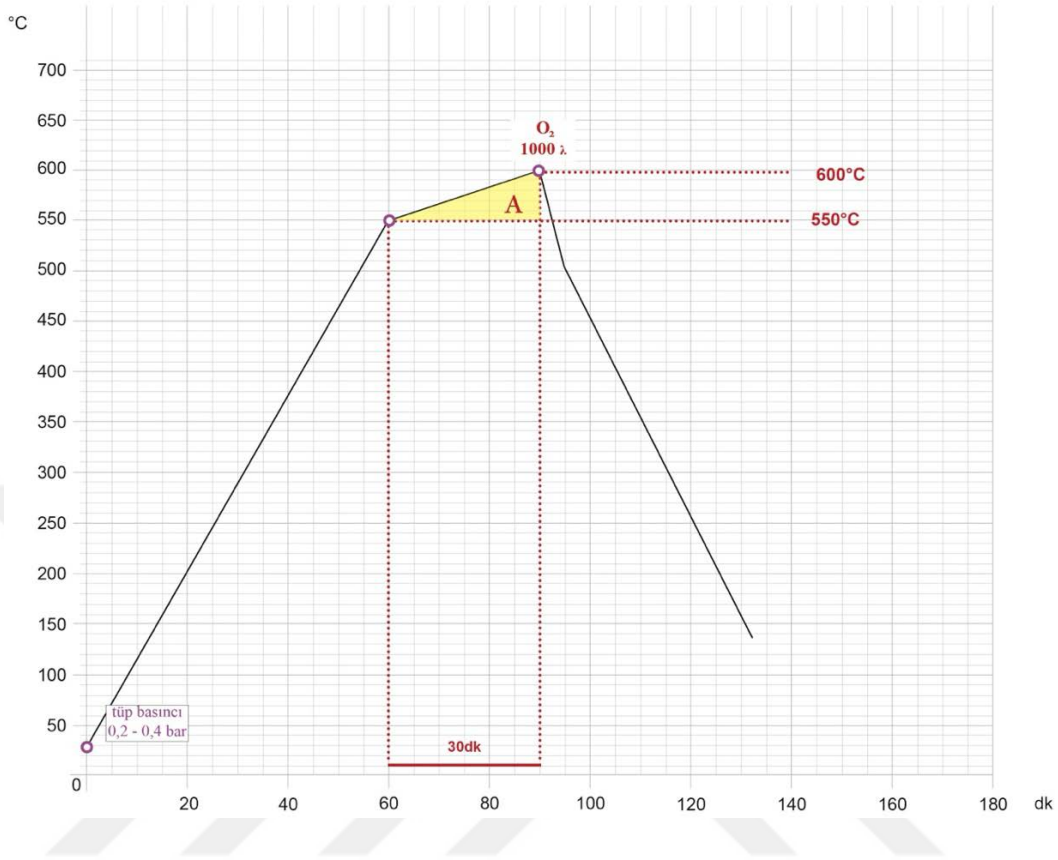
Camin her iki yönüne de uygulanan (7) No.lu macun formülü deney sonunda cam formunu kaybetmiş, macun yüzeye gömülmüş ve siyah renk oluşturmuşken lüster uygulanmayan bölgelerde buharlaşma sonucu lüster oluşumları gözlenmiştir (Tablo 12). Polariskop ile bakıldığında macun ile cam yüzey arasında bir gerilim olmadığı yani lüster

macunu malzemesinin cam ile uyumlu olduğu görölmüş, camdaki stres ölçüldüğünde ise cam içerisindeki gerilimin fazla olmadığı görölmüştür (Tablo 12C).

Tablo 12. (7) Numaralı Macun Lüsteri formülü uygulanan ve 700 °C sıcaklıkta 22 dk. indirgen atmosferde pişirimi yapılan deneyin sonucu

A	B	C
		
Formül (7) / İndirgen Atmosfer: 600-719 °C sıcaklıkta 22 dk		

Bu deneyden sonra (7) No.lu macun lüsteri formülü yine aynı cam cinsi üzerine, her iki yüzeyine de uygulandıktan sonra bu kez 600 °C sıcaklıkta indirgen ortam pişirimi gerçekleştirilmiştir. İndirgen ortamda pişirim yapılarak oksijen bakımından en yetersiz ortamı işaret eden 1.000 λ değerinde 550 – 600 °C sıcaklıkları arasında (Şekil 33) A ile gösterilen bölgede 30 dakika boyunca ölçülmüştür. Fırın tamamen oda sıcaklığına gelene dek kapağı açılmamıştır.

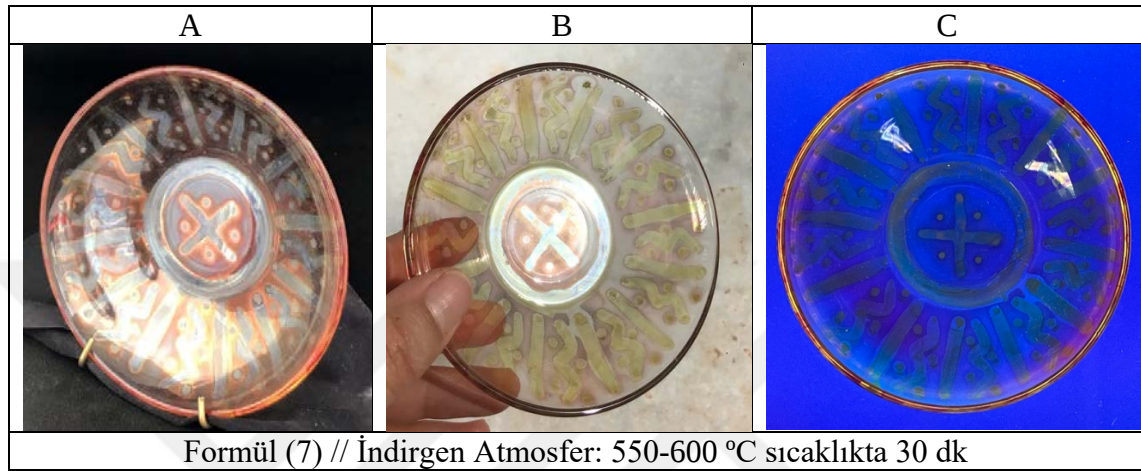


Şekil 33. (7) No.lu Macun Lüsteri Formülünün 600 °C sıcaklıkta indirgen atmosfer pişirimi diyagramı

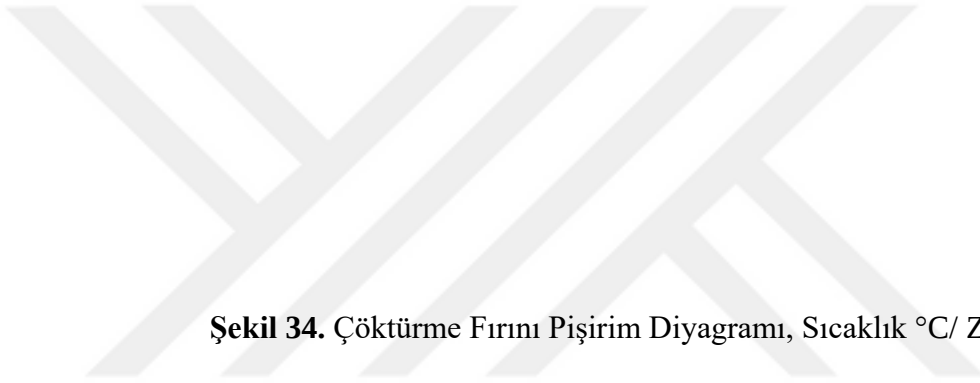
(7) No.lu Macun Lüsteri Formülünün uygulandığı ve 600 °C sıcaklıkta indirgen atmosferde pişirildiği deney sonucunda lüster oluşumu gerçekleşmiş (Tablo 13 A) bunun yanı sıra cam yüzeyine macun uygulanmamış bölgelerde de pembe renkli efektler elde edilmiştir. Macun buharlaşarak cam yüzeyde sedefsi görüntüler oluşturmuştur, macun uygulanan bölgelerde lüster efektinin yayıldığı gözlenmiştir (Tablo 13 A). Deneyde kullanılan züccaciye camının 600 °C sıcaklıkta iken moleküler hareketliliği (7) No.lu macun formülünün cam karşısındaki iyonlaşma kabiliyetinden daha yüksek olduğu sonuçlardan anlaşılmaktadır. Bu pişirimde fırının kapağı oda sıcaklığına dek açılmamıştır ve macun uygulanmayan cam yüzeyde koyu is lekelerine rastlanmıştır (Tablo 13 B). Bu deney bir sonuç daha ortaya çıkarmıştır, pişirim sonrasında fırın atmosferine bir miktar oksijen alınmadığı takdirde cam yüzeylerinde isli bir görüntü ortaya çıkmaktadır.

Polariskop ile cam incelendiğinde cam içerisinde yüksek miktarda gerilim oluşmadığı görülmüştür (Tablo 13C).

Tablo 13. (7) Numaralı Macun Lüsteri formülü uygulanan ve 600 °C sıcaklıkta 30 dk indirgen atmosferde pişirimi yapılan deneyin sonucu

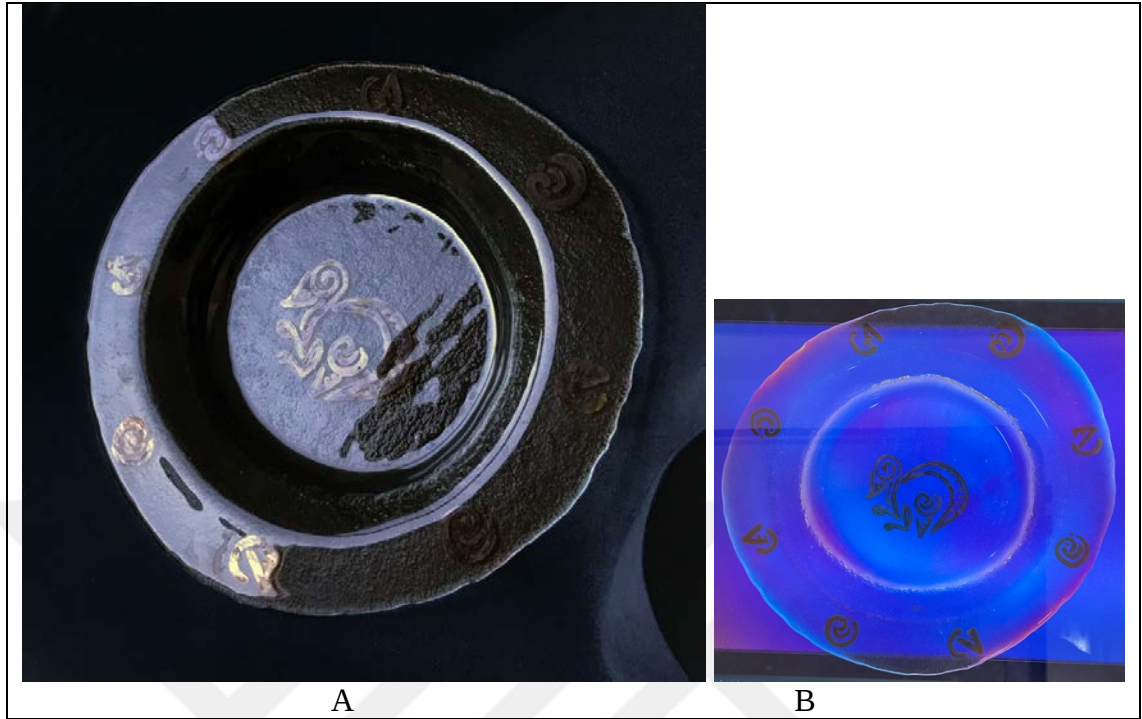


Bir sonraki uygulamada (1) numaralı macun lüsteri formülü (Tablo 2), daha önce bir kez füzyon fırınında ısıtılmış pencere camı üzerine uygulanmıştır. Bu uygulamada çöktürme kalıbı, sıkıştırılmış seramik elyaf malzemeden oluşturulmuş ve elektrikli cam füzyon fırınında çöktürme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çöktürme pişirimi için (Şekil 34), fırın 490 °C sıcaklığa 5 saatte getirilmiş, bu sıcaklıkta 20 dakika bekletildikten sonra 1 saatte 750 °C sıcaklığa gelip 10 dakika bekletilmiştir, mümkün olan en hızlı şekilde 800 °C sıcaklığa gelip 20 dakika bekletildikten sonra tavlama sıcaklığı olan 540 °C sıcaklığa mümkün olan en hızlı şekilde gelerek 1 saat bu sıcaklıkta bekletilmiş ve tavlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemden sonraki soğutma aşamaları fırının kendi soğuma süreciyle gerçekleştirilmiş ve fırın oda sıcaklığına gelene dek kapağı açılmamıştır.



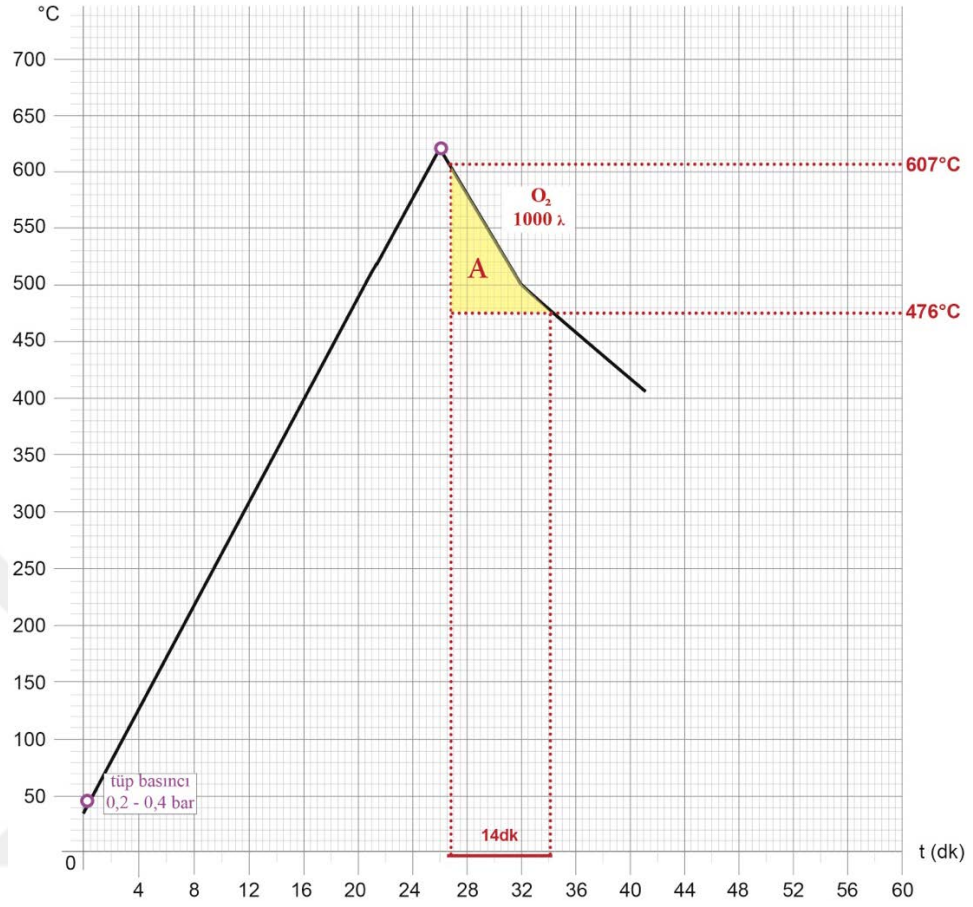
Şekil 34. Çöktürme Fırını Pişirim Diyagramı, Sıcaklık °C/ Zaman (sa)

Oluşturulan tabak formu üzerine (1) Numaralı macun lüsteri formülü uygulandıktan sonra indirgen ortam pişirimi uygulanmış (Şekil 36) ve sonuçta cam yüzeyinde istenen lüster etkileri oluşmuştur (Şekil 35A). Polariskop cihazı ile cam incelendiğinde macun ile cam yüzey arasında bir gerilim olmadığı gözlenmiş, cam tavlama olmadığı için içerisinde makul seviyede gerilim olduğu gözlenmiştir (Şekil 35B).



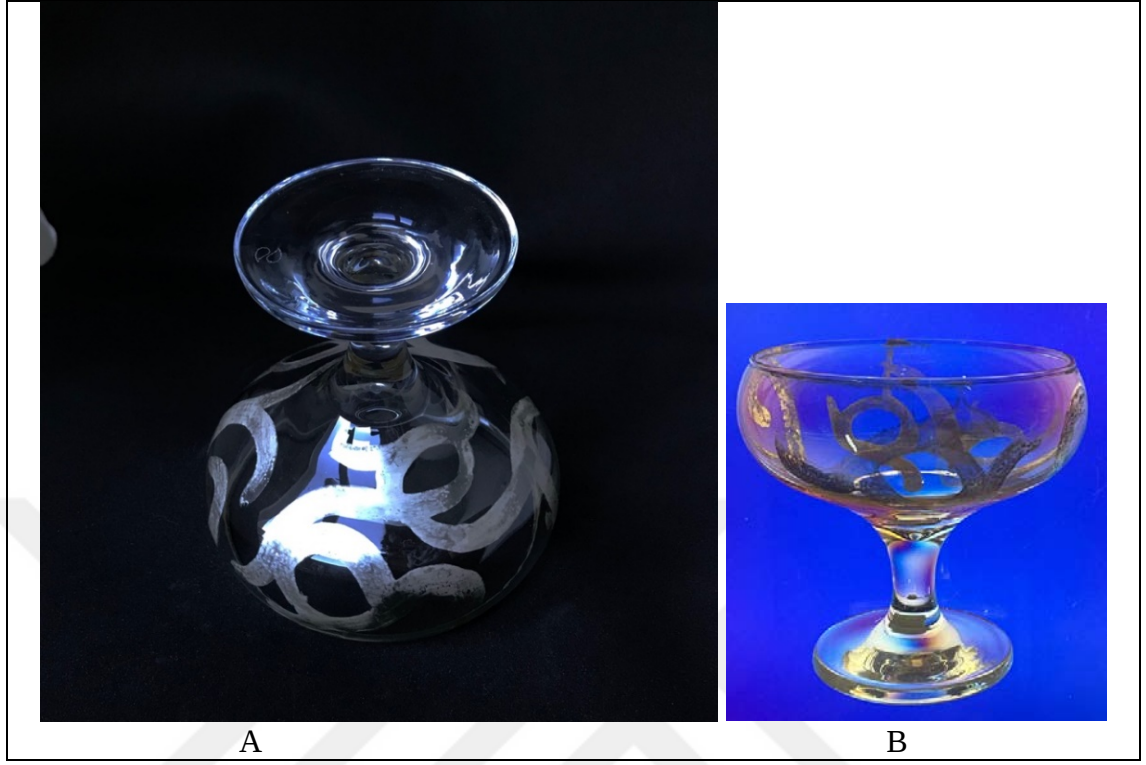
Şekil 35. Tabak formu üzerine macun lüsteri dekor uygulaması

Bir diğer uygulama et kalınlığı pencere camına nispetle daha ince bir alkali-silika camı olan ve piyasada züccaciye ürünü olarak bilinen bir alkali-silika camı üzerine (1) Numaralı macun lüsteri formülünün uygulanmasıyla gerçekleştirilmiştir. İndirgen ortam pişirimi sırasında alevlin veya dumanın forma temas etmesi – alevlin formu yalaması durumunda lüster görüntüsünde farklı bir etki olup olmayacağı sorusuna yanıt aranmıştır. Bu nedenle söz konusu camlar form bakımından dışbükey ve silindir gibi farklı form yüzeyleri olarak seçilmiştir. Üzerine macun uygulanmış formların indirgen ortam pişirimi 607-476 °C sıcaklıkları arasında 14 dakika süre ile indirgen atmosferin en yoğun olduğu 1.000 λ değeri ölçülmüştür (Şekil 36).

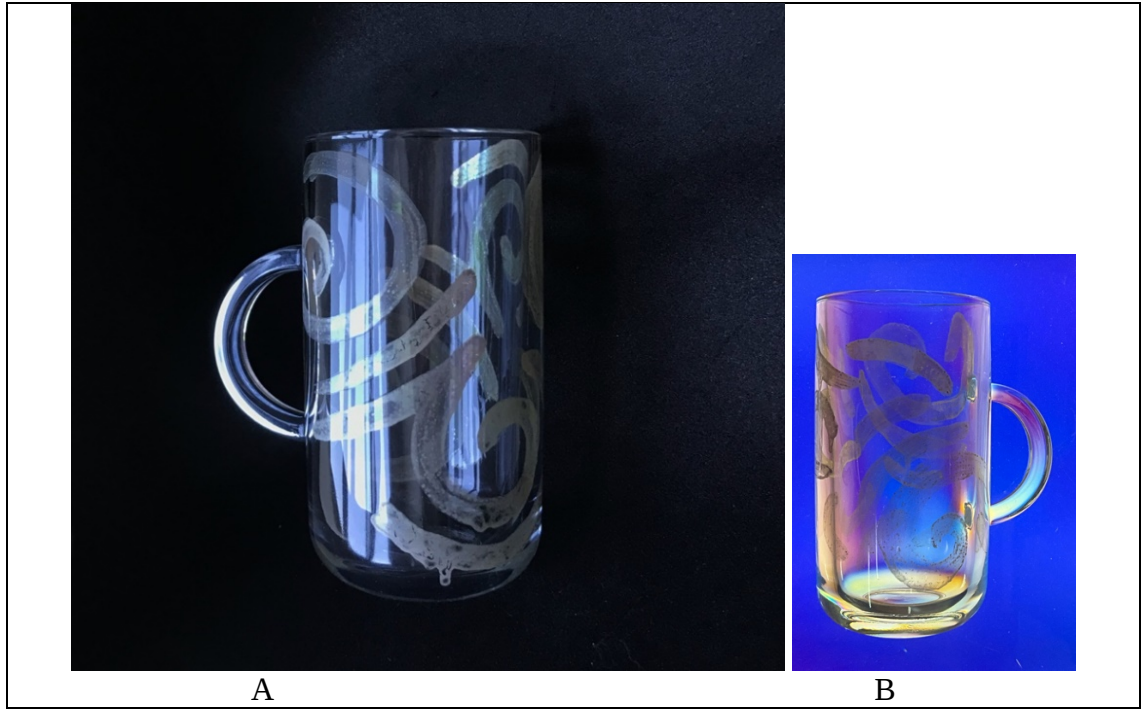


Şekil 36. (1) No.lu Formülün Uygulandığı Camlar için İndirgen Ortam Pişirimi Sıcaklık Zaman Çizelgesi

Sonuç olarak her iki formda da lüster oluşumu gerçekleşmiştir (Şekil 37 A ve Şekil 38 A), yüzeyde platin ve yeşil tonlarında sedefsi renkler oluşmuştur, sonuçların renk ve lüster oluşumuyla ilgili aynı olmasa da birbirine çok benzeyen etkiler taşıdıkları görülmüştür. Aynı macun formülünün uygulandığı ve aynı fırında pişiriminin gerçekleştiği deneyin sonuçları olan Şekil 35’de oluşan pencere camı üzerindeki lüster efekti ile Şekil 37 A ve 38 A’da oluşan züccaciye camı üzerindeki lüster efektinin birbirlerinden farklı olduğu gözlemlenmiştir. Lüster efektleri kendisi de yansıma oluşturan bir malzeme olan cam yüzey üzerine uygulandığında ancak üzerine gün ışığı yansıdığında sedefsi pırıltılar net şekilde görünebilir. Silindirik ve dış bükey formlar üzerine uygulanan lüster dekoru, ışığın yansıdığı alanlarda metalik ve sedefsi efektlerle kendini göstermiştir (Şekil 37 A -Şekil 38 A).



Şekil 37. Dışbükey bir form yüzeyine macun lüsteri dekor uygulaması



Şekil 38. Silindir bir form yüzeyine macun lüsteri dekor uygulaması

Polariskop cihazı ile sonuçlar incelendiğinde macun formülü ile cam arasında stres/gerilim oluşmadığı anlaşılmıştır (Şekil 37 B - Şekil 38 B). Cam yüzeyinde ise ince cidarlı bölgelerde stres/gerilim makul seviyelerde iken camın kalın cidarlı alanlarında yüksek miktarda stres/gerilim gözlenmiştir (Şekil 37 B - Şekil 38 B).



SONUÇ

Sekizinci yüzyıldan itibaren cam yüzeylere uygulanmış macun lüsteri formüllerinden yola çıkılarak güncel ve uygulanabilir macun lüsteri formülleri bu tez çalışması sonucunda geliştirilmiştir. Geliştirilen macun lüsteri formülleri alkali-silika camlarından olan pencere camı ve dekoratif cam objeler üzerinde uygulanmış ve sonuçları paylaşılmıştır.

Yapılan önceki araştırmalar tarandığında macun lüsteri dekor tekniğinin uygulandığı eserlerin yüzeyindeki metalik nano parçacıkların incelenmiş olduğu hangi elementlerin, hangi miktarlarda, hangi katmana tutunarak bu görüntüyü vermiş olduğu ve lüster için kullanılan hammaddelerin değişmediği anlaşılmıştır. Deneye ve gözleme dayanan veriler ışığında yüzyıllar önce geliştirilmiş olan bu teknoloji, kendinden sonraki yüzyıllarda yazılan kaynaklardaki tariflerin içeriği ve uygulanaşı önemli değişimlere uğramadan günümüze kadar devam etmiştir. Günümüz imkân ve teknolojiyle bu formüllerin içeriklerindeki hammaddelere daha kolay ulaşabilmekte, hammaddelerin içerdiği nem oranını belirleyebilmekte ve hammaddelerin öğütülmesi konusunda yüzyıllar öncesine göre daha avantajlı olabilmekteyiz. Tüm bunların yanı sıra söz konusu kimyasalların sağlığa zararlı etkilerinin farkına varılması nedeniyle, koruyucu önlemlerin geliştirilmesi araştırmacılara belirgin bir avantaj sağlamaktadır. Dahası pişirim atmosferindeki oksijen miktarını ölçen cihazlar sayesinde, indirgeme esnasında fırın içi oksijen miktarının kayıt altına alınabiliyor olması, çalışmayı tesadüflerin oluşturduğu küçük sürprizler platformundan, bilimsel yaklaşımın oluşturduğu pozitif bilim platformuna taşımaktadır. İndirgeme fırınında oluşan atmosfer, bu araştırmada kayıt altına alınmıştır. Bundan önce macun lüsteri ile ilgili yapılmış olan araştırmalar tarandığında fırın içindeki oksijen miktarını ölçen bir cihaz kullanıldığına rastlanmamıştır.

Şimdiye dek taranan kaynaklarda macun lüsteri formüllerinde taşıyıcı hammadde olarak adlandırılan kil, kaolin vb. gibi hammaddelerin renk verici özellikleri olup olmadığı konusunda yapılan araştırmada varılan sonuçlardan biri olarak taşıyıcı hammaddeler renk verici hammaddelerle birlikte kullanıldıklarında lüster rengine değişime neden olmakta ve renk verici etki göstermektedirler. Renk verici hammadde

sınıfında yer alan Kobalt Oksit ise, yüksek sıcaklıkta gelişmesi nedeniyle lüster formülüne katıldığında renk verici olmanın yanı sıra taşıyıcı hammadde olma görevini de üstlenmektedir. Ayrıca renklendirici özelliği de olan Demir bileşiklerinin karışımında koloidal dağılma özelliğine sahip oluşu, onu hem renklendirici hem taşıyıcı olarak kullanılmasına olanak tanır. Dolayısıyla renk verici ve taşıyıcı olarak sınıflandırılan hammaddelerin kesin ve net bir görev tanımının yapılması mümkün olmayıp, bu görevin koşullara bağlı olarak geliştiği anlaşılmaktadır.

Macun lüsterinin cam yüzeye uygulanmasıyla ilgili yazılmış sınırlı sayıdaki kaynaklarda indirgen ortam ve sıcaklık arasındaki ilişki konusunda detaylı bilgiye rastlanmaz. Cabir ibn Hayyan'ın döneminde muhtemelen macun lüsteri cama uygulandıktan sonra cam, tavlama bölümünde bekletilip ısıtıldıktan sonra aleve maruz bırakılıyordu, böylece formül içerisindeki oksijen indirgenmiş oluyordu. Bu yöntemin modern dönemdeki bir uyarlaması olarak, bu araştırmada LPG yakıtlı indirgeme fırını kullanılmış, sıcaklık ve indirgen atmosferdeki oksijen yoğunluğu ölçülerek kaydedilmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır.

İndirgen ortam yoğunluğunu ölçen oksijen sondası cihazında 1.000 λ değeri okunduğunda atmosfer oksijen bakımından ulaşabileceği en yetersiz ortama ulaşmış demektir, başka bir deyişle karbon dioksit yoğunluğu yüksektir, bu yoğunlukta yanma gerçekleşmez. Oksijen bakımından yetersiz bir ortamda yanma gerçekleşirken içerisi dumana boğulduğunda sıcaklık artışı yavaşlar, bu durum bazen sıcaklığın yükselmeden sabit kalması bazense düşmesi ile sonuçlanır. Bu durumun yol açtığı bir diğer etki ise cam yüzeyinde lüster uygulanmayan bölgelerde dumanlı isli bir görüntünün oluşmasıdır. Fırında indirgenmenin gerçekleştiği 1.000 λ değeri görüldükten sonra fırının kapaklarını kapatmak ve ortamı karbondioksit maruz bırakmak cam yüzeylerinin lüster uygulanmamış alanlarında dumanlı-isli ve kirli bir görüntü oluşmasıyla sonuçlanır. Bu nedenle sıcaklığın yavaş arttırılması sonucu fırın atmosferinin yoğun miktarda gaz yakıtına maruz kaldığı durumda fırın sıcaklığı 400-480°C 'ye geldiğinde fırın atmosferini oksijenle doldurarak dumanlı-isli görüntünün engellenmesi gerekir.

Macun lüsteri uygulanmış camların indirgen ortam pişirimi yapıldıktan sonra cam yüzeyinde macun uygulanan bölgelerde uygulama kalınlığına göre karbon katmanı oluşur, bu katman su ile yıkandığında lüster etkisi görünür hale gelir. Cam, yansıyan bir malzemedir, üzerine macun lüsteri uygulandığında oluşan sedefsi ışıltılar, cam yüzeyde en çok gün ışığı yansıdığı anda görünür hale gelmektedir. Macun lüsterinin ince uygulandığı alanlarda lüster etkisi zayıfken kalın uygulanan alanlarda lüster etkisi güçlüdür. Macun lüsteri formülleri yalnız macun kıvamındayken değil, farklı yoğunluklarda da örneğin divit kalemle yazılabilecek kadar sulu bir kıvamda da cam yüzeyinde başarılı sonuçlar vermektedir.

Cam yüzeyinde lüster oluşumunun mümkün olabilmesi için indirgen atmosferde iyon alışverişi koşullarının oluşması gerekmektedir. Bu koşulların yanı sıra macun formülünün içeriğindeki atomların iyonlaşma kabiliyeti ve cam formülünde yer alan atomların iyonlaşma kabiliyetine uygun olarak atom hareketliliğinin başladığı ideal bir sıcaklık aralığı vardır. İndirgen atmosferde pişirim esnasında macun formülünün iyonlaşma kabiliyeti ile camın moleküler hareketliliği arasında senkronizasyon toleransı varsa ideal lüster efektleri elde edilebilmektedir. Macun lüsteri formülünün gelişim/oluşum sıcaklığı ile cam yüzeyin dönüşüm sıcaklığının birbirinden farklı olduğu durumlarda macun lüsteri uygulanan bölgenin dışında ve konturunda yayılan lüster efekti gözlenmektedir. Macun lüsteri formülünün gelişim/oluşum sıcaklığı ile cam yüzeyin dönüşüm sıcaklığı birbirine yaklaşık eşit olduğunda yalnız macun uygulanan yüzeyde lüster efekti oluşmaktadır.

Camın katı fazdan sıvı faza geçişi lüster oluşumu için gerek atom hareketliliğinin gerekse iyon alışverişinin gerçekleştiği nokta olarak, dikkate alınması gereken sıcaklık aralığıdır. Cam yüzeyinde lüster oluşumu için indirgen atmosfer, kullanılan camın dönüşüm sıcaklığı dikkate alınarak belirlenmelidir.

Polariskop cihazıyla macun lüsteri uygulanmış cam örnekler içerisindeki stres/gerilim ölçüldüğünde araştırmada çalışılan macun lüsteri formülleri ve cam cinsleri arasında -tamamında olmak üzere- stres/gerilim olmadığı anlaşılmış ve uyumsuzluk gözlenmemiştir. Başka bir ifadeyle macun lüsteri formülleri ile cam bünyeler arasında

uyuşmazlık gözlenmemiş, macun formülleri cam yüzeyinde stres oluşturmada bünne ile bütünleşmiştir. İnce cidarlı cam (4-5 mm) uygulamalarında cam soğurken makul ölçülerde strese maruz kalmıştır. Kalın cidarlı (10 mm) cam uygulamalarında ise renk gruplarının çok keskin olmasa da belli alanlarda gruplaştığı görölmüş dolayısıyla 1 cm et kalınlığı olan bir camın içerisinde orta miktarda stres kaldığı görölmüştür. Bunun sebebi gazlı fırında indirgen atmosfer oluşturulduktan sonra camın tavlama için kontrollü bir soğutma programı yazılamamasıdır. Lüster oluşumu camın termal şok aralığını (440-505 °C) geçtikten hemen sonra gelen dönüşüm sıcaklığında (538-677°C) gerçekleştirilir, bu sıcaklıklara çok yakın olan tavlama sıcaklığı (540°C) için yükseltgen ortamda tavlama yapıldığında lüster oluşumu tersine döneceği ve yok olacağı için sonradan tavlama yapılamaz. Oksijen bakımından yetersiz ortamda oksijen olmadığı için sıcaklık yeniden yükseltilemez dolayısıyla indirgeme yapılmış olan fırında da kontrollü soğutma için sıcaklık yeniden yükseltilemez. Bu sebeplerle kalınlıkla ilgili gerilimlerin giderilmesi mümkün olmamaktadır.

Tarihte macun lüsteri dekorlu cam objelerle aynı dönemde bulunmuş birçok kızıl kahve rengi fırça dekorlu cam objelere rastlanır, bu objelerin macun lüsteri ile dekorlanmış olabileceği ancak indirgen atmosferde iyon alışverişine maruz bırakılmadığı için lüster efekti elde edilmemiş olması muhtemel olup, bu konu üzerinde ileride araştırma yapılması planlanmaktadır.

Macun lüsteri dekor tekniğinin farklı cam şekillendirme tekniği süreçlerinde kullanımına yönelik ilgili çalışmalar yapılması ve böylece bu metodun daha modern ve güncel tekniklerle kullanımının araştırılması bu tekniğinin kullanım alanlarının arttırılmasında faydalı olabilir. Konu ile ilgili çalışmalar başlatılmış ve ilk sonuçlar alınmıştır ancak bunlar tez kapsamı dışında kaldığından burada yer verilmemiştir.

Macun lüsteri dekor tekniğinin cam yüzeylerde uygulanmasına yönelik Sanatta Yeterlik çalışmasının kapsam genişliği ve akademik yönden detaylı ele alınması bu çalışmanın güçlü yönlerinden birini oluşturmaktadır. Bu çalışma ile birlikte macun lüsteri tekniğinin, yalnız cam yüzeylerde kullanımıyla ilgili kapsamlı bir yazılı kaynak oluşturulmuştur. İleriye yönelik bu çalışmanın devamı olarak bazı macun lüsteri dekor

teknikinin uygulandığı buluntularda yer aldığı gibi çok renkli ve derinlik algısı yaratılabilirliğinin araştırılması planlanmaktadır.



KAYNAKÇA

Kitaplar:

Çizer, S. (2010). *Lüster Tarihi Tekniği Sanatı* (2. Basım b.). İzmir, Türkiye: Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları.

Bayley, J., Freestone, I., & Jackson, C. (Dü). (2015). *Glass of the Roman World*. Oxford & Philadelphia: Oxbow Books.

Canav Özgümüş, Ü. (2013). *Çağlar Boyu Cam Tasarımı*. (N. Başgelen, Dü.) İstanbul, Ümraniye, Türkiye: Arkeoloji ve Sanat Yayınları.

Carter, C., & Norton, M. (2013). *Ceramic Materials Science and Engineering* (2nd Edition b.). New York : Springer New York Heidelberg Dordrecht.

Davison, S. (2003). *Conservation and Restoration of Glass* (2nd Edition b.). Oxford: Butterworth-Heinemann.

Du Pasquier, J. (2007). *Histoire du Verre: Les Chefs-D'oeuvre De L'Islam*. Paris: Massin Editeur, Baume-les-Dames.

Fink, J. (2017). *Chemicals and Methods for Conservation and Restoration*. USA: Scrivener Publishing.

Flügel, G., Roediger, J., & Müller, A. (1871). *Kitab Al-Fihrist*. Liepzig: Internet Archive tarafından 2014 yılında dijital hale getirildi.

Grose, D. (1989). *Early Ancient Glass*. New York: Hudson Hills Press.

Harden, D. (1945, Eylül). *Oriental Glass Of Mediaeval Date Found In Sweden And The Early History Of Lustre-Painting by Carl Johan Lamm*. Stockholm: Wahlström and Widstrand, 1941 (Kungl. Vitterhets Historie och Antikvitets Akademiens Handlingar, Del 50 :1). pp. 114 and 24 plates 18 text figures. 7 Kr. *Antiquity*, 19(75).

Hayyan, J. i. (14. yy.). *Kitab al-khawass al-kabir*. Qatar: El yazması.

Henderson, J. (2013). *Ancient Glass*. USA: Cambridge University Press.

Hess, C. (Dü.). (2004). *The Arts of Fire Islamic Influences on Glass and Ceramics of the Italian Renaissance*. Los Angeles: J. Paul Getty Museum.

J. Paul Getty Museum. (2004). *The Arts of Fire Islamic Influences on Glass and Ceramics of the Italian Renaissance*. (C. Hess, Dü.) Los Angeles: J. Paul Getty Museum.

Jarves, D. (1865). *Reminiscences of Glass-Making*. New York: Hurd and Houghton.

Koob, S. P. (2006). *Conservation and Care of Glass Objects*. London: Archetype Publications Ltd.

Kröger, J. (1995). *Nishapur, Glass of the Early Islamic Period*. New York: The Metropolitan Museum of Art.

Lamm, C. (1941). *Oriental Glass of Mediaeval Date Found in Sweden and The Early History of Lustre-Painting* (Kungl. Vitterhets Historie och Antikvitets Akademiens Handlingar, Del 50:1 b.). Stockholm: Stockholm : [s.n.].

Lamm, C. J. (1941). *Oriental Glass of Mediaeval Date Found in Sweden and The Early History of Lustre-Painting*. Stockholm: Wahlström & Widstrand.

Larson, K. A. (2019). *Ancient and Islamic Glass Selections From The Corning Museum of Glass*. New York, Corning: The Corning Museum of Glass.

Le Bourhis, E. (2008). *Glass, Mechanics and Technology*. Weinheim, France: Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KGaA.

Liritzis, I., & Stevenson, C. (Dü.). (2012). *Obsidian and Ancient Manufactured Glasses*. University of New Mexico Press.

Scanlon, G. T., & Pinder-Wilson, R. (2001). *Fustat Glass of The Early Islamic Period: Finds excavated by the American Research center in Egypt, 1964-1980*. Virginia: Fox/Melisende.

Shaw, W. M. (2004). *Osmanlı Müzeciliği, Müzeler Arkeoloji ve Tarihin Görselleştirilmesi*. İstanbul: İletişim Yayınları.

Shelby, J. (2005). *Introduction to Glass Science and Technology* (2nd Edition b.). Cornwall, UK: The Royal Society of Chemistry.

Smith, A. (2001). *Lustre Pottery*. Gentle Breeze Publishing.

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2013). *Cam Üretimi ve Şekillendirme Yöntemleri*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2013). *Cam Türleri ve Camı Oluşturan Oksitler*. Ankara: T.C. Milli Eğitim Bakanlığı.

Thwaites, A. (2011). *Mould Making For Glass*. Edinburgh, Londra: A&C Black.

Toydemir, P. D. (1990). *Cam Yapı Malzemeleri*. Eskişehir: Sakarya Gazetecilik ve Matbaacılık.

Yoleri, H. (2008). *Pişmiş Kil ile İletişim*. (F. Özşener, Dü.) İzmir, Türkiye: Tibyan Yayıncılık.

Kitap İçi Bölüm:

Brunetti, B., Cartechini, L., Miliani, C., & Sgamellotti, A. (2013). Metal Nanoparticles in Glass: Lustre. E. K. Janssens içinde, *Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass* (1 b., s. 584-608) (s.2). Antwerp, Belçika: John Wiley & Sons Ltd.

Colomban, P. (2013). Non-Destructive Raman Analysis of Ancient Glasses and Glazes. K. Janssens (Dü.) *Modern Methods for Analysing Archeological and Historical Glass* (Cilt 1). Belçika: Wiley.

Moretti, C., & Hreglich, S. (2013). Raw Materials, Recipes and Procedures Used for Glass Making. K. Janssens (Dü.) *Modern Methods for Analysing Archeological and Historical Glass*. Wiley. (s. 23-47).

Sciau, P. (2012). Nanoparticles in Ancient Materials: The Metallic Lustre Decorations of Medieval Ceramics. A. Hashim (Dü.) *The Delivery of Nanoparticles* Intech Open Science Open Minds. (s. 525-540).

Basılmamış Kaynaklar:

Aksoy, G. (2020, Şubat 12). İslam Bilimi Tarihi Araştırmaları Vakfı ile Yazışma. (F. Çiftçi, Röportaj Yapan)

Arcasoy, A. (2004-2005, Eylül 1). Teknik Camların Yaklaşık Bileşimleri. *Cam Teknolojisi*. İstanbul, Acıbadem, Türkiye: Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi.

Baran, T. (2021). LAV camın yaklaşık kompozisyonu. (F. Çiftçi, Röportaj Yapan)

Croucher, J. (2019, 06 12). Gaffer Batch. (F. Çiftçi, Röportaj Yapan)

Dona, B. (2018, 11 27). Richiesta Informazioni da sito. *E-posta ile yapılan yazışma*. (F. Çiftçi, Röportaj Yapan)

Ferro, I. (2020, 04 28). Effetre'nin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri. (F. Çiftçi, Röportaj Yapan)

Müzesi, T. v. (2023, Şubat 10). Türk ve İslam Eserleri Müzesi Koleksiyon Açıklaması. İstanbul, Sultanahmet, Türkiye: Türk ve İslam Eserleri Müzesi .

Dergiler ve Makaleler:

Akgül, T. (2019). *Cam Sanatında Geçmişten Günümüze İridesan Etkili Camlar ve Kişisel Uygulamalar*. Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Cam Anasanat Dalı. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Cam Anasanat Dalı.

Al-Hassan, A. Y. (2009). *Texte und Studien Zur Wissenschaftsgeschichte*. Hildesheim, Almanya: Georg Olms Verlag AG.

Al-Hassan, Y. (2009). An Eighth Century Arabic Treatise on the Colouring of Glass: Kitab Al-Durra Al-Maknuna (The Book of Hidden Pearl) of Jabir Ibn Hayyan (c.721-c.815). *Arabic Sciences and Philosophy*(19), 121-156.

Ashmolean. (tarih yok). A Web Based Teaching Course on Islamic Ceramics. *Abbasid Ceramics Revolution or Evolution? The Development of a true Islamic style in Ceramics*.

Aydın, A. (2005). Ömer Şifai'nin Mürşid el-Muhtar fi İlmi el-Esrar Adlı Eserinde Simya. *Ankara Üniversitesi Osmanlı Tarihi Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 1-12.

Ballardini, G. (1928, Ağustos). Note sull'origine della ceramica orientale a lustro e a riflesso metallico. *Nuova Antologia*.

Bullseye Glass Co. (2009, Ağustos 1). Heat & Glass. *Technotes 4*. Washington, Seattle, USA: Bullseye Glass Co.

Bullseye Glass Co. Technical Supplement. (2009, Ağustos). *Technotes 4 - Heat and Glass*. Oregon, Amerika Birleşik Devletleri.

Charleston, R. (1978). Glass Furnaces Through The Ages. *Journal of Glass Studies*(20), 9-33.

Colomban, P. (2010, Temmuz). The Use of Metal Nanoparticles to Produce Yellow, Red and Iridescent Colour, from Bronze Age to Present Times in Lustre Pottery and Glass: Solid State Chemistry, Spectroscopy and Nanostructure. *Journal of Nano Research*, 8(27), 109-132.

Çalışkan Güneş, P. (2014). T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Seramik ve Cam Tasarımı Ana Sanat Dalı Sanatta Yeterlik Tezi. *1280°C'de Gelişen Odun Külü Katkılı Sır Araştırmaları ve Uygulamalar*. İzmir: T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü.

Fraser, A. (1931). Review. *American Journal of Archaeology*, 114.

Freestone, I. (2006, Ocak). Glass Production in Late Antiquity and the Early Islamic Period: A Geochemical Perspective. *Geological Society London Special Publications*, 201-216.

Freestone, I., Gorin-Rosen, Y., & Hughes, M. (2000). Primary glass from Israel and the production of Glass in late antiquity and the early Islamic period. *La Route du Verre*, 65-83.

Fuxi, G., Brill, R., & Shouyun, T. (Dü). (2009). *Ancient Glass Research along the Silk Road*. Singapur: World Scientific.

Işıktan, F. (2010). Cam Takılar. *Camgeran Uluslararası Katılımlı Uygulamalı Cam Sempozyumu* Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi. (s. 71-76).

Janssens, K. (Dü.). (2013). *Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass*. Antwerp, Belçika: John Wiley & Sons .

Kanyak, S., & Hasdemir, İ. (tarih yok). Tarihteki İlk Cam Fırınları. 106-113.

Karimpour, S. (2012). *İran Pigment Lüsterleri ve Uygulamalı Araştırılması*. MSGSÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Seramik ve Cam Tasarımı Ana Sanat Dalı Seramik Tasarımı Programı. İstanbul: MSGSÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Seramik ve Cam Tasarımı Ana Sanat Dalı Seramik Tasarımı Programı.

Kocabağ, D. (1997). Cam Hammaddeleri: Bir İşlevsel Değerlendirme. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir. (s. 110-122).

Lukens, M., & Grube, E. (1965, Şubat). The Galleries of Islamic Art. *The Metropolitan Museum of Art Bulletin*, s. 197-228.

Matin, M. (2008). Nano Teknolojisi Üzerinde En Eski Yazılı Blege "Arayis ul Cevahir ve Nefayis ul Atayip" Değildir. *İran'ın Yerli Teknolojiler Üzerine İlk Konferansı* İran: civilica.com. (s. 1-15).

Mir-Shafiei, M., & Mohammadzadeh, M. (2016). Technology of Luster Glaze Enamel Production, Based on the Formula in the Book of "Jewaher-name-ye Nezami". *Journal of Research on Archaeometry*.

Nato, N., Nakai, I., & Shindo, Y. (2009). Islamic Plant-ash Glass Found in the Raya/al-Tur Area on the Sinai Peninsula: A Report on Chemical Analyses Conducted in 2008. M. Editörler: Kawatoko, & Y. Shindo içinde, ** Artifacts of the islamic Period: Excavated in the Raya/al-Tur Area, South Sinai, Egypt - Ceramics / Glass / Painted Plaster* (s. 71-75). Japan: * Waseda University, I-WORD Co. Ltd. .

Olçay, Y. (1998). Cam Sanatı Tarihi İçince Bizans Döneminin Yeri. *Anadolu Sanat*(8), 145-166.

Oran, D., Ötken, A., & Akçakaya, R. (2000). Ergimiş Camda Habbe Davranışlarının Görsel Simülasyonu. *Şişecam 15. Cam Problemleri Sempozyumu* (s. 146-164). İstanbul: Şişe ve Cam Fabrikaları Genel Müdürlüğü.

Öbelik, Y. (2011, Temmuz). Cam Hammaddesi Mineralojisi ve Cam Teknolojisi. *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*. Niğde.

Özgümüş, Ü., & Kanyak, S. (2010). Marmaray-Sirkeci Kazıları Cam Buluntuları. *Camgeran Uluslararası Katılımlı Uygulamalı Cam Sempozyumu* (s. 35-40). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi.

Özsolak, İ., & Yeşilay, S. (2017). Sıcak Cam Üfleme Tekniğinde Lüster Etkisinin Araştırılması. *Türk Bilim Araştırma Vakfı*, 10(4), 21-28.

Pollak, R. (2003). Early Islamic Luxury Glass Vessels From Ramla- Local Production or Imported? *AIHV Annales du 16e Congres* (s. 174-177). London: Nottingham AIHV .

Pradell, T., Molera, J., Smith, A. D., Climent-Font, A., & Tite, M. S. (2008). Technology of Islamic Lustre. *Journal of Cultural Heritage*, 9, 123-128.

S.M. Goldstein, J. M. (tarih yok). Sasani Öncülerinden Avrupa Taklitlerine: Nasser D Khalili İslam Sanatı Koleksiyonu. *cilt XV, Londra 2005, kat.164, s.136. J.M. Rogers, İslam Sanatları. Khalili Koleksiyonu'ndan Başyapıtlar, Londra 2010, kat.48, s.56. .*

Sawada, T., Kokura, A., Nakai, I., & Shindo, Y. (2003). Chemical Compositions of Islamic Glass from Egypt Analysed at their Excavation Sites with a New Portable X-Ray Fluorescence Spectrometer. *AIHV Annales du 16e Congres* (s. 178-180). Londra: Nottingham AIHV .

Sayın Alsan, Ş. (2019). İslamiyet'te Tasvir Yasağı ve Türk Mimari Süsleme Sanatında İnsan Figürünün Kullanımı. *The Journal of Social Science*, 3(5), 285-313.

Schwoerer, D. W., & Bullseye Glass Co. (2010, Mayıs 32). Compatibility of Glasses. *Technotes 3*. Washington, Seattle, USA: Bullseye Glass Co.

Shortland, A. (2003). The Raw Materials of Early Glasses: The Implications of New LA-ICPMS Analyses. *AIHV Annales du 16e Congres* (s. 1-5). Londra: Nottingham AIHV.

Taştemür, E. (2017, Ocak). Arkeolojik Veriler Işığında Camın tarihsel Süreci. *Trakya Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 7(13), 67-91.

Taştemür, E., & Aytaç, İ. (2017, Ağustos). Harput İç Kale Kazısı Cam Fırınlara Ait İlk Gözlemler. *SDÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*(41), 69-89.

Tanaka, Y. (. (2007). *Ion Exchange Membranes Fundamentals and Applications*. Amsterdam: Elsevier.

Tosun, S. (2018). *Cevahirname-i Nizami Kitabında Yer Alan Lüster Reçetelerinin Günümüz Koşullarında Uygulanması*. İzmir: DEÜ Güzel Sanatlar Enstitüsü Seramik ve Cam Tasarımı Anasanat Dalı.

W.E.S. Turner. (1954). Studies in Ancient Glass and Glass-making Processes. *Transactions of the Society of Glass Technology*(38), 436-444.

Wheaton, R., & Lefevre, L. (tarih yok). Fundamentals of Ion Exchange. *Dowex Ion Exchange Resins*. U.S.A.: Dowex Ion Exchange Resins.

Yoleri, H. (1998). *Macun Lüsteri Tekniğinin Günümüzde Uygulanması*. DEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Uygulamalı Sanatlar Bölümü Seramik Anasanat Dalı Sanatta Yeterlik Tezi. İzmir: DEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Uygulamalı Sanatlar Bölümü Seramik Anasanat Dalı.

Yurtseven, Ç. (tarih yok). Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir, Türkiye: Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü.

İnternet Kaynakları:

Vikipedi Özgür Ansiklopedi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Sedef> [6 Mayıs 2023]

Altunay, E. (2001, bilinmiyor bilinmiyor). *Hermetics*. Ezoterik ve Okült Kaynaklar Sitesi: http://www.hermetics.org/Zumrut_Tablet.html [30 Mart 2020]

Ankara Üniversitesi. (2023). *Ankara Üniversitesi Açık Ders Kaynağı*. Ankara Üniversitesi : EPMA - Ankara Üniversitesi Açık Ders MalzemeleriAnkara Üniversitesi<https://acikders.ankara.edu.tr> › resource › view [20 Nisan 2021]

The British Museum

https://research.britishmuseum.org/research/collection_online/collection_object_details/collection_image_gallery.aspx?assetid=497246001&objectid=238314&partid=1

(Erişim tarihi: 19.02.2020)

The British Museum <https://www.britishmuseum.org/collection/image/1324484001>
(Erişim tarihi: 19.02.2024)

Budak, N., & Güzel Seydim, Z. (2012, 10 29). *Sirke Üretimi ve Bazı Fonksiyonel Özellikleri*. Gıda Teknolojisi: <https://l24.im/JXR> [7 Haziran 2020]

Bullseye Glass. (2009, 08 01). *Tech Notes 4 - Heat & Glass*. <http://www.bullseyeglass.com/>:
http://www.bullseyeglass.com/images/stories/bullseye/PDF/TechNotes/technotes_04.pdf [7 Nisan 2020]

Crystalica. (2020, 04 09). *Crystalica Studio Glass Data Sheet*. <https://cristalica-studioglass.com/Datenblatt/?lang=1>:
<https://cristalica-studioglass.com/Datenblatt/?lang=1> adresinden alındı [9 Nisan 2020]

Department of Islamic Art. (2016). *Ernst Emil Herzfeld (1879–1948) in Samarra*. The Metropolitan Museum of Arts: <https://l24.im/3ZJQPv> [4 Nisan 2020]

Duran. (2020, 01 01). *Duran-Group*. DWK Life Sciences www.duran-group.com:
(Kaynak: <http://www.duran-group.com/en/about-duran/duran-properties.html>) [17 Nisan 2020]

Gaffer Glass. (2010, 08 1). *Gaffer Glass Annealing Scheduler*. <http://www.gafferglass.com/technical/annealing-schedule-for-casting-crystal/> [9 Nisan 2020]

Gaffer Glass. (tarih yok). *Casting Properties*. <http://www.gafferglass.com/technical/casting-properties/> [9 Nisan 2020]

Kemal Kükrer. (tarih yok). *Beyaz Sirke Nedir? Nerede Kullanılır? Faydaları Nelerdir?*
Kemal Kükrer: <https://www.kemalkukrer.com.tr/blog/beyaz-sirke-nedir-nerede-kullanilir-faydalari-nelerdir/> [9 Haziran 2020]

Kahire İřlam Eserleri Müzesi. (2023, Eylül 8). *MIAEGYPT*. Glass Collection of MIA EGYPT: <https://www.miaegypt.org> [7 Nisan 2020]

Kahire Müzesi <https://l24.im/AC5> (Erişim tarihi: 08.09.2023)

Kahire Müzesi / The Khalili Collections <https://l24.im/JPs>

Metropolitan Müzesi, <https://l24.im/mQe> Erişim tarihi: 30.Mart.2020

Nedeni Nedir? (Tarih yok). Neden Bazı Kimyasallar Ellerimizi Lekeliyor? <https://nedeninedir.com/neden-bazi-kimyasallar-ellerinizi-lekeliyor> [2 Nisan 2023]

Preciosa. (2020, 04 09). *Traditional Czech Glass*. www.preciosa-ornela.com: <https://l24.im/sWbUKl> [9 Nisan 2020]

Sarı, Hüseyin (2008, Şubat 11). Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü, Elektro-Optik. <https://l24.im/FEz5m9k> [13 Şubat 2024]

Schott. (2018, 02 12). *Specification ARTISTA Technical Properties*. www.schott.com: www.schott.com [9 Nisan 2020]

Schrader, R. (2017, Mart 16). *Lambda Calculation Brettschneider Equation*. Bridge Analyzers Inc.: <https://l24.im/tpR3MVB> [9 Nisan 2020]

Sotheby's. Arts of The Islamic World. <https://l24.im/8xTKoU> (Erişim tarihi: 30.03.2020)

Şener, G. (2023). Konya Bilim Merkezi <https://l24.im/Uz615> [20 Nisan 2023]

Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü. (2019 Ankara). Laboratuvar Güvenliği El Kitabı. Sağlık Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü E-Kütüphane Sistemi: <https://ekutuphane.saglik.gov.tr/Yayin/561> [11 Nisan 2020]

Usselman, M., Noller, C., & Zumdahl, S. (2022, Ağustos 25). Britannica Science&Tech. Britannica: <https://l24.im/uB57YI> [2 Mart 2023]

Victoria & Albert Museum. (2020, 5 11). *Victoria & Albert Museum Collections*. Kaynak: <https://l24.im/ir5t> [11 Mayıs 2020]

Victoria & Albert Müzesi <https://l24.im/V5sR> Erişim tarihi: 11.05.2020

Victoria & Albert Müzesi <https://l24.im/GopcOX0> Erişim tarihi: 30.03.2020

Victoria & Albert Müzesi <https://l24.im/UjpNat> (Erişim tarihi: 11.05.2020)

Vikipedi Özgür Ansiklopedi. (2016, 07 17). *Tartarik Asit*. (W. Foundation, Prodüktör)
<https://l24.im/rRFBN> [7 Haziran 2020]

Vikipedi Özgür Ansiklopedi. (2020). *Kolloid*. <https://l24.im/JlE> [19 Haziran 2020]

Vikipedi Özgür Ansiklopedi. (t.y.). *Derişim*. <https://l24.im/CcSe> [4 Haziran 2020]

ÖZGEÇMİŞ

Fatma Çiftçi çalışmalarında kimliğe dair otoetnografik bağlamda bir ruhun dünyadaki serüveniyle ilgilenir. Ana medyum olarak kullandığı “cam” teknik ve düşünsel olarak anlatımın merkezinde yer alırken, süreç ve sonuçta sanatçı kadar söz sahibidir. İlk dönem çalışmalarında cam kütle heykellerinde ışık, hacim ve doku ilişkisi üzerinde deneysel müdahalelerde bulundu. Daha sonra ışığın çizgisel temsiline yoğunlaştı, neon ve plazma kullanarak cam ile ışık manipülasyonu arayışlarına devam etti. Son dönem projelerinde doğadan aldığı doku örneklerini döngü ve geçiş bağlamında, simya ile ilişkilendirerek farklı deneyleri sürecine dahil ediyor. Işıkla ilgili çalışmalarında monogram ve lümen baskı tekniğini cam çalışmaları ile birleştirerek deneysel ifade arayışlarına devam ediyor.

Fatma Çiftçi Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Cam Ana Sanat Dalından 2007’de mezun oldu. Aynı üniversitede çift ana dal programı ile Grafik Sanatlar Bölümünden 2009’da mezun oldu. Tezli Yüksek Lisansını Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Cam Ana Sanat Dalında yaptı. Yazarı olduğu Yüksek Lisans Tezi Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında desteklendi ve tezinin genişletilmiş baskısı Ürün Yayınları E-Kültür Dizisi tarafından 2020 yılında elektronik ortamda yayımlandı.

2024 yılında *David Whitehouse Artist Research Residency* ile Corning Cam Müzesi Rakow Araştırma Kütüphanesi’nde konuk sanatçı bursu kazandı. 2022 yılında *American Glass Guild James Whitney* Bursu ve Corning Cam Müzesi Atölye Bursu kazandı, 2018 yılında Glass Art Society, Takako Sana Bursu kazandı. 2017 yılında T.C. Kültür Bakanlığı’nın düzenlediği 4. Güncel Sanat Proje Yarışması’nda Başarı Ödülü aldı. 2016 yılında Urban Glass, New York’tan başarı bursu kazandı.

Burslu eğitimleri sırasında uygulamalı olarak Sürdürülebilir Cam Kalıplama Yöntemleri, Neon ve Plazma Tekniğı, Kalıpla Cam Şekillendirme Tekniğı, Vitray Boyama Teknikleri, Cam Restorasyon ve Konservasyon Yöntemleri eğitimleri aldı. 2004 yılından bu yana Cam Ocağı Vakfı'nda 7 farklı uluslararası sanatçının verdiği cam eğitiminde öğrenci veya asistan olarak yer aldı. Bu eğitimler uygulamalı olarak Cam Füzyon, Kalıpla Cam Şekillendirme, Frit de Verre, Neon ve Plazma, Cam Üfleme, Alevle Şekillendirme (borosilikat ve effetre) ve Kuma Cam Döküm Teknikleridir.

İş hayatında Atölye Sorumlusu, Tasarımcı, Eğitimci ve Tercüman olarak yer aldı. Zeck Yaşam Kültür dergisinde 2004-2019 yılları arasında kültür sanat sayfalarında yazıları yayınlandı ve aynı dergide on beş yıl sanat yönetmenliği yaptı. 2015 yılından itibaren Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Anadolu Üniversitesi ve Dokuz Eylül Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yaptı.