Uluslararası 8th International
Eskişehir Eskişehir
Pişmiş Terra
Toprak Cotta
Sempozyumu Symposium

05-20 EYLÜL SEPTEMBER 2014
ESKİŞEHİR TÜRKİYE

ESKİŞEHİR
TEPEBAŞI BELEDİYESİ

Eskişehir Tepebaşı Belediyesi yayınıdır.

Tepebaşı Belediyesi Hoşnudiye Mahallesi Şahin Caddesi No: 84 Tepebaşı, Eskişehir
Bildiriler kitabında yer alan her türlü görüş, fikir, bilimsel sav ve alıntılar, teknik tasarımı, tablo ve şekiller, bildiri yazar / yazarlarına aittir ve bunlardan ötürü Eskişehir Tepebaşı Belediyesi sorumlu tutulamaz.

Publication of Eskişehir Tepebaşı Municipality.

Any option(s), idea(s), scientific claim(s) and quotions, tehnical designs, tables and figures taking place in papers in the proceedings book are those of the author(s), for those niether editor(s) nor Tepebaşı Municipality may be held responsible.

Logo Tasarım Prof.Dr. Bilgehan Uzuner'e, Kapak Tasarımı Öğr.Gör. Cemalettin Yıldız'a ait olup, teşekkür ediyoruz.

We would like to express ourthanks both to Assoc.Prof. Bilgehan Uzuner for designing the logo of Symposium and to Cemalettin Yıldız for designing the cover and visual of the Symposium.

ISBN
978-605-65174-2-6

Önsöz

İnsanlığın en sıcak yol arkadaşı: Pişmiş toprak

Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu, tarihte imalâtı yapılan ilk yapı malzemesi olan tuğla ve kiremidi; bilimsel, sanatsal ve sektörel olarak ele alan geleneksel bir etkinliğe dönüştü.

2001 yılında başladığımız insanlığın bu en sıcak yapı malzemesinin yolculuğunda, Eskişehir'in kent kimliğine taşınan heykeller, bir yandan kentin farklı mekânlarını süslerken, diğer yandan bu alanda bir araya getirilen bilimsel makaleler, kitaplaştırılarak geleceğe taşındı.

Eskişehir'de 1920'li yıllarda gelişmeye başlayan ve kent ekonomisinde yer edinen tuğla- kiremit sektörü, Cumhuriyet döneminin ilk sanayi kolları arasında yerini almıştır. Bu alandaki üretim, zaman içinde, teknolojik gelişmeyle emek yoğunluklu olmaktan çıkıp, daha modernize bir karakter kazanmış, öte yandan da, kent kimliğinin önemli bir unsuru haline gelmiştir.

Tepebaşı Belediyesi, tuğla ve kiremidin insan yaşamındaki tarihsel önemini göz önünde bulundurarak, kent belleğinin bu önemli unsurunu yaşatıp geleceğe taşımak için 2014 yılında 8'incisini gerçekleştirdiği Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu ile, kent belleğine katkı sunmayı sürdürmüştür. 8'inci sempozyumla birlikte, sanatçılarımızın ürettiği pişmiş toprak heykeller 94'e ulaşırken, geleceğe taşınan bilimsel makale sayısı da 354'ü bulmuştur. Sempozyumlara, her geçen yıl halkın katılımı ve ilgisi artmaktadır.

Her sempozyumda olduğu gibi, bu yılki sempozyumda da, pişmiş toprağın geleneksel kullanımından, farklı alanlarda farklı tekniklerle gerçekleştirilen kullanım biçimlerine kadar ortaya çıkan çeşitliliği bilimsel toplantılarda ele alınmıştır.

Gelecek yıllarda yeni sempozyumlarda buluşmak dileğiyle, bu güne kadar emeği geçen sanatçılarımıza, bizlere yol arkadaşlığı yapan kurum ve kuruluşlar ile katkı veren çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dt. Ahmet ATAÇ
Eskişehir Tepebaşı Belediye Başkanı

Aşağıdaki kurumlara katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

• Eskişehir Valiliği

• Eskişehir Büyükşehir Belediyesi

• Anadolu Üniversitesi

• Osmangazi Üniversitesi

• Başak Çatı ve Cephe Sistemleri

I would like to express my thanks to the institutions below for their contributions.

• Eskişehir Valiliği

• Eskişehir Büyükşehir Belediyesi

• Anadolu Üniversitesi

• Osmangazi Üniversitesi

• Başak Çatı ve Cephe sistemleri

Aşağıdaki destekçilere katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

• Espark Avm

• Aydoğanlar İnşaat

• Badel İnşaat

• Polimeks İnşaat

• Atabir İnşaat

• Aytemiz İnşaat

• Hedef Eğitim Araçları

• Jms-Jamak

• Gençerler Akaryakıt

• Rixos Otel

• Cafe Pi

• The Merlot Otel

• Senna City Otel

• Güven A.Ş

• Yurtbay Seramik

I would like to express my thanks to the sponsors below for their contributions.

• Espark Avm

• Aydoğanlar İnşaat

• Badel İnşaat

• Polimeks İnşaat

• Atabir İnşaat

• Aytemiz İnşaat

• Hedef Eğitim Araçları

• Jms-Jamak

• Gençerler Akaryakıt

• Rixos Otel

• Cafe Pi

• The Merlot Otel

• Senna City Otel

• Güven A.Ş

• Yurtbay Seramik

Düzenleme Kurulu / Organization Committee

Dt. Ahmet Ataç ..... Tepebaşı Belediye Başkanı
M. Melih Savaş..... Tepebaşı Belediye Başkan Yardımcısı
A. Şermin Şanlıer..... Tepebaşı Belediye Başkan Yardımcısı
Prof. Bilgehan Uzuner ..... Anadolu Üniversitesi
Prof. Dr. Nuran Ay..... Anadolu Üniversitesi
Prof. Dr. Sabiha Koca..... Osmangazi Üniversitesi
Prof. Pınar Genç ..... Anadolu Üniversitesi
Prof. Soner Genç..... Anadolu Üniversitesi
Doç. Erol İpekli ..... Anadolu Üniversitesi
Yard. Doç. Oya Uzuner..... Anadolu Üniversitesi
Yard. Doç. Sadettin Aygün..... Anadolu Üniversitesi
Yard. Doç. Ekrem Kula..... Anadolu Üniversitesi
Öğr. Gör. Özgür Kaptan ..... Anadolu Üniversitesi
Öğr. Gör. Semih Kaplan ..... Anadolu Üniversitesi
Öğr. Gör. Cemalettin Yıldız ..... Anadolu Üniversitesi
Öğr. Gör. S. Veysel Özel ..... Afyon Kocatepe Üniversitesi
Serkan Şengül ..... Tepebaşı Belediyesi Dış İlişkiler Müdürü
Murat Çevik..... Dış İlişkiler Müdürlüğü
Beyza Kasdemir..... Dış İlişkiler Müdürlüğü
Betül Erşan..... Dış İlişkiler Müdürlüğü
Ezgi Gedik..... Dış İlişkiler Müdürlüğü
Duygu Yüce ..... Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü
Tilbe Şen ..... Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü
Gülşah Boztopraklı ..... Başak Tuğla Kiremit Sanayi A.Ş. Halkla İlişkiler Sorumlusu

Bilim Kurulu / Academic Committee

Prof. Bilgehan Uzuner .....Anadolu Üniversitesi
Prof. Dr. Nuran Ay.....Anadolu Üniversitesi
Prof. Dr. Sabiha Koca.....Osmangazi Üniversitesi
Prof. Dr. Alpagut Kara .....Anadolu Üniversitesi
Prof. Dr. Bekir Karasu.....Anadolu Üniversitesi
Prof. Soner Genç.....Anadolu Üniversitesi
Prof. Pınar Genç .....Anadolu Üniversitesi
Doç. Erol İpekli .....Anadolu Üniversitesi
Doç. Dr. Münevver Çakı.....Anadolu Üniversitesi
Yard. Doç. Oya Uzuner.....Anadolu Üniversitesi
Yard. Doç. Ekrem Kula.....Anadolu Üniversitesi
Yard. Doç. Dr. Emrah Dölekçekiç .....Anadolu Üniversitesi
Yard. Doç. Dr. İrfan Töre .....Anadolu Üniversitesi
Yard. Doç. Dr. Erhan Ayas .....Anadolu Üniversitesi
Öğr. Gör. Özgür Kaptan .....Anadolu Üniversitesi
Öğr. Gör. Semih Kaplan .....Anadolu Üniversitesi
Öğr. Gör. Cemalettin Yıldız .....Anadolu Üniversitesi
Öğr. Gör. S. Veysel Özel .....Afyon Kocatepe Üniversitesi

Bildiri Sunan Katılımcılar

Bekir Karasu
Tuba Aksoy
Şerife Yalçın Yastı
A. Feyza Çakır Özgündoğdu
Soner Genç
Aygün Dinçer Kırca
Hasan Başkırkan
Murat Bayazit
İskender Işık
Ali İssi
Hazal Özlem Ersan
Gürbüz Taşkıran
Elif Eren Gültekin
Semra Kurama
Tuna Aydın
Alpagut Kara
Tuba Korkmaz
Seyhan Akgül Özarslan
Zahide Bayer Öztürk
Betül Yıldız
Ensar Taçyıldız
Gürbüz Taşkıran
Yonca Kösebay Erkan
Olgu Sümengen Berker
Elif Okur Tolun
Seyhan Yılmaz
Gülfem Binal

Oturum Başkanları

Prof. Dr. Nuran Ay
Prof. Dr. Bekir Karasu
Prof. Soner Genç
Yard. Doç. Oya Uzuner
Yard. Doç. Ekrem Kula
Öğr. Gör. Veysel Özel

Poster Sunum

Özgür Cengiz

Sergiler

İbrahim Demirel "Pişmiş Toprak Fotoğraf Sergisi"

Karma Seramik Sergisi Katılımcıları

Sureyya Acar
Buket Acartürk
Canan Gürel Ak
Kamuran Ak
Birol Akalin
Nurdan Arslan
Sadettin Aygün
Duygu Bağlan
Safiye Bey Başar
Yücel Başeğit
Mutlu Başkaya
Hasan Başkirkan
Neşe Bengisu
Olgu Sümengen Berker
Zuhal Bilginalp
Kağan Canduran
Meliha Coşkun
Halil İbrahim Çakir
Pınar Çalişkan
Elif Çete
Sevim Çizer
Füsun Çövenoğlu
Oğuzhan Demir
Tuba Önder Demircioğlu
Nermin Elmali

8. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu Katılımcı Sanatçılar

1- Sofia Beça ..... Portekiz
2- Bogdan Mateias..... Romanya
3-Romana Mateias..... Romanya
4-Abbas Akbari ..... İran
5-Andrey Molchanovskiy .....Rusya
6-Candan Dizdar Terwie .....Türkiye - Ankara
7-Özgür Kaptan ..... Türkiye - Eskişehir
8-Kamuran Ak..... Türkiye - Afyon
9-Kemal Tizgöl ..... Türkiye - Antalya
10-Ayhan Taşkıran ..... Türkiye - Çanakkale
11-Şenol Kubat..... Türkiye - Bilecik

İçindekiler

SÜPER BEYAZ PORSELEN KARO BÜNYELERİN SİNTERLEME DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ
INVESTIGATION OF SINTERING BEHAVIOR OF SUPERWHITE PORCELAIN TILE BODIES
Tuna AYDIN, Alpagut KARA 9

RAKU PİŞİRİMİ İÇİN ALTERNATİF REDÜKSİYON MALZEMELERİ
ALTERNATIVE REDUCTION MATERIAL FOR RAKU FIRING
Hasan BAŞKIRKAN 27

KURİKİ HÖYÜK ARKEOLOJİK KAZI ALANINDA ELE GEÇEN BAZI SERAMİK BULUNTULARIN SEM/EDX İNCELEMELERİ
SEM/EDX INVESTIGATION OF SOME CERAMIC FINDINGS UNCOVERED FROM THE ARCHAEOLOGICAL EXCAVATION AREA OF KURIKI MOUND (TURKEY)
MURAT BAYAZİT, İSKENDER IŞIK, ALİ İSSİ, HAZAL ÖZLEM ERSAN, GÜRBÜZ TAŞKIRAN, ... 39

SERAMİK ARKEOMETRİSİNDE TG-DTA TERMAL ANALİZ UYGULAMALARI
APPLICATIONS OF TG-DTA THERMAL ANALYSIS IN CERAMIC ARCHAEOMETRY
MURAT BAYAZİT, İSKENDER IŞIK, ALİ İSSİ, GÜRBÜZ TAŞKIRAN, HAZAL ÖZLEM ERSAN 55

ÇÖMLEKÇİ TORNASINDA FİGÜR DENEMELERİ ÜZERİNE YORUMLAR
INTERPRETATIONS ON FIGURATIVE EXPERIMENTATIONS ON POTTERY WHEEL
Y. Doç Dr. Olgu Sümengen Berker , Öğr. Gör. Elif Okur Tolun 69

SERAMİK HAMMADDE VE BÜNYE ÖZELLİKLERİNİN TERMAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ
INVESTIGATION OF CERAMIC RAW MATERIALS AND BODY PROPERTIES BY THERMAL ANALYSIS METHOD
Gülfem BİNAL 81

AFYONKARAHİSAR KİLLERİNİN GELENEKSEL SERAMİKLERDE KULLANIMI
THE USE OF AFYONKARAHISAR REGION CLAYS IN TRADITIONAL CERAMICS
Özgür CENGİZ 91

TOPLANMALI SIRLAR
CRAWLING GLAZES
Prof. Soner GENÇ 111

SERAMİK KARO SEKTÖRÜNDE TAHRİBATSIZ MUAYENE METOTLARININ UYGULANMASI
THE NON-DESTRUCTIVE TESTING METHODS USED FOR CERAMIC TILE SECTOR
Elif EREN GÜLTEKİN, Semra KURAMA 125

KIRMIZI FOSFOR IŞILDAMASI SERGİLEYEN FARKLI SİSTEM PİGMENTLERİNİN KULLANIM PERFORMANSLARININ ARTTIRILMASI
IMPROVING USAGE PERFORMANCES OF THE RED LIGHT EMITTING PHOSPHORESCENCE PIGMENTS IN DIFFERENT SYSTEMS
Bekir Karasu, Tuba Aksoy, Şerife Yalçın Yastı 141

YENİ SANATSAL YAKLAŞIMLAR İÇİNDE PİŞMİŞ TOPRAK; TUĞLA
TERRACOTTA WITHIN NEW ARTISTIC APPROACHES; BRICK
Yrd. Doç. Aygün DİNÇER KIRCA 155

SANATSAL İFADE ARACI OLARAK İNKJET TEKNOLOJİSİ
INK-JET TECHNOLOGY AS AN EXPRESSION TOOL OF ART
Tuba KORKMAZ 173

KIBYRA'DAN BİR GRUP MÜHÜRLÜ PİŞMİŞ TOPRAK UNGUENTARIUM
A GROUP OF STAMPED TERRACOTA UNGUENTARİUM FROM KIBYRA
Seyhan AKGÜL ÖZARSLAN 187

SERAMİK ÜRETİMİNDE ÇAĞDAŞ BİR BİÇİMLENDİRME YÖNTEMİ OLARAK ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR
3D PRINTERS AS A CONTEMPORARY SHAPING METHOD IN CERAMICS PRODUCTION
Adile Feyza ÖZGÜNDOĞDU 213

SERAMİK SIR YÜZEYLERİNDE ASİT VE BAZ DAYANIMI: DERLEME
ACID AND BASE RESISTANCE OF CERAMIC GLAZED SURFACES: A REVIEW
Zahide BAYER ÖZTÜRK, Betül YILDIZ 229

PİŞİRME ATMOSFERİNE BAĞLI OLARAK KARACASU ÇÖMLEKÇİ KİLİNİN SIR ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ
KARACASU POTTERY CLAY EFFECTS ON GLAZE CHARACTERISTICS DEPENDING ON FIRING ATHMOSPHERE
Ensar TAÇYILDIZ 241

MAHMUT PAŞA TÜRBESİ (İSTANBUL) MOZAİK ÇİNİLERİNDE YAPIM TEKNİĞİNİN BELİRLENMESİ !
DETERMINATION OF PRODUCTION TECHNIQUE IN MOSAIC TILES FROM MAHMUT PASA TOMB (ISTANBUL) !
GÜRBÜZ TAŞKIRAN, YONCA KÖSEBAY ERKAN 253

CAM SERAMİK SIRLAR- DERLEME
GLASS CERAMIC GLAZES- A REVIEW
BETÜL YILDIZ 267

SERAMİK DEKORLARDA KURU YÜZEY ÜZERİNE UYGULANAN OYMA VE AJUR TEKNİKLERİ
THE CARVING AND PİERCİNG TECHNIQUES THAT APPLIED ON DRY SURFACES IN CERAMIC DECORS
Seyhan YILMAZ 287

SÜPER BEYAZ PORSELEN KARO BÜNYELERİN SİNTERLEME DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF SINTERING BEHAVIOR OF SUPERWHITE PORCELAIN TILE BODIES

Tuna AYDIN [1], Alpagut KARA[2]

[1] Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale

[2] Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

ÖZET

Porselen karolar; kil, kuvars ve feldspattan elde edilen düşük poroziteli (< % 0,5) ve yüksek cam (> % 40) içeriğine sahip, diğer bir değişle yüksek vitrifiyeli seramik malzemeler olarak tanımlanırlar. Porselen karo bünyeleri oluşturan ana faz heterojen camsı faz ve iğne şekilli müllit kristalleri ile beraber kuvars ve kapalı düzensiz şekilli porlardır. Porselen karolar tek pişirimle 60 dakikadan daha kısa sürelerde ~1250 °C (5-10 dakika bekleme ile) den hızlı soğutma ile üretilirler. Süper beyaz porselen karoları diğer standart porselen karo bünyelerden ayıran en önemli fark bünye reçetelerinde beyazlığı sağlamak amacı ile kullanılan zirkon ve alüminadır. Bu çalışmanın amacı, günümüzde artan enerji maliyetleri ve ülkemizin enerji konusundaki dışa bağımlılığını da göz önüne alarak, süper beyaz porselen karo bünyelerin yüksek sıcaklık pişirim davranışlarının incelenerek bu sıcaklıklarda performanslarının geliştirilmesinin sağlanmasıdır.

Anahtar kelimeler: Porselen karo, Spodümen, Sinterleme, Mikroyapı,

ABSTRACT

Porcelain tiles are basically produced from clays, kaolinite, feldspars, and quartz and tiles characterized by a large quantity of glassy phase (> 40%) and low porosity (< 0.5 %). In other words, porcelain tiles defined as high-vitrified materials. Main phases in porcelain tiles are glassy phase and need-like mullite crystals together with quartz and closed pores. Porcelain tiles are produced with single fast firing method up to 1250 °C and less than 60 minutes. Most important difference for super white porcelain tiles is zirconium and alumina used for whiteness. Energy cost and energy dependence is important issue for our country so

aim of the study is to develop high temperature performance of super white porcelain bodies by investigating their sintering behaviour.

Keywords: Porcelain tile, Spodumene, Sintering, Microstructure,

1. GİRİŞ

Son yıllarda diğer seramik malzemelerin yanında porselen karo üretimindeki hızlı artışın nedeni teknik üstünlüklerinin yanında estetik açıdan daha da geliştirilmiş olmalarıdır. Porselen karolar genel olarak, % 30–40 kil, % 40–50 alkali feldispat ve % 10–15 kuvars içermektedir. Spodümen, vallostonit, cam-seramik firitleri, ve atık camlar sinterlemeye yardımcı ergitici olarak kullanılmaktadır. Porselen karo bünyelerde sinterleme sonucunda elde edilen nihai ürün; müllit, kalıntı fazlar [kuvars ve feldispat (albit)] ve baskın olarak camsı fazdan oluşmaktadır [1]. Süper beyaz bünyeleri diğer bünyelerden ayıran en önemli fark ise bünyenin beyazlığını sağlamak için kullanılan kil - kaolen (25–30 %), ergitici olarak kullanılan yüksek oranda feldispat (50–60 %) ve bir miktar kuvars kumunun (5–10%) yüksek saflıkta olmasıdır. Bünyeye estetik bir görünüm veren beyazlık bir miktar opaklaştırıcı (zirkon, alümina ve spinel) kullanarak sağlanmaktadır. Süper beyaz bünyelerde sinterleme sonrasında nihai üründe mikroyapı bünye kompozisyonuna bağlı olmakla beraber; mekanik, tribolojik ve fonksiyonel özellikler üzerine önemli miktarda etkisi vardır. Nihai ürün mikro yapısında ana faz olarak camsı faz, ve müllit yer alırken kalıntı faz olarak kuvars ve albitin yanı sıra zirkon ve aluminada bulunmaktadır [1–4].

Standart porselen karo bünyeler için yapılan önceki çalışmadan elde edilen verilerden yola çıkarak [1–4] yapılan bu çalışma; spodümenin standart porselen karo bünyelere kazandırmış olduğu lekelenme direncinin artması, mekanik ve termal özelliklerin geliştirilmesi gibi özelliklerin süper beyaz bünyelere de kazandırılmasını da kapsamaktadır. Porselen karo bünyelerinde LAS (lityum alümina silikat) fazlarının oluşturulması teknolojik açıdan avantajlar getirmesinin yanında yeni bir konsept olarak farklı bir bakış açısı da sağlamaktadır. Özellikle spodümen-kuvars ya da spodümen-kil mineralleri arasında gerçekleşen reaksiyonlar neticesinde, nihai ürün mikroyapısında da kuvarsın LAS yapısına girmesi yolu ile azaltılması ve müllit miktarında da artış sağlanması ile bünyelerin lekelenme dirençlerinde ve mekanik mukavemetlerin de artış sağlanmıştır. Ayrıca, kuvars miktarının LAS yapısına katılması ile de düşük ısıl genleşme katsayılı bünyeler elde edilmiştir. Bu çalışmada ana hedef süper beyaz bünyelerin sinterleme davranışı üzerine spodümenin etkisinin gösterilmesidir. [1–4].

Genel olarak porselen karo bünyelerin pişirim çevrimi 3 ana aşamadan oluşmaktadır. Isıtma, maksimum sıcaklığa kadar seramik ürüne gerekli özellikleri kazandırmak için yapılır. Isıtma hızı malzemenin özelliklerine göre ve fırın performansına göre değişir.

- Bekleme (soaking), tepe sıcaklığında bekleme zamanıdır. Bekleme süresi fırına ve ürünün boyutlarına bağlıdır.
- Soğutma,
  - Hızlı soğutma, (900–600°C)
  - Yavaş soğutma, (600–60°C)

Viskoz sinterleme işlemi genel olarak fazla miktarda silikat içeren klasik seramik sistemlerinde gözlenir. Silikat bileşenleri (sık olarak alkali oksitlerin kombinasyonu şeklinde eklenirler) sitemdeki "viskoz sinterleme" davranışından sorumludurlar. Saf camlar nadiren sinterleme işlemi sonucunda elde edilirler (tercihen ergitme/şekillendirme prosesi) bu nedenle viskoz sinterlemeye en iyi örnek porselenlerdir. Porselenlerin sinterlenmesi (ve diğer geleneksel seramikler) birçok sayıda bileşen, safsızlık ve sistemde oluşabilecek kimyasal reaksiyonlar, hatta son kompozisyonda gözlenen dengesizlikler nedeniyle ileri teknoloji seramiklerin sinterlemesine göre daha zordur. Geçici kristallenme ve sıvı faz yoğunlaşmanın orta kademesinde etkilidir. Feldispatın (düşük ergimeye sahip alkali alümina silikat) ergimesi ve sistemdeki diğer iki bileşenle etkileşimi (kil ve silika kumu (kuvars) sonucu sistemde viskoz sıvı oluşur [1–5]**.** Viskoz sinterleme seramik ve cam gibi viskozitesi ölçülebilir malzemelerin sinterlemesinde kullanılan bir prosesdir. Tipik olarak, yükseltilen sıcaklıkta kristal olmayan katıların (camsı ya da amorf) sinterlenmesi için uygulanır. Viskozite katsayısı sıcaklığa karşı çok hassastır ve exponansiyel olarak Eşitlk 1 ile ifade edilir.

$$\eta = \exp\left(\frac{Q}{RT}\right) \qquad (1)$$

Kingery, viskoz sinterleme ile sinterlenen bünyelerin çekme davranışının kinetiğini üç aşamada açıklamıştır [5].

- **Başlangıç evresi**

Genellikle 1050 – 1100°C ye kadar devam eden ve düşük miktarda boyutsal değişimlerin meydana geldiği evredir. Bu evrede sinterleme mekanizması spesifik yüzey alanındaki değişmeye karşılık doğrusal çekmenin karşılaştırılması ile değerlendirilir. Spesifik yüzey alanındaki azalma % 93 e kadar devam eder. Doğrusal çekme ise % 1 in altındadır. Bu durum 1000 °C nin altında sıcaklıkta baskın mekanizmanın yüzey difüzyonu olduğunu göstermektedir [2, 5]**.**

- **Ara evre**

Yoğunlaşmanın en fazla olduğu evredir. Bu evrede yoğunlaşma hızı, açık porların ağdalı akan sıvı tarafından doldurulması ile artmaktadır. Şekil 1 tipik bir porselen karo bünyesine ait sinterleme eğrisini göstermektedir. Bu eğriden den görüldüğü üzere 1100 – 1150 °C'de çekme en yüksek değerine ulaşmaktadır. Yoğunlaşma hızı sıvı fazın viskozitesine bağlıdır. Sıvı faz düşük viskoziteye sahip olması durumunda yoğunlaşma hızı artar. Aynı zamanda yoğunlaşma hızını etkileyen bir diğer faktör olarak sıvı faz içerisindeki katı çözünürlüğü de göz önünde bulundurulmalıdır. Düşük viskozite sıvı faz içerisinde daha fazla porun süpürülmesini sağlayacaktır [2, 5]**.**

- **Son evre**

1150-1200°C arasında porların uzaklaştırıldığı evredir. Gaz çözünürlülüğü ve por kabalaşması açısından çok önemli bir evredir. Porselen karo bünyeleri hızlı pişirim prosesi ile pişirildiklerinden dolayı porlar tane içlerine doğru süpürülebilmektedir. Bu durumda gazların uzaklaşması için yeterli zaman kalmamaktadır. Bu da porselen karo bünyelerin lekelenme dayanımlarını olumsuz yönde etkileyecek, parlatma aşaması ile ortaya çıkacak kapalı porlar gibi düzensizliklerin ortaya çıkmasına neden olacaktır. Bundan dolayı da seramik bünyelerin sinterleme davranışlarının incelenmesi büyük önem taşımaktadır [5]. Fiziksel olarak sinterlemenin son evresinde atmosferik gazların izole porlar içersine hapsolması ve kimyasal olarak oksitlenme ve hata boşlukları oluşturması leke dayanımının geliştirilmesi noktasında bu çalışmanın bir sonraki aşamasında da üzerinde çalışılmış bir konudur.

Sinterlemenin son evresinde atmosferden gelen ve malzeme kaynaklı olabilen uçucu malzemelerin (sülfatlar, karbonatlar vb.) neden olduğu gazların porlara difüze olması neticesinde bu porlar izole hale gelebilmektedir. Özellikle bazı toz kompozisyonlarında uçucu malzemelerin varlığı mikroyapı kontrolünü de zorlaştırmaktadır. Bu duruma örnek olarak Coble tarafından Al2O3 in MgO ilavesi ile O2 ve H2 ile teorik yoğunluğa kadar sinterlenmesi çalışması gösterilebilir. Burada önemli olan nokta gazların katı içerisinde çözünür olup olmadığıdır. Çözünmeyen gazlar PL basınç değerine ulaştığında sınırlı porozite de sinterleme durmaktadır.

$$P_L = P_0 \left(\frac{\rho_0 . r_0}{2\gamma_{sv}}\right)^{2/3} \quad (2)$$

P_0: sinterleme atmosfer basıncı,

r_0: izole hale gelmişdurumdaki por çapı,

γ_{sv}: katı/sıvı ara yüzey enerjisi

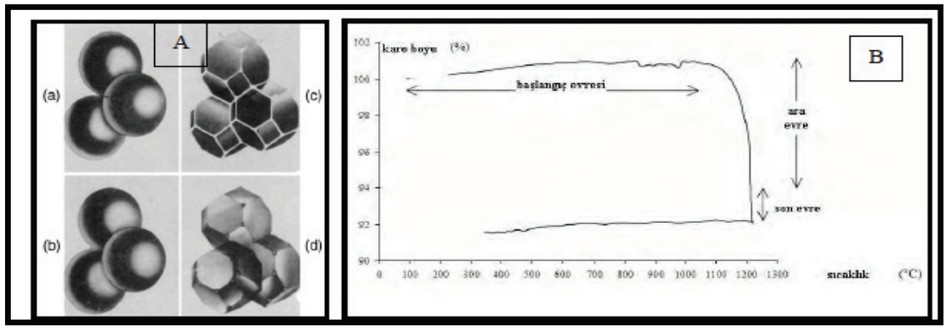
Eşitlik 2 de görülebildiği üzere, yoğunluk gaz atmosfer basıncına ve por izole porların yarıçapına bağlıdır. Çözünen veya çözünmeyen gazların porların içine penetrasyonu por kabalaşmasına neden olurken bu durumda yoğunluğun azalmasına neden olmaktadır [5]. Bu çalışmasının bir sonraki aşaması da bu etkinin lekelenme direnci üzerine etkisinin azaltılmasına yönelik olarak yapılmıştır. Daha temiz hammaddeler kullanarak uçucu malzemelerin (sülfat ve karbonat v.b.) oluşturduğu por oluşumlarının azalması sağlanmıştır

Başlangıç aşaması için önerilen çekme, (Eşitlik 3)

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{1}{3}\frac{\Delta L}{L_0} \infty t^{1+n} \quad \text{n> 0, şeklindedir.} \quad (3)$$

Ara aşama için kütle taşınımına bağlı olarak iki şekilde ilişki kurulmuştur

$\frac{\Delta L}{L_0} \infty t^{1/3}$	Çözünme çökelme için
$\frac{\Delta L}{L_0} \infty t^{1/2}$	Tane sınırı faz reaksiyonu

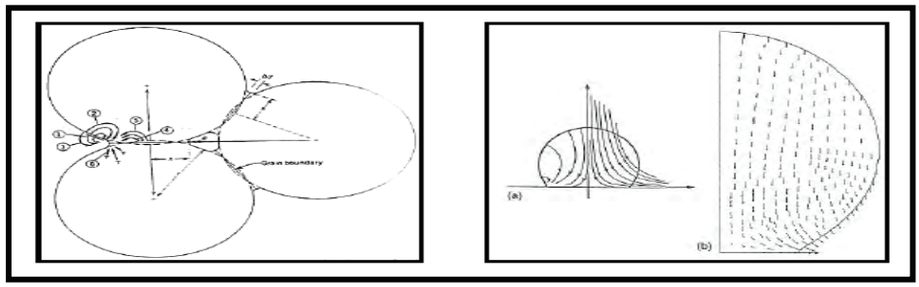


Şekil 1. Tipik bir Porselen Bünyeye ait Sinterleme Evreleri ve Sinterleme Eğrisi

Figure 1. Sintering Curve of a Porcelain Body and Sintering Stages [5]

Camsı fazın viskozitesi hem yoğunlaşma hem de sinterleme esnasında gerçekleşen deformasyonlar açısından en etkin parametredir. Viskozite artışı ile yoğunlaşma hızı

düşürürken, deformasyonlara karşı direnç azalır. Sıcaklık arttıkça viskozite azalacağı için sistemin kontrolü güçleşir. Bunun yanı sıra oluşan müllit ve kalıntı kuvars kristalleri sistemin mukavemetini etkileyen en önemli parametredir. Sıcaklığın yanında sinterleme prosesini etkileyen diğer bir durum ise pişirim süresi ve atmosferidir. Viskoz sinterlemede malzeme taşınımı viskoz akış ile gerçekleşir. Katı hal sinterlemesi ile sinterlenen çok kristalli malzemelerde malzeme taşınımı kimyasal potansiyelin yüksek olduğu tane sınırlarından kimyasal potansiyelin düşük olduğu porlara doğru gerçekleşerek boyun oluşumunu sağlar. Şekil 2. de malzeme taşınımın sağlayan altı farklı difüzyon mekanizması görülmektedir [3, 5]**.** Amorf malzemelerde ise tane sırları yoktur. Boyun oluşumu ve yoğunlaşma partiküllerin deformasyonuyla birlikte oluşan viskoz akışla sağlanır [5]. Malzeme taşınımının hangi yönde ve ne şekilde olduğu tam olarak tanımlanmamıştır. Malzeme taşınımının gerçekleştiği belirli bir yol yoktur. Viskoz akışta taşınım mesafesinin mümkün olan en kısa mesafe olduğu kabul edilmektedir.



Şekil 2. Malzeme Taşınımı ve Difüzyon Mekanizmaları

Figure 2. Material tranport and Difusion Mechanism [3, 5]

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Hazırlanan reçeteler toplam reçete ağırlığı olan 750 g. üzerinden hesaplanarak yapılmıştır. Hammaddeler etüvde 110 °C'de kurutulmuştur. Reçete yüzdelerine göre tartımları yapılan hammaddeler, 63 μm elek bakiyesi % 1'in altında elde edilinceye kadar alümina bilyeli değirmenlerde öğütülmüşlerdir. Daha sonra 150 °C'lik etüvde 1 saat kurutulup, halkalı öğütücü ile toz haline getirilmişlerdir. Bu tozlar, kontrollü bir şekilde % 6,5–7 oranında nemlendirilerek preslenmeye hazır granül haline getirilmiştir. Elde edilen masse tek yönlü kuru pres ile 450 kg/cm^2 basınçla 5,5 mm x 110 mm boyutunda şekillendirilmiştir. Şekillendirilen karolar 110 ºC 'lik etüvde kurutulmuştur. Hazırlanan her bir reçete için altı numune hazırlanmış; bu numunelerden 3 tanesi laboratuvar koşullarında sinterleme davranışlarının incelenebilmesi için ayrılmış diğer 3 numunede endüstriyel fırın koşullarında

pişirilmiş (1210 °C, 60 dakika) ve analizleri de (mekanik, kimyasal ve karekterizasyon analizleri gibi) laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir.

Yapılan denemelerde standart reçete üzerinden spodumenin süper beyaz bünyelerde sinterleme üzerine etkisinin incelenmesi amacı ile artan spodümen miktarına karşılık (% 1-2), kuvars ve feldispat oranları değiştirilerek SW1A, SW1AK ve SW2AK bünyeleri hazırlanmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Kimyasal Analizler

XRF cihazı ile hammadde kimyasal analiz testi sonuçları Çizelge 1. de verilmiştir. Reçete hazırlanmasında 3 tip kil, 2 tip kaolen ve Li_2O kaynağı olarak spodümen kullanılmıştır.

Çizelge 1. Hammadde Kimyasal Analizleri (% ağrılıkça)
Table 1. Chemical Analyses of Raw Materials (wt %)

Hammaddeler	A.Z.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	Li_2O
KAOLEN1	10.0	65.00	23.0	0.5	0.50	0.20	0.15	0.20	0.30	-
Na FELDİSPAT	0.50	71.10	17.40	0.05	0.24	0.60	0.10	9.36	0.34	-
KUVARS	0.43	97.64	0.73	0.18	0.03	0.10	0.01	0.01	0.47	-
KİL1	10.0	59.00	26.0	1.20	1.50	0.60	0.10	0.10	2.00	-
KİL2	8.5	59.00	25.0	1.00	1.50	0.60	0.70	0.60	2.70	-
KİL3	7.5	65.00	21.5	2.50	1.30	-	-	0.10	2.00	-
KAOLEN2	0.51	78.78	13.34	0.02	0.16	4.78	0.01	2.1	0.04	-
SPODUMEN	0.36	65.2	25.12	0.15	0.05	0.21	0.1	0.34	0.57	7.5

3.2. Kompozisyon Çalışmaları (Seger oksit oranları)

Bu çalışmada özellikle reçete geliştirme aşamasında etkin oksit oranlarının SiO_2/Al_2O_3, $SiO_2+Al_2O_3$, Na_2O/K_2O, MgO/CaO, $Na_2O+K_2O+Li_2O$ ve SiO_2/Li_2O olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2, Çizelge 3). SiO_2/Al_2O_3 oranında ve/veya $SiO_2+Al_2O_3$ toplamındaki değişim

kompozisyonun refrakterliğini, Na_2O/K_2O, $Na_2O+K_2O+Li_2O$, SiO_2/Li_2O oranlarındaki değişim ise sinterleme kinetiklerini etkilemektedir. Özellikle geliştirilen reçetelerde SiO_2/Al_2O_3 oranındaki azalma ile beraber Na_2O/K_2O'daki azalama bünyelerde mukavemet değerlerinde artış ve bununla beraber de yüksek sıcaklıklarda deformasyon eğilimlerinde azalma sağladığı tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Bünyelere ait Seger Oksit Oranları (S: SiO_2, N: Na_2O, M: MgO, C: CaO)
Table 2. Seger Oxide Ratios of Bodies (S: SiO_2, N: Na_2O, M: MgO, C: CaO)

Numune Kodu	S+A	S/A	RO+R_2O/ S+A	N/K	N+K	M+C
STD SW	11.44	5.86	0.087	8.49	0.78	0.17
SW1A	9.75	4.81	0.102	8.18	0.75	0.18
SW1A-K	10.68	4.16	0.094	6.01	0.78	0.13
SW2A-K	10.59	4.15	0.094	5.87	0.76	0.13

Çizelge 3. Bünyelere ait Seger Oksit Oranları (S: SiO_2, N: Na_2O, M: MgO, C: CaO)
Table 3. Seger Oxide Ratios of Bodies (S: SiO_2, N: Na_2O, M: MgO, C: CaO)

Numune Kodu	M/C	M+C/ N+K	L/N	N+K+L	L/ N+K	S/L
STD SW	-	-	-	0.785	-	-
SW1A	-	-	0.029	0.779	0.026	0.002
SW1A-K	-	-	0.033	0.809	0.028	0.003
SW2A-K	-	-	0.067	0.811	0.058	0.005

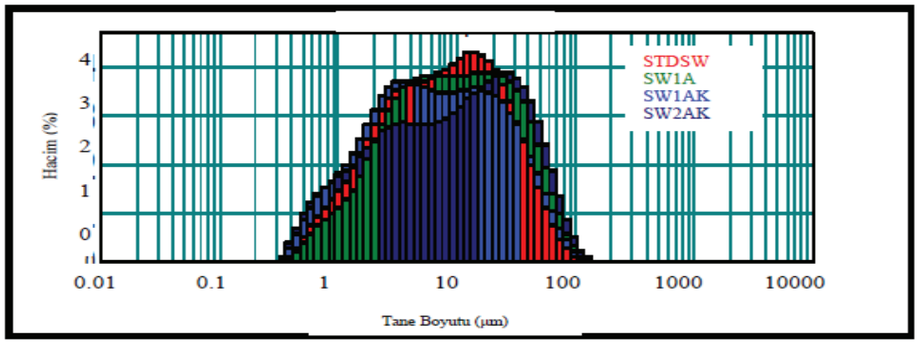
3.3. Tane Boyut Dağılımı

Süper beyaz bünyelere yapılan tane boyut dağılımı analizi sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4), ilk göze çarpan durum bu bünyeler için homojen bir dağılımın sağlanmış olmasıdır. Ancak bu bünyelerde dar bir tane boyut dağlımı tespit edilmiştir. Numuneler içerisinde tane boyutu dağılımı en geniş bünye SW2AK bünyesidir (Şekil 3). En küçük tane boyutuna sahip bünye iseSW1AK bünyesidir. Daha geniş tane boyut dağılımı ve ince taneler daha önce ki çalışmalarda da bahsedildiği üzere beraberinde yüksek mukavemet ve yüksek lekelenme dayanımı sağlar. Bünyelerin teknolojik özelliklerine bakıldığında (Çizelge 5 ve Çizelge 6) standart bünye dışında diğer bünyelere göre SW1AK bünyesinin tane boyutun küçük olması yüzey alanının artmasına neden olmuştur. Yüzey alanının artması bünyenin diğer bünyelere kıyasla daha fazla küçülmesine ve yoğunluğunun artmasına sebep olmuştur. Bu durumun sonucunda mukavemetlerin de diğer bünyelere kıyasla yüksek olması beklenirken mukavemet

değeri en yüksek bünye SW2AK bünyesi olmuştur. Buradan da anlaşılacağı üzere sinterlemeye etki eden parametre olarak sadece tane boyutunun alınması doğru olmayacaktır.

Çizelge 4. Tane Boyut Dağılımı (µm)
Table 4. Grain Size distribution (µm)

	Tane boyutu (µm)		
Numune Kodu	**d_{10}**	**d_{50}**	**d_{90}**
STD SW	1.459	7.817	32.123
SW 1A	1.759	9.122	40.727
SW 1A-K	1.190	6.691	35.056
SW 2A-K	1.143	9.552	45.739



Şekil 3. Tane Boyutu (µm) -Hacim (%) Grafiği

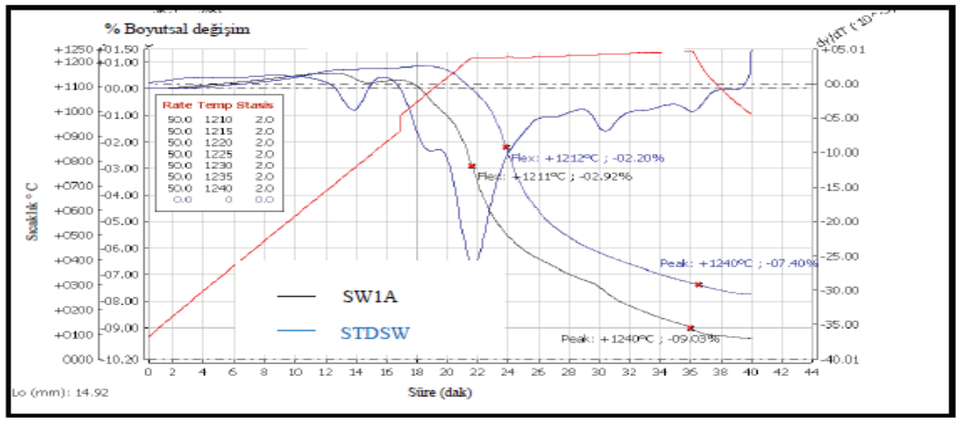
Figure 3. Grain Size – Volume (%) Curves

3.4. Sinterleme Davranışlarının İncelenmesi

Pişirim aşaması seramik kaplama malzemelerinin en kritik ve en önemli aşamasıdır. Çünkü bu işlem sonucunda ürünün nihai özellikleri kazandırılmakta ve aynı zamanda da ürünün kalitesi ortaya çıkmaktadır. Özellikle parlatılmış porselen karo ürünlerinde ortaya çıkan en önemli sorun lekelenme dayanımıdır [1-5]. Sinterleme aşamasını etkileyen en önemli faktör sıvı fazın viskozitesidir. Burada en önemli nokta viskozitenin "optimum" bir seviyede tutulmasıdır. Optimum seviyedeki viskozite porselen karo bünyelerin kendi ağırlığı altında piroplastik deformasyona uğramadan ama aynı zamanda da yetersiz bir yoğunlaşmaya neden olmadan lekelenme dirençlerinin yüksek olmasını sağlayacaktır [3, 5]. Hazırlanan bünyelerin sinterleme davranışlarının incelenmesi için ODHT-HSM (1600/80) marka temassız dilatometre cihazı kullanılmıştır. Bünyelere ait karşılaştırmalı sinterleme eğrileri Şekil 4 ve Şekil 5'de gösterilmiştir. Şekillerde görüldüğü gibi bünyelerin genleşmesi ~900°C' ye kadar devam etmektedir. ~573°C' deki keskin yükseliş α-β kuvars dönüşümünden kaynaklanmaktadır. Bu sıcaklıktan sonra genleşme yavaşça azalmakta ve sinterleme

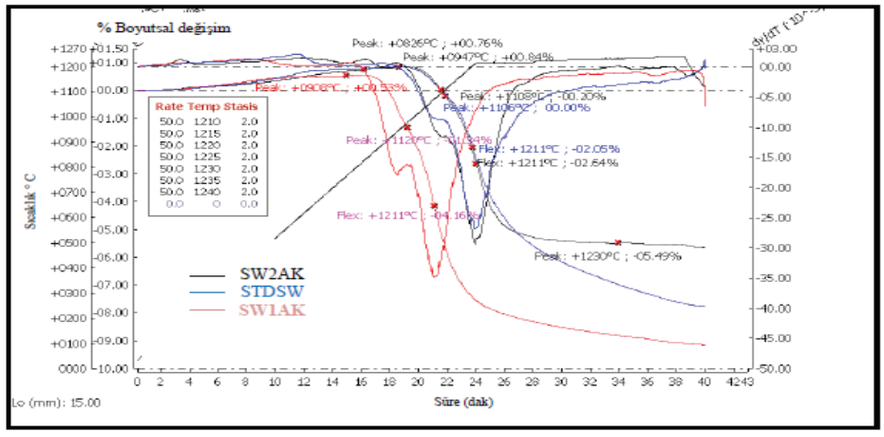
~900°C'den sonra başlamaktadır. Şekil 5'de spodümen ilavesi ile beraber küçülme oranlarının da artış görülmektedir. Bu durum Li^+ iyonlarının aşırı hareketliğinden dolayı viskozitenin hızlı bir şekilde düşmesine neden olup sıvı fazın taneleri daha kolay ıslatmasını sağlayarak tanelerin çözünüm hızını artırır. Bu durum ise yoğunlaşma hızının artmasını sağlar.

Şekil 5 süper beyaz bünyelere ait karşılaştırmalı sinterleme eğrilerini göstermektedir. Grafikte görüldüğü üzere ağırlıkça %1 spodümen ilavesi ve daha ince tane boyutu ile beraber SW1AK bünyesinin sinterleme hızının diğer bünyelere kıyasla daha hızlı gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 5. deki sinterleme eğrisinde ağırlıkça %2' lik spodumen ilavesi ile STD bünyeye benzer bir sinterleme davranışı göstermesine rağmen sıfır su emme noktasına sadece SW2A-K bünyesinin ulaşabildiği görülmektedir. SW2AK bünyesinde K_2O oranın yüksek olması sinterleme aralığının da geniş olmasını sağlamış ve bünye diğer bünyelere kıyasla daha kısa sürede sinterlenmiştir.



Şekil 4. STDSW ve SW1A Bünyelerine Ait Karşılaştırmalı Sinterleme Eğrileri

Figure 5. Sintering Curves of STDSW and SW1A Bodies



Şekil 5 STDSW, SW1AK ve SW2AK Bünyelerine Ait Karşılaştırmalı Sinterleme Eğrileri

Figure 6. Sintering Curves of STDSW, SW1AK and SW2AK Bodies

Çizelge 5 bünyelere ait sinterleme hızlarını göstermektedir. Tane boyutu ölçümlerinde de bilindiği üzere en düşük tane boyutu SW1AK bünyesine ait olmasına ve bu bünyenin sinterleme hızı diğer bünyelerden daha yüksek olmasına rağmen bünye pişirim süresi içinde sıfır su emme noktasına ulaşamamıştır. Bünyeler içerisnde sıfır su emme ye ulaşarak sinterlemesini tamamlayan tek bünye SW2AK bünyesidir. Burada daha önce de belirttiğimiz gibi önemli olan nokta optimum viskozitedir. Bu viskozite değerini sağlayan bünyede SW2AK bünyesi olarak ortaya çıkmıştır.

Çizelge 5. Bünyelere Ait Sinterleme Hızları
Table 5. Sintering Rates of Bodies

Numune Kodu	Fleks noktasında sinterleme hızı $(dy/dt).10^{-3}$
STDSW	25.31
SW1A	26.19
SW1AK	33.16
SW2AK	27.50

Pişmiş porselen bünyeler % 50–65 arasında camsı faz içermektedir [3]. Camsı faz kalıntı ve yeni kristal fazlar arasında bağ oluşmasını sağlamaktadır [3]**.** Vitrifikasyon süresince olan en önemli sorun yüksek sıcaklıklarda viskozitenin düşmesidir [3]**.** Bu olay malzemelerin kendi ağırlığı altında deforme olmalarına neden olmaktadır. Toplam alkali içeriği, potasyum/ sodyum alkali oranı, serbest kuvars miktarı ve tane boyut dağılımı piroplastik deformasyon eğilimini etkileyen önemli parametrelerdir [3]**.**

Bünyelerin deformasyon davranışları Misura Flex 3.32-ODHT-HSM 1600/80 marka ve model fleksimetre cihazı kullanılarak 60 dakika süre ile incelenmiştir. 85mm x 5mm boyutlarında hazırlanan iki alümina destek üzerine yerleştirilen ham numuneler, kameralar aracılığıyla takip edilerek ısıl işlem süresince (+) ya da (–) yöndeki deformasyon davranışları incelenmiştir. Fleksimetre cihazından elde edilen verilerle bünyelerin piropalstik deformasyon eğilimleri ve sıvı fazın viskozite değerleri Eşitlik 4 ve Eşitlik 5 kullanılarak hesaplanmıştır [3]**.**

$$PI = \frac{S.b^2}{L^4} \qquad (4)$$

PI: Piroplastik deformasyon indeksi (eğilimi)

S: Maksimum deformasyon (cm)

b: Numune kalınlığı (cm)

L: Destekler arası mesafe (cm)

$$\eta = \frac{5.\rho g L^4}{32\delta_{mak} h^2} \quad (5)$$

η: viskozite(Gpa.s)

L: Destekler arası mesafe (cm)

g: yerçekimi sabiti (980.665cm.s^{-2})

δ_{mak}: maksimum deformasyon (cm/sn)

ρ: bulk yoğunluk (g/cm^3)

Porselen karoların sinterleme mekanizması pişirim esnasında gerçekleşen yavaş reaksiyonlarla olmaktadır. Bu reaksiyonlar camsı faza dağılmış halde bulunan anizotropik tanelerle beraber mikroyapının oluşmasını sağlarlar [3]. Porselen bünyelerin final yapısını belirleyen 3 önemli parametre vardır. Bunlar müllit oluşumu, kısmi kuvars çözünümü ve bulk matriksin homojenliğidir. Bu parametrelerin hepsi de pişirim esnasında alkali iyon difüzyonundan etkilenmektedir [3]**.** Küp benzeri şekli ile tanımlanan birincil müllit taneleri kaolinin parçalanması neticesi ile oluşmaya başlarken, ikincil müllit taneleri de kalıntı kil veya kalıntı kuvars içine nüfuz etmiş feldispatlardan oluşmaktadır. Daha ileriki aşamalarda sıvı fazın alkali iyonlarınca (Na^+, K^+) zenginleşmesi ile viskozitesi azalır bu sayede çekirdeklenmelerle beraber kristallenmeler artarak devam eder. Ayrıca Al+3 iyonlarının eriyik içinde bulunan kuvars tanelerine difüzyonu da ikincil müllit tanelerinin oluşumu için önemlidir. Müllit oluşumu ayrıca kaolinin yüzey boşluklarında bulunan feldispat eriyiklerinde de gözlemlenmektedir. Kalıntı kil tanelerine penetre olmuş feldispat ikincil müllit oluşumu ve kuvars tanelerinin çözünmesine neden olmakla beraber ayrıca matriks içindeki diğer kristaller arasında ara yüzey temasını da geliştirmektedir [3]**.** Özellikle sinterlemenin başlaması ile beraber kuvars çözünürlüğü ve müllit oluşumu piroplastik deformasyon analizlerinde önemli rol oynamaktadır. Daha önce belirtildiği gibi sinterlemenin ileri aşamalarında alkali iyonları ile sıvı fazın viskozitesinin azalması ile başlangıçta piroplastik deformasyon eğilimi artarken, müllit oluşumunun hızlanması bunu takiben kuvars çözünürlüğünün artması viskozitede artışa neden olur buda bünyenin kendini daha kolay taşımasını sağlar ve deformasyon eğilimini azaltıcı yönde etki yapar. Çizelge 6 bünyelere ait deformasyon hızlarını ve fleks ve tepe sıcaklıklarındaki viskozite değerlerini göstermektedir. Spodümen ilavesi ile beraber deformasyon hızının en yüksek olduğu fleks sıcaklıklarının standart bünyeye göre azaldığı

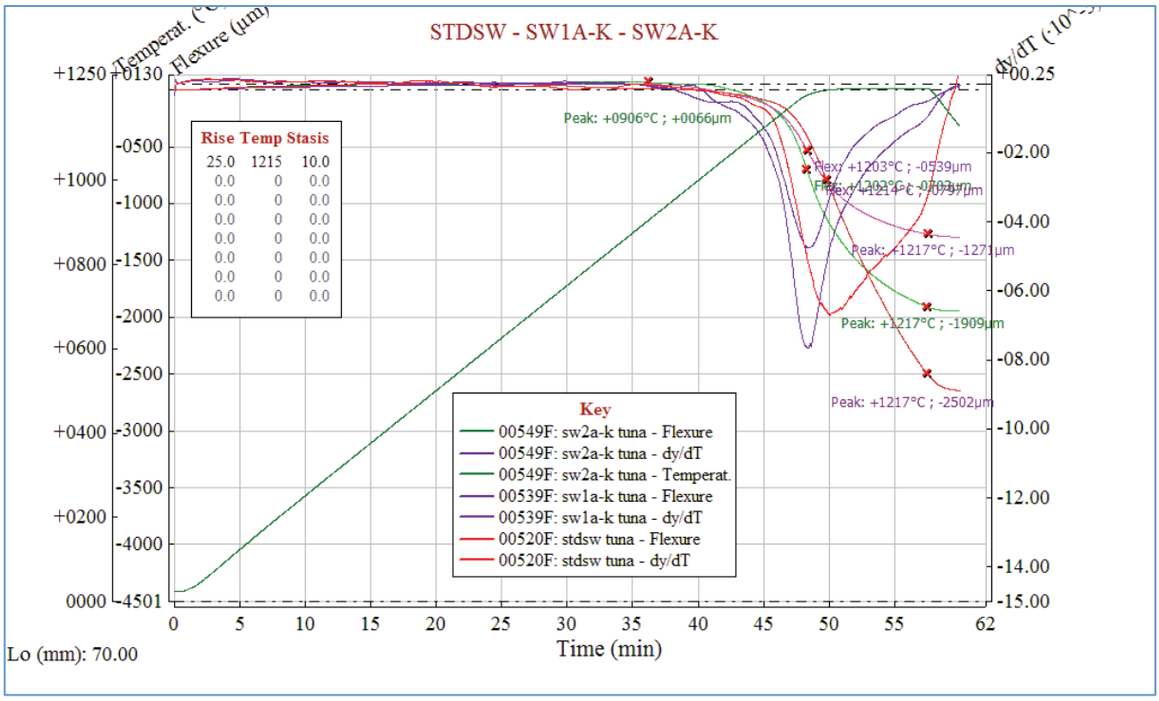
tespit edilmiştir. Bunun yanında viskozite değerlerinde ise kuvars çözünümü (Spodümen-kuvars reaksiyonu) neticesinde artış olduğu saptanmıştır.

Süper beyaz bünyelerin fleksimetre ile deformasyon eğilimlerini gösteren grafik Şekil 6'da görülmektedir. Süper beyaz bünyelerde Spodümen ilavesi ile beraber piroplastik deformasyon eğilimleri kuvars çözünümü ve yeni oluşan fazlar neticesinde (LAS) STD bünyeye kıyasla azalmıştır [1-4]. Çizelge 7. bünyelerin piroplastik deformasyon indekslerini göstermektedir.

Çizelge 6. Bünyelere Ait Deformasyon Hızı ve Vizkozite Değerleri
Table 6. Deformation Rate and Viscosty Value of Bodies

Numune Kodu	Flex Sıcak. (°C)	Tepe Sıcak. (°C)	Flex Def. (cm)	Tepe Def. (cm)	Def. Hızı (dy/dT) $.10^{-3}$	η_{Flex} (GPa.s)	η_{tepe} (GPa.s)	$\log\eta_{flex}$ (Pa.s.)	$\log\eta_{tepe}$ (Pa. s.)
STDSW	1215	1216	0.0858	0.2538	6.58	1.488	0.869	9.172	8.939
SW1A	1217	1217	0.0751	0.1995	5.38	1.454	0.958	9.162	8.981
SW1AK	1203	1217	0.0543	0.1273	4.75	2.520	2.052	9.401	9.312
SW2AK	1204	1217	0.0744	0.1915	7.30	2.142	1.526	9.331	9.183

Şekil 6 da görüldüğü üzere sinterleme eğrisinde de tespit edildiği gibi SW1AK bünyesi diğer bünyelere kıyasla daha erken deformasyona uğramaya başlamıştır. Ama kuvars ve diğer kalıntı fazların çözünmesi ile beraber viskozitedeki artış olmuştur. Yeni fazların (LAS ve müllit) oluşumu ile de bünye kendini toparlamış ve diğer bünyelere göre piroplastik eğilimi en az olmuştur. SW2AK bünyesi de standart bünye kıyasla piroplastik deformasyon eğilimi daha az olmuştur. Yalnız SW1AK bünyesinin sinterleme analizinden de bilindiği üzere sıfır su emmeye ulaşamadığı unutulmamalıdır. Bu durumda "optimum viskozite" değerine sahip bünye aslında SW2AK bünyesidir.



Şekil 6. STDSW, SW1AK ve SW2AK Bünyelerine Ait Piroplastik Deformasyon Eğrileri

Figure 6. Pyroplastic Deformation Curves of SW1AK ve SW2AK

Çizelge 7. Bünyelere Ait Sıcaklığa Bağlı Piroplastik Defomasyon İndeksleri
Table 7. Pyroplastic Deformation Index Depending on Temperature of Bodies

Numune Kodu	PI $_{fleks\ .}$	PI $_{tepe}$
STDSW	$1.62336.10^{-5}$	$4.80197.10^{-5}$
SW1A	$1.23358.10^{-5}$	$3.27695.10^{-5}$
SW1AK	$9.79173.10^{-6}$	$2.29556.10^{-5}$
SW2AK	$1.26131.10^{-5}$	$3.24652.10^{-5}$

3.5. Teknolojik Özellikler

Seger oranları ile oluşturulan reçetelerden elde edilen 55x110 mm boyutlarında bünyeler endüstriyel koşullarda pişirildikten sonra boyut değişimi, su emme, yığınsal yoğunluk, lekenme ve renk analizleri, mukavemet, porozite dağılımı ve yüzey pürüzlülükleri analizleri yapılmıştır. Bünyelere ait teknolojik özellikler Çizelge 8 ve Çizelge 9 da verilmiştir. Küçülme değerleri incelendiğinde Na feldispat yerine artan oranlarda spodümen ilavesi ile beraber standart bünyeye göre küçülme değerlerinde artış olduğu görülmektedir. Yığınsal yoğunluklarda da spodumen ilavesi ile artış gözlemlenmektedir. Yığınsal yoğunluktaki artışın sonucunda spodumen ilave edilen bünyelerin porozite miktarlarında da azalma tespit edilmiştir. Sıvı fazın düşük viskoziteye sahip olması daha hızlı çekme anlamına gelir.

Yoğunlaşma hızı, sıvının viskozitesindeki değişime bağlıdır. Ayrıca, sıvı faz içerisindeki katı çözünürlüğünü de göz ardı etmemek gerekir. Katı çözünürlüğü, sistemin viskozitesinin belirlenmesi açısından önemlidir. Viskozitenin çok düşük olması, sıvı faz içerisine daha fazla por alınmasına neden olmaktadır [5]**.** Spodumen ilavesi özellikle tepe sıcaklıklarında sıvı fazın viskozitesini standart bünyenin viskozitesine göre azalmasını sağlamış bu da sistemden porların daha kolay süpürülmesini sağlamıştır. Sistemden porların uzaklaştırılması aynı zamanda bünye mukavemetlerinin de artmasını sağlamıştır. Spodumen ilavesi ile mukavemetlerin artışında porların uzaklaşmasının yanında ayrıca müllit oluşumunun da etkisi vardır. Özellikle alkalilerin (Na^+ ve K^+) sisteme girmesi ile daha fazla miktarda bağlanmamış oksijen atomları nedeni ile sıvı fazın viskozitesinin düşmesi müllit kristallerinin oluşumunun artmasını sağlamıştır [3, 5]. Ayrıca bir önceki çalışmada da gösterilen [1-4] kalıntı kuvars taneleri ile spodumen ve spodumen- kil arasında gerçekleşen reaksiyonlar neticesinde müllit olumuna katkıda sağlamıştır [3, 6, 8, 9, 10]. Silikat bünyelerde spodumen gibi lityumca zengin bir aktif yardımcı ergiticinin bulunması sinterleme esnasında sıvı fazın viskozitesini geliştirmektedir. Bu durum lityum bileşiklerinin düşük ergime sıcaklıklarından, kolayca ötektiğe ulaşabilmelerinden ve lityum iyonlarının yüksek hareketliliğinden kaynaklanmaktadır.

Sinterleme analizinde de bahsedildiği üzere optimum viskozite aralığı porselen karo nihai özelliklerinden lekelenme direnci üzerine doğrudan etki yapmaktadır. Çizelge 9 da görüldüğü üzere bu optimum viskozite değerine sahip SW2AK bünyesinin lekelenme direnci diğer bünyelere kıyasla en üst seviyede çıkmıştır. SW2AK bünyesine ait numuneler sadece ılık su ile silinerek temizlenmiştir.

Çizelge 8. Bünyelere ait Teknolojik Özellikler
Table 8. Technical Properties of Bodies

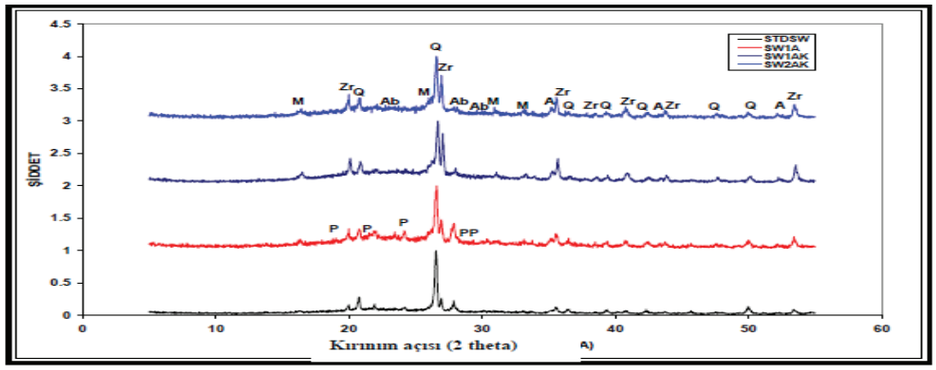
Numune Kodu	Küçülme (%)	Bulk Yoğunluk (g/cm^3)	Porozite		
			Açık por. (%) (P_O)	Kapalı por. (%) (P_c)	Toplam por. (%) (P_t)
STD SW	7.54±0.02	2.38	0.00	9.06	9.06
SW1A	7.88±0.04	2.39	0.00	6.99	6.99
SW1A-K	8.68±0.02	2.46	0.00	5.82	5.82
SW2A-K	7.06±0.05	2.45	0.00	8.99	8.99

Çizelge 9. Bünyelere ait Teknolojik Özellikler
Table 9. Technical Properties of Bodies

Numune Kodu	Mukavemet (N/mm^2)	Lekelenme testi						Ortalama Pürüzlülük(µm)		Su Emme (%)
		Y.leke	ΔE	Z.yağı	ΔE	İyot	ΔE	R_a	R_{max}	
STDSW	55	2	0.04	2	0.87	2	2.21	2,023	18,3	0,00
SW1A	60	5	1.27	5	3.14	1	3.58	1,523	12,9	0,00
SW1AK	63	2	0.02	5	0.9	2	1.25	1,844	14,4	0.00
SW2AK	69	5	0.03	5	0.47	5	0.48	1,670	12,7	0.01

3.6. Karakterizasyon Çalışmaları

Süper beyaz bünyelere ait XRD analiz sonuçları Şekil 7 de verilmiştir. Süper beyaz bünyelerin beyazlığın sağlanması amacı ile kullanılan Alümina ve zirkon kristalleri XRD grafiklerinde görülmektedir. Bu fazların yanında ayrıca kalıntı faz olarak albit, kuvars ve bir lityum alümina silikat fazı olan petalit fazları da tespit edilmiştir.

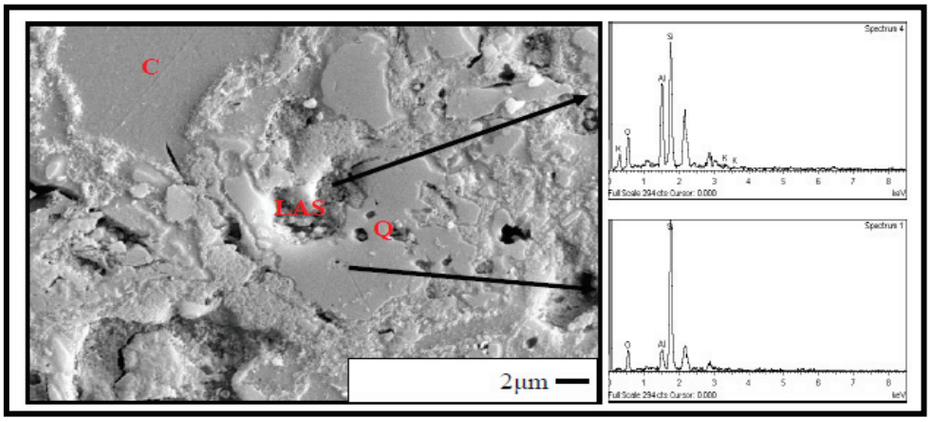


Şekil 7. Bünyelere Ait XRD Grafiği (M: Müllit, Ab: Albit, Q: Kuvars, A: Alümina, Zr: Zirkon, P: Petalit)

Figure 7. XRD Patterns of Bodies (M: Mullite, Ab: Albite, Q: Quartz, A: Alumina, Zr: Zirkonium, P:Petalite)

SW2AK bünyesine ait SEM görüntüleri Şekil 8. de verilmiştir. Süper beyaz bünyeler içerisinde mukavemet değeri en yüksek olan bu bünyede SEM görüntüsünden de anlaşıldığı üzere spodümen ilavesi ile yüksek sıcaklıklarda sıvı fazın viskozitesinde düşüş sağlanmıştır. Viskoziteki bu düşüş beraberinde sinterleme hızında artış ve bununla da beraber de oluşan müllit miktarında artış sağlamıştır. Ayrıca kuvars tanelerinin kısmi çözünümü sağlanmıştır. Bu çözünüm neticesinde oluşan malzemelerde camsı faz ile kuvars taneleri etrafındaki mikroçatlakların ve porların doldurulduğu SW2AK bünyesine ait mikroyapı görüntüsünden de görülmektedir. Çatlakların ve porların spodumen ve kuvars arasında gerçekleşen reaksiyon neticesinde oluşan LAS fazları ile doldurulduğu düşünülmektedir [3, 6, 8, 9,10].

Mikroçatlakların bu şekilde doldurulması ve müllit miktarındaki artış neticesinde SW2AK bünyesinde en yüksek mukavemet değerleri görülmüştür.



Şekil 8. SW2AK Bünyesine Ait SEM ve EDX Görüntüsü
Figure 8. SEM Micrograph and EDX Analyis of SW2AK

4.GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, % 1 ve % 2 spodümen içeren süper beyaz porselen karo bünyeleri hazırlanmıştır (SW1A, SW1AK, SW2AK). Çalışma kapsamında süper beyaz porselen karo bünyelerin sinterlenme davranışlarına ve nihai ürün özelliklerine etki eden en önemli parametrelerden sıvı fazın viskozitesi için optimum değere sahip bünye geliştirmeye çalışılmıştır. Reçetelere spodümen ilavesi ile beraber süper beyaz bünyelerin (SW1A ve SW2AK) standart süper beyaz (STDSW) bünyeye kıyasla tane boyutlarının daha iri olmasına rağmen sinterleme hızlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. SW2AK bünyesinde, K_2O oranının diğer bünyelere kıyasla yüksek olması beraberinde sinterleme aralığının genişlemesine ve bünyenin daha çabuk sıfır su emme noktasına ulaşmasını sağlamıştır. Oluşturulan bünyelerde sinterleme hızlarının yüksekliği; sinterlemenin ileriki aşamalarında spodümen-kil, spodümen-kuvars arasındaki reaksiyonlar sonucunda kuvars çözünümünün artırması ve yeni fazların (LAS) oluşması ile viskozitenin artmasını sağlamış ve beraberinde de fleks ve tepe sıcaklıklarında piroplastik deformasyon eğilimlerinde azalma sağlanmıştır. Bu durum bünyelerin yüksek sıcaklıklarda kendi ağırlıkları altında deforme olmalarını azaltmıştır. Deformasyonun en hızlı olduğu Fleks deformasyon sıcaklıklarında standart bünyeye kıyasla 10-15 °C'lik bir düşüş olması bu bünyelerin standart bünyeye kıyasla daha düşük sıcaklıklarda da pişirilebileceğini göstermektedir. Spodümen ilavesi ile beraber hazırlanan süper beyaz bünyeler standart bünyeye kıyasla teknolojik özellikler açısından da üstünlük sağlamıştır, yüzey pürüzlülükleri azalmış, yoğunlukları ve mukavemetleri de

artmıştır. Optimum viskozite aralığına sahip SW2AK bünyesi ile lekelenme dirençlerinde Standart bünyeye kıyasla artış sağlanmıştır. SW2AK bünyesi sadece ılık su ile tüm leke sınıflarında başarılı olmuştur.

KAYNAKÇA

[1] Aydın T., Kara A. *Critical Parameters on Stain Resistance of Porcelain Tiles, ECerS* XII, proceedings/245.pdf, Stokholm – İsveç, Haziran 2011.

[2] Aydın T., Kara A. *Porselen Karolarda Spodumen İlavesinin Piroplastik Deformasyon Üzerine Etkisi,* 13. Uluslararası Malzeme Sempozyumu, IMSP'2010, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Proceedings, 476-484, 2010.

[3] Aydın T., *Spodumen Katkılı Porselen Karoların Lekelenme Davranışının İncelenmesi,* Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 2012.

[4] Aydın T., Kara A., *Porselen Karo Bünyelerde Lityum Oksit İlavesinin Mikroyapı Üzerine Etkisi,* 7. Uluslararası Pişmiş Toprak Sempozyumu, 73-84, Eskişehir, 2013

[5] Tamsü, N., *Parlatılmış Porselen Karonun Lekelenme Direncinin Artırılması,* Anadolu Ün. Fen Bilimleri Enst. Seramik Müh. A.B.D Doktora Tezi, Nisan 2010.

[6] Fishwick, J.H., *Raw materials, Applications of Lithium in Ceramics,* Cahners Books, Boston, 14,1974.

[7] Fishwick, J.H., *Lithia Aluminosilicate Refractories, Applications of Lithium in Ceramics,* Cahners Books, Boston, 112-122,1974.

[8] Oberzan, M., High-alumina porcelain with the addition of a Li_2O-bearing fluxing agent, J. Eur. Cer. Soc., 2143-2152, 2009

[9] Tulyaganov, D.U., Agathopoulos, S., Fernandes, H.R. ve Ferrea, J.M.F, Influence of lithium oxide as auxiliary flux on the properties of triaxial porcelain bodies, J. Eur. Cer. Soc., 26, 1131–1139, 2006.

[10] Tulyaganov, D.U., Agathopoulos, S., Fernandes, H.R. ve Ferrea, J.M.F, Influence of Li_2O Doping on Non-Isothermal Evolution of Phases in K–Na-Containing Aluminosilicate Matrix, J. Am. Ceram. Soc., 89, [1], 292–297, 2006.

RAKU PİŞİRİMİ İÇİN ALTERNATİF REDÜKSİYON MALZEMELERİ

ALTERNATIVE REDUCTION MATERIAL FOR RAKU FIRING

Hasan BAŞKIRKAN [1]

[1] Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik - Cam Bölümü, Eskişehir / TÜRKİYE

ÖZET

Raku, rastlantısal olarak redüksiyon ile oluşan, düşük sıcaklıkta yapılan hızlı bir pişirim sürecidir. Eskiden raku pişirim tekniğinde ürünler, bisküvi pişirimleri yapıldıktan sonra kurşunlu sırlarla sırlanır ve yanmakta olan fırın etrafında bir süre ısıtıldıktan sonra fırına maşa yardımıyla yerleştirilirdi. Fırın içinde oksijensiz bir atmosfer yaratmak için baca kapatılırdı. Fırından çıkarılan ürünler açık havada soğumaya bırakılırdı. Günümüzde ise eski raku pişiriminden farklı olarak ürünler fırından çıkartıldıktan hemen sonra talaş ya da su içine atılarak redüksiyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Çağdaş Raku pişirimi, akkor halindeki seramik ürünün fırın dışında, talaş veya bazı bitki yaprakları gibi redüksiyon ortamı yaratacak yakıt malzemeleri ile temas ettirilmesi esasına dayanmaktadır. Bir kap içerisinde yoğun karbon monoksit gazında bırakılan ürünlerde; fırının ısı derecesine, kullanılan sırın cinsine ve kullanılan redüksiyon malzemesi çeşidine göre değişik etkiler elde edilebilmektedir. Genellikle pişirimde sanatçılar kolay bulunabilirliği ve ucuz olması sebebi ile talaş kullanmaktadır. Talaşa alternatif olarak, karbon bileşikleri çıkaracak pek çok redüksiyon malzemesi bulunmaktadır.

Bu araştırmada, “Raku Pişirimi ele alınmakta ve alternatif redüksiyon malzemeleri ile yapılmış olan deneyimlemeler aktarılmaktadır. Teorik bilgilere dayalı olarak, Raku Pişirim Tekniği ile alternatif redüksiyon malzemeleri kullanılarak gerçekleştirilen sanatsal formlara yer verilerek pişirim süreci açıklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Raku, Redüksiyon, Yanıcı, Duman, Pişirim.

ABSTRACT

Raku is a rapid firing process which is made with low-temperature and incidentally formed by reduction. In the past, products that at raku firing techniques, were glazed with lead glaze after biscuit firing and were heated around the kiln for a while during firing process and then they were placed to in the kiln with the help of tongs. To create an atmosphere of oxygenless in the kiln chimney was closed. Products that were taken out from the kiln, were allowed cooling down in the open air. Today, different from the old raku firing, reduction process is realized with removing the product immediately from the kiln, and then by throwing them into the sawdust or water. Contemporary Raku firing is based on the principle of connecting incandescent ceramic products out of the kiln with fuel materials such as sawdust or some plant leaves to create reduction environment. According to the type of reduction material used, applied glaze type and the temperature of the kiln, various effects can be obtained on the products which are left in a container full of carbon monoxide gas. Generally, artists use sawdust at the firing because of its easy availability and cheap price. As an alternative to sawdust there are many reduction materials which reveals carbon compounds.

At this research, the definition of raku firing technique and the experiences done with alternative reduction materials is mentioned. Depending on theoretical information details of Raku firing process are explained by giving place to artistic forms that have been created with this technique.

Keywords: Raku, Reduction, Combustible, Smoke, Firing.

1. RAKU PİŞİRİMİ

Raku, seramik alanında rastlantısal oluşan, çarpıcı yüzey etkileri ile düşük sıcaklıkta yapılan popüler bir hızlı pişirim sürecidir. Raku uygulamasının içinde; basit çatlaklı beyaz sırdan çarpıcı farklı renk tonlarına, mütevazi çay kaselerinden mecazi ya da soyut heykelsi formlara kadar onu her zaman genç ve canlı tutan geniş bir olasılık ve yenilik getirme yatar. Bu antik sürecin modern uygulaması ve hatta modern amacı onun doğulu köklerinden ayrılır. Rakunun sonuçları sonsuz bir çeşitlilik, enerji ve güzelliktedir. Japon ve Batı rakusu seramikçiye, pişirimin sonucunu kısa bir sürede elde edebilme imkânını sunar. Raku pişirimini benzersiz kılan onun bu çok geniş yelpazedeki çeşitliliğidir [1].

Raku kelimesi; kolaylık, haz ya da zevk anlamına gelir ve Japon çay seremonisine ya da chanoyu'ya (çay yolu) katılırken ulaşılmaya çalışılan var oluş nedenine örnek oluşturur [5].

'Raku', 4. yüzyıl öncesine tarihlenen, hızlı bir pişirim yöntemi uygulanarak düşük derecede pişirilen, kaplara ve yönteme verilen isimdir. Genellikle küçük kâse formunda olan sırlı kaplar, Japon çay seremonilerinde kullanılmak üzere üretilmiştir. İyi bir deneyim gerektiren 'raku pişirim tekniği'; akkor halindeki seramik ürünün, talaş veya bazı bitki yaprakları gibi redüksiyon ortamı yaratacak yakıt malzemeleri ile temas ettirilmesi esasına dayanmaktadır. Bir kap içerisinde 5 - 20 dakika kadar yoğun karbon monoksit gazında bırakılan bu ürünlerde; fırının ısı derecesine, kullanılan sırın cinsine ve bitki çeşidine göre değişik etkiler elde edilebilmektedir. Genellikle talaş içerisinden alınan seramik ürünler, çatlaklı bir yüzey görünümü kazanması için suya atılarak şoklanmaktadır. Günümüzde de seramik sanatçıları tarafından sıkça kullanılan raku pişirim tekniği sonucunda elde edilen farklı renklere sahip yüzey etkileri, eserlere ayrı bir görünüm katarak sanatsal ifadeyi güçlendirmektedir. Aynı zamanda geçmişte kullanılmış olan bu ilkel pişirim tekniğinin günümüz koşullarında uygulanabilirliği, çağdaş seramik sanatına yeni boyutlar kazandırmaktadır.

Eskiden raku pişirim tekniğinde, yüksek oranda şamot ve kuvars içeren gözenekli çamurdan yapılan ürünler, bisküvi pişirimleri yapıldıktan sonra erime dereceleri düşük kurşunlu sırlarla sırlanırdı. Sırlanan ürün yanmakta olan odun vb. yakıtlı fırın üzerinde ya da kenarlarında bir süre ısıtıldıktan sonra 750° - 950°C' deki fırına maşa yardımıyla yerleştirilirdi ve sırın gelişimi gözetleme deliğinden izlenirdi. Sırın köpürmesi bitip erimeye başladığı anda, fırın içinde oksijensiz bir atmosfer yaratmak için baca kapatılırdı. 5 - 10 dakika bu durumda bekleyen ürün 750° - 950°C' deki fırından çıkarılarak açık havada soğumaya bırakılırdı. Günümüzde eski raku pişiriminden farklı olarak ürünler fırından çıkartıldıktan hemen sonra talaş ya da su içine atılarak redüksiyon yapılır [2].

2. ALTERNATİF REDÜKSİYON MALZEMELERİ

Raku pişirimi, 16. yüzyıl Japonya'sına kadar uzanır. Japon geleneği, oksidasyon pişirimine ve soğutma metoduna dayanır. Yanıcı maddelerle bir redüksiyon ortamının tecrübe edilmesi çok yeni bir Kuzey Amerika gelişimidir ve bu süreçte ürün fırından alındıktan sonra redüksiyon yapılıp yapılmamasına karar vermek Batı rakusunu Japon rakusundan ayıran özelliktir [3].

Raku redüksiyonu için en sık kullanılan yanıcı madde kâğıttır. İki çeşit kağıt kullanılabilir; şeritler halinde kesilerek parçalanmış atık kağıtlar ya da parçalanmış gazete kağıtları. Gazete kağıtları, diğer atık kağıtlara oranla sırlı ürünlerin yüzeyindeki renklerde daha yoğun görünür ve daha fazla renk çeşitliliği sergiler. Bu belki de gazete basım mürekkeplerinde kullanılan kimyasalların bir sonucu olabilir.

Sık olarak rastlanılan diğer bir raku redüksiyon maddesi ise talaştır. Talaş ateşte daha çok cüruf yani yanmış kömür artığı gibi, kâğıttan çok daha yavaş yanmaktadır ve talaşın sır yüzeyine değen kısımlarında benekler oluşmaktadır.

Yapraklar ve biçilmiş ot gibi diğer doğal yanıcılar da raku redüksiyonunda kullanılan maddelerdir [4].

3. ALTERNATİF REDÜKSİYON MALZEMELERİ İLE DENEYİM

Deneyde kullanılmak üzere bisküvi pişirimi $950^{O}C$'de yapılmış formlara, saydam sır uygulanmıştır. Sırlı ve sırsız yüzeylerde, redüksiyon malzemelerinin verdiği etkiyi daha iyi anlayabilmek için formlar maskeleme tekniği kullanılarak, daldırma yöntemiyle sırlanmıştır. Sırların tamamen kuruyarak sularından uzaklaştıklarından emin olunduktan sonra, formlar raku fırınına yerleştirilerek $1000^{O}C$'de pişirilmiştir.

Formların üzerindeki sırlı yüzeyler camsı şekilde göründüğünde fırın kapatılmıştır, formlar birbiri ardına hızla dışarı çıkarılarak on ayrı içerikte fakat birbirinin aynı metal kaplar içerisine yerleştirilmiştir.

Her bir yanıcı redüksiyon malzemesi alev aldığında metal kabı kapakla kapatmadan önce 10 saniye beklenmiştir. Kapaklar nispeten sıkıdır ve çok az duman dışarı kaçmaktadır. Bir saat sonra formlar soğuduğunda hepsi dışarı çıkarılmıştır. Sıcak musluk suyunun altına tutularak yüzeyleri tüm yapışkanlardan ve üzerlerindeki kararmış yanıcı maddeden uzaklaştırılmıştır.

Yanıcı malzemenin kendine has özelliği ve yanıcı malzemenin katları arasında saklanan oksijen miktarı tüm redüksiyon kaplarında gerçekleşen indirgemenin kuvvetini etkilemektedir.

3.1. Talaş

Talaş redüksiyonunda form çok kuvvetli bir indirgemeye maruz kalmış ve sır yüzeyinde ilginç bir benekli doku oluşmuştur. Her bir siyah nokta yanmış talaşın ürünüdür. Form yarısına kadar talaşın içine gömülmüştür. Daha sonra üst yüzey fazladan talaşla kaplanmış ve oksijeni alabilecek açıkta hiçbir sır yüzeyi bırakılmamıştır. Eğer sır yüzeyi oksijene maruz kalsaydı çok farklı bir sonuç ortaya çıkabilirdi. Sırın ince ve kalın uygulandığı yerlerdeki yüzeyler arasında hiçbir görünür farklılık yoktur. Form yüzeyiyle temas eden metal kaptaki talaş tutuşmuşken, geri kalanı neredeyse dokunulmamış şekilde durmaktadır (Şekil 1). Sır yüzeyinden külleşmiş talaşı temizlemek için sert bir fırça kullanılmıştır.

Şekil 1. Talaş ile redüksiyonu yapılan form.
Figure 1. Ceramic form which reduced with sawdust.

3.2. Saman

Saman talaş kadar sır yüzeyinde belirleyici bir etki gerçekleştirmemiştir. İçin için ve yavaş bir şekilde karbondioksit çıkışı gerçekleştirerek yanmıştır. İçin için yanmasından dolayı anlık bir şoklama yaratamaması sebebi ile sır yüzeyinde sır çatlağı az miktarda bulunmaktadır (Şekil 2). Formların üzerindeki sır çatlağı ve karbon miktarı isteğine göre ürünler metal kutular içerisinde daha uzun süre tutularak, daha çok redüksiyona maruz bırakılabilir.

Şekil 2. Saman ile redüksiyonu yapılan form.
Figure 2. Ceramic form which reduced with straw.

3.3. Tezek

Tezek, genelde büyükbaş hayvanların dışkısı henüz sıcakken, yani hayvan dışkıyı bırakır bırakmaz kolay tutuşsun diye içine biraz ot, saman karıştırılarak iki el kullanılarak hamur açar gibi düzleştirilip yuvarlaklaştırılarak yapılır. Tezekte aynı saman ile yapılan redüksiyondaki gibi için için ve yavaş bir şekilde karbondioksit çıkışı gerçekleştirerek yanmıştır. Fakat karbondioksit çıkışı daha yoğundur ve form üzerinde hem çatlaklar oluşturmuş hem de sırsız yüzeylerde daha koyu siyah rengin elde edilmesini sağlamıştır (Şekil 3).

Şekil 3. Tezek ile redüksiyonu yapılan form.
Figure 3. Ceramic form which reduced with turd.

3.4. Gazete Kağıdı

Çok kuvvetli bir indirgeme gerçekleştirmesi sebebiyle gazete kâğıtları yanıcı madde olarak sıkça tercih edilmektedir. Sıcak ürün yüzeyiyle temas eden kâğıt çok hızlı bir şekilde yanar. Daha çabuk tutuşması oksijenin hızla tüketilmesine ve böylece kuvvetli bir indirgeme atmosferi oluşturmasına neden olur. Kâğıt esnek bir malzemedir ve maksimum oksijenin yanıp tükenmesi için çok fazla miktarda kâğıt metal kabın içinde toplanarak sıkıştırılabilir. Kâğıt nihai sır yüzeyinde az miktarda iz bırakır. Belki de gazetede bulunan baskı mürekkebinin sayesinde yüzeyde çeşitli renk geçişleri oluşmuştur (Şekil 4).

Şekil 4. Gazete kağıdı ile redüksiyonu yapılan form.
Figure 4. Ceramic form which reduced with newspaper.

3.5. Naftalin

Naftalin, kimyasal formülü $C_{10}H_8$ olan, aromatik hidrokarbondur. Beyaz pulcuklar biçiminde, billur yapılı bir katıdır. Sanayide eritici, yakıt veya boya hammaddesi olarak kullanılır. 80 °C'de eriyip, 217 °C'de kaynamaya başlaması sebebi ile buharlaşarak yüzeye nüfuz etmiştir. Sır yüzeyinde küçük kılcal çatlakların yoğunluğu ve sarı rengin oluşumu ilgi çekicidir. Sırsız yüzeylerde yoğun bir siyahlık yaratmamıştır (Şekil 5).

Şekil 5. Naftalin ile redüksiyonu yapılan form.
Figure 5. Ceramic form which reduced with naphthalene.

3.6. Çimen

Yaş çimen ile dolu metal kap değişik bir indirgeme sağlamıştır. Fakat yaş olmaları sebebi ile gazete kağıdı gibi kolayca tutuşmadıkları gözlemlenmiştir. Çimen çok yavaş, için için yanan bir ateş oluşturur, alevler açıkça görülür ve çimenlerin yaklaşık olarak yarısı tutuşur ve kolayca yanmadığından oksijen çabucak tüketilmez. Duman çok ağır ve kalın bir tabaka halindedir, belki de bu formun üzerindeki sırsız alanlara katkıda bulunmaktadır. Formun yüzeyi, kalın sır uygulanan yerlerde açıkça fark edilen sarı alacalı bir görünümdeyken ince sırın uygulandığı yerlerde bu durum görülmemektedir. Yanan çimen, sır yüzeyinde birkaç tutam siyahlık bırakmıştır ve siyah renk çok yoğun değildir (Şekil 6).

Şekil 6. Çimen ile redüksiyonu yapılan form.
Figure 6. Ceramic form which reduced with grass.

3.7. Kuru Yaprak

Yaprakların redüksiyon üzerinde çok az etkisi vardır. Kuru yapraklar serttir ve gazete kâğıdı gibi kolayca sıkıştırılamazlar ve aralarında, deneyde kullanılan diğer yanıcı maddelere göre daha fazla oksijen cepleri kalır. Yapraklar, kâğıt redüksiyonunda olduğu gibi, aynı yoğunlukla alevler halinde yanmazlar; bunun yerine yanma daha çok kademeli gerçekleşir ve yaprakların yaklaşık yarısını tutuşturur. Yüzey teması açısından yapraklar kâğıda benzer, sır yüzeyinde hemen hemen hiçbir etki bırakmazlar. Kalın uygulamanın olduğu yerde sır haki alacalı bir renk görünüme sahipken sırın ince uygulandığı yerde bu durum görülmemiştir (Şekil 7).

Şekil 7. Kuru yaprak ile redüksiyonu yapılan form.
Figure 7. Ceramic form which reduced with dried leaves.

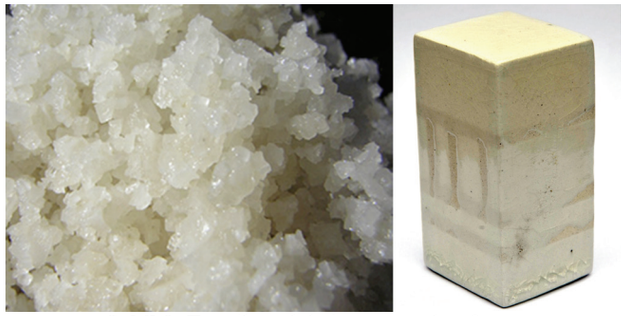
3.8. Şeker

Raku fırınından alınan ürün şeker dolu metal kabın içerisine atıldığında, şeker, çok hızlı bir şekilde sıcak ürünün yüzeyini kaplayarak karamelizasyon işlemi gerçekleştirmiştir. Karamelizasyon, şekerin yavaşça ısıtılması sonucu eriyerek moleküllerinde ortaya çıkan değişiklik sonucu kahverengi bir renk almasıdır. Ürün soğuduğunda, yüzeydeki karamel halindeki şekeri temizlemek için form sıcak su dolu bir kabın içerisinde bekletilmiş ve daha sonra temizlenmiştir. Sır yüzeyinde kılcal çatlakların oluştuğu ve çatlakların arasının siyaha yakın kahverengi renk ile dolduğu gözlemlenmiştir (Şekil 8).

Şekil 8. Şeker ile redüksiyonu yapılan form.
Figure 8. Ceramic form which reduced with sugar.

3.9. Tuz

Tuz, bir asit ve bazın reaksiyonuyla oluşur, kimyada sodyum klorür (NaCl) ismiyle bilinen beyaz kristal yapılı bir bileşiktir. Özel fırınlarında tuz ile pişirimler yapılabilmektedir. Sırsız ürünlerin yüzeyi sodyum klorür sayesinde kaplanarak, sırlı bir görünüm alabilmektedir. Tuz alternatif bir raku redüksiyon malzemesi olarak çok iyi bir sonuç vermemiştir. Sodyum Klorür sırsız bırakılan bölgelerin de yüzeyini sır gibi kaplayarak diğer redüksiyon malzemelerinin oluşturduğu gibi bir isleme oluşturmamış ve çok ince kılcal çatlaklar ortaya çıkarmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Tuz ile redüksiyonu yapılan form.
Figure 9. Ceramic form which reduced with salt.

3.10. Çay Posası

Çay (*Camellia sinensis*), çaygiller (Theaceae) familyasından nemli iklimlerde yetişen, yaprak ve tomurcukları içecek maddesi üretmekte kullanılan bir tarım bitkisidir. Biriktirilen atık çay posaları kurutulduktan sonra alternatif bir redüksiyon malzemesi olarak kullanılmıştır. Çay posası hızlı alev alan ve harlı yanan bir bitki atığı değildir, ateş ağır ağır yanmaktadır. Bu sebepten dolayı ürünün sırsız bırakılan bölgelerinde çok yoğun koyu bir isleme görülememektedir. Posanın renginin kahverengi olmasından dolayı, ürünün kimi yüzeylerinde kahverengi ve kemik renk tonları hakimdir. Form üzerinde farklı büyüklüklere sahip kılcal çatlakları görmek mümkündür (Şekil 10).

Şekil 10. Çay posası ile redüksiyonu yapılan form.
Figure 10. Ceramic form which reduced with tea pulp.

Şekil 11. Talaş ile redüksiyonu yapılan Hasan Başkırkan'a ait formlar.
Figure 11. Ceramic form which reduced with sawdust crated by Hasan Başkırkan.

Şekil 12. Gazete kağıdı ile redüksiyonu yapılan Hasan Başkırkan'a ait formlar.
Figure 12. Ceramic form which reduced with newspaper crated by Hasan Başkırkan.

5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Dumanlı Pişirim Teknikleri'nden biri olan Raku Pişiriminin her aşaması zahmetli ve uzun süreçler almasına rağmen, yüzey üzerinde oluşturduğu dokusal etkiler nedeni ile elde edilen sonuçlar oldukça ilgi çekicidir.

Raku Pişirimi ile denemeler yapılırken, uygulama için bu konuda üretilmiş olan örnekler incelenmiştir. Özellikle redüksiyon için ne tür maddelerin tercih edildiği araştırılmıştır. Raku pişirimi yapan sanatçıların genelde redüksiyon için kolay bulunabilirliği ve ucuz olması sebebi ile talaş kullanımını tercih ettikleri saptanmıştır. Redüksiyon malzemesi olarak yanarak duman yani karbon bileşikleri

üretebilecek tüm organik maddeler kullanılabilir. Araştırmada on farklı malzeme ile deneme yapılmıştır. Ancak redüksiyon malzemeleri bunlarla sınırlı değildir. Yaşanılan bölgeye göre elde edilecek her türlü yanıcı organik maddeyi kullanmak, sanatçı yaratıcılığına kalmaktadır. Redüksiyon malzemesi olarak özellikle eğer atık malzemeler tercih edilirse, hem maliyeti düşürecek hem de atıkların değerlendirilmesini sağlayacaktır.

Her bir form birbirinden çok farklı bir görünüm sergilemektedir. Gazete kâğıdı, talaş ve yapraklar arasındaki fark çok benzersizdir. Biçilmiş otlarsa gazete kâğıdı ve yapraklarla elde edilen sonuçların bir görsel karışımı gibi görünmektedir. Sırsız yüzeylerdeki karbonlaşma, tüm on formada da neredeyse aynı görünümdedir. Raku pişiriminde kullanılan sırın türü, fırının tipi, fırının ısı derecesi ve redüksiyonda kullanılan malzemenin türü, ürünler üzerinde alınacak etkide çok önemli söz sahibidir.

KAYNAKLAR

[1] BAŞKIRKAN, Hasan, *Dumanlı Pişirim Teknikleri,* yayınlanmamış sanatta yeterlik tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2010.

[2] ÖZCAN, Mürşit Cemal, *Geleneksel Raku Tekniği ve Artistik Seramik Formlarda Uygulanması,* yayınlanmamış yüksek lisasn tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 1997.

[3] PERRYMAN, Jane, *Smoke-fired Pottery,* A & C Black Britsh Library, London / UK., 1995.

[4] TURNER, Anderson, *Firing Techniques (Raku, Pit, Barrel)***,** Ceramic Arts Handbook Series, The American Ceramic Society, USA, 2007.

[5] WATKINS, J. C. & WANDLESS, P. A., *Alternative Kilns & Firing Techniques***,** A Lark Ceramics Book, USA., 2006.

KURİKİ HÖYÜK ARKEOLOJİK KAZI ALANINDA ELE GEÇEN BAZI SERAMİK BULUNTULARIN SEM/EDX İNCELEMELERİ

SEM/EDX INVESTIGATION OF SOME CERAMIC FINDINGS UNCOVERED FROM THE ARCHAEOLOGICAL EXCAVATION AREA OF KURIKI MOUND (TURKEY)

MURAT BAYAZİT[1], İSKENDER IŞIK[2], ALİ İSSİ[2], HAZAL ÖZLEM ERSAN[3], GÜRBÜZ TAŞKIRAN[4],

[1]Batman Üniversitesi, GSF, Seramik, Batman/Türkiye
[2]Dumlupınar Üniversitesi, Müh. Fak., Malzeme Bil. ve Müh., Kütahya/Türkiye
[3]İBB Koruma, Uygulama ve Denetim Müdürlüğü (KUDEB), İstanbul/Türkiye
[4]Batman Üniversitesi, GSF, Geleneksel Türk El Sanatları, Batman/Türkiye

ÖZET

Pişmiş toprak malzeme olan kil esaslı seramiklerde sıcaklığın yükselmesiyle birlikte bazı fiziksel ve kimyasal değişimler görülmektedir. Optik mikroskopların vitrifikasyon ve sinterlenme davranışlarını incelemede sınırlı imkânlar sunması nedeniyle, mikroyapısal ve mikrokimyasal özellikler çoğunlukla taramalı elektron mikroskobu/enerji-dalgaboyu dağılımlı X-ışını spektroskopisi (SEM/EDX-WDX) tekniği ile incelenmektedir. Geri saçınımlı elektron (BSE) ve ikincil elektron (SE) görüntüleriyle vitrifikasyon dereceleri (başlangıç, süregelen veya ilerlemiş) belirlenmekte ve bununla birlikte taneler arası etkileşimlerin incelemesiyle antik seramiklerin yapısal özellikleri ve üretim süreçleri hakkında önemli bilgiler elde edilmektedir. Mikron ölçekte bölgesel, çizgisel veya noktasal yapılabilen kimyasal analizler sayesinde taneler arası ve taneler ile matris arasındaki etkileşimlerin varlığı, element ve oksit içerikleri ile belirlenebilmektedir. Bu çalışmada Batman iline yaklaşık 15 km uzaklıkta bulunan Kuriki Höyük arkeolojik kazı alanında ele geçen bazı temsili seramik buluntuların taramalı elektron mikroskop incelemeleri üzerinden SEM/EDX mikroyapısal ve mikrokimyasal karakterizasyon tekniğinin seramik arkeometrisindeki yeri ve önemi üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Taramalı elektron mikroskobu, Mikro yapı, Arkeometri.

ASBTRACT

In clay based ceramic materials (terracotta) some physical and chemical changes are seen with the increase in temperature. Since the optical microscopes present limited facilities in the examination of the vitrification and sinterization behaviors, microstructural and microchemical properties are commonly investigated using scanning electron microscope equipped with energy or wavelength dispersive X-ray spectroscopy (SEM/EDX-WDX). The vitrification degree (initial, continuous or extended) of the ceramics is identified thanks to the back scattered electron (BSE) and secondary electron (SE) images, and also a substantial knowledge of the structural features and the production processes of ancient ceramics is obtained with the observation of the inter-granular interactions. Owing to the chemical analyses (cross-sectional, lineal or point) in micro scale the presence of the interactions among the grains, and also between the grains and matrix can be identified by the element and oxide contents. In this study, the status and importance of the micro structural and micro chemical characterization technique of scanning electron microscope in ceramic archaeometry are evaluated through the SEM/EDX investigations of some representative potsherd samples found in the excavation area of the Kuriki Mound (15 km to Batman city, Turkey).

Keywords: Scanning electron microscope, Micro structure, Archaeometry.

1. GİRİŞ

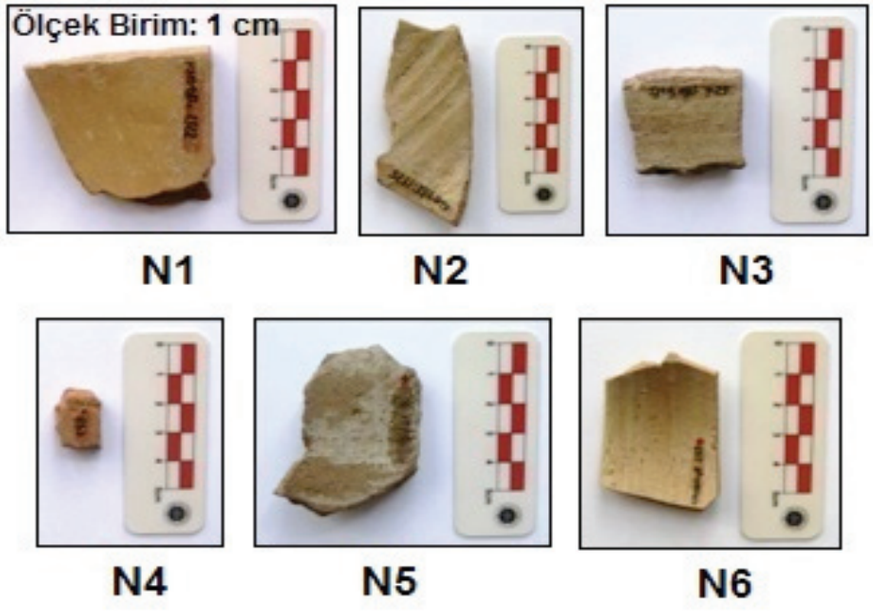
Arkeolojik kazılarda ele geçen seramik, ahşap, metal ve cam malzemeler ait oldukları dönem ve toplumlar hakkında detaylı bilgiler içermektedir. Eski çağlarda yaşamlarını sürdüren insanların sosyal, kültürel, ekonomik ve sanatsal yönlerinin ortaya çıkarılmasında önemli basamakları oluşturan bu malzemeler 19. yüzyıla kadar yalnızca form ve tasarım yönünden ele alınmış olup, bu buluntuların gruplandırma ve tarihlendirme işlemleri yalnızca arkeologlar tarafından belirlenmekteyken son yüzyılda gelişen teknoloji ile birlikte artık diğer fen bilimleri ve mühendislik bilimleri de araştırmalara dahil olmaya başlamıştır. Bu değişim ile birlikte arkeolojik malzemelerin kimyasal, mineralojik, fiziksel, ısıl ve mikroskobik (optik ve elektron optik) incelemeleri ön plana çıkarak farklı metot ve yöntemlerin kullanılmasına başlanmıştır.

X-ışını floresansı (XRF), X-ışını kırınımı (XRD), indüktif çift plazma atomik veya optik emisyon spektroskopisi (ICP-AES/OES), nötron aktivasyon analizi (NAA), atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS), taramalı elektron mikroskobu (SEM)/enerji veya dalga boyu saçınımlı X-ışını spektroskopisi (EDS/WDS), optik mikroskop, Raman spektroskopisi, Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR), termogravimetrik analiz (TGA) ve diferansiyel ısıl analiz (DTA) arkeolojik kazı alanlarında ele geçen pişmiş toprak malzemeler (seramikler) üzerinde uygulanan çok disiplinli incelemelerde sıklıkla kullanılan başlıca yöntemlerden bazılarıdır [1]. Bu analizler sayesinde seramik malzemelerin mineral/faz, element, kayaç, agrega, organik madde ve oksit içeriklerinin yanında mikroyapı ve ısıl özellikleri de ortaya çıkarılabilmektedir. Elde edilen bilgiler ışığında seramik numunelerin hammadde içeriği ve pişirim koşulları (maksimum sıcaklık, pişirme süresi ve pişirme atmosferi) hakkında önemli bilgiler elde edilmektedir. Bu çalışmada seramiklerin mikroyapısal ve mikrokimyasal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan taramalı elektron mikroskobu tekniğinin uygulama ve yorumlama biçimleri üzerinde durulmuştur. Bu amaçla Batman ili, Oymataş Köyü'nde yer alan Kuriki Höyük'te ele geçen seramikler için uygulanan SEM/EDX analizinde elde edilen sonuçlar üzerinden numunelerin mikroyapısal ve mikrokimyasal özellikleri incelenmiştir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma kapsamında incelenen temsili seramik örnekler Şekil 1'de gösterilmiştir. Numunelerin arkeolojik bilgileri Çizelge 1'de verilmiştir. N1 ve N2 kodlu numuneler kazı alanında A alanı olarak isimlendirilen Kuriki Höyük-1'den, diğer numuneler ise kazı alanında B alanı olarak isimlendirilen Kuriki Höyük-2'den temin edilmiştir. Toprak altında uzun yıllar boyunca çeşitli çevresel ve jeolojik etkilere maruz kalabilen seramiklerde oluşan kirlilik ve safsızlıkların giderilmesi ve böylelikle daha sağlıklı sonuçların elde edilmesi amacıyla numuneler öncelikle saf su ile temizlenmiştir. SEM/EDX analizi öncesinde seramiklerin mineral/faz içerikleri incelenmiştir. Bu amaçla örnekler agat havanda toz haline getirilerek (~ $\leq$100 μm) 2 derece/dakika hızla 2-70^{o} kırınım açısı değerleri arasında Cu Kα X-ışını kaynağına sahip Rigaku marka Miniflex model X-ışını kırınım cihazı ile analiz edilmiştir. Seramiklerin mineral/faz içerikleri JADE ve PDXL yazılımları yardımıyla belirlenmiştir. SEM/EDX analizlerinde kullanmak üzere seramiklerden

temsili kırık parçalar alınmış ve bu numuneler Zeiss marka Supra 50VP model bir taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Seramiklerin geri saçınımlı elektron (BSE-back scattered electron) görüntüleri alınmıştır. Elektron mikroskobu ile birlikte çalışan Oxford Instruments marka INCA Energy model enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDX) detektörü ile seramiklerde noktasal kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Seramik numunelerin temsili görüntüleri.

Figure 1. Representative images of the ceramic samples.

Çizelge 1. Seramik numunelere ait arkeolojik bilgiler.

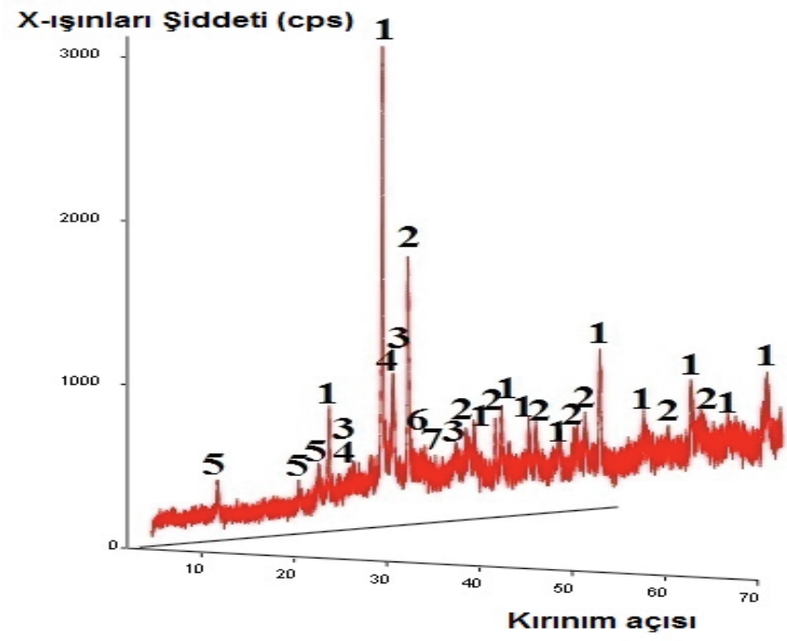
Table 1. Archeological information of the ceramic samples.

Numune Kodu	Ait Olduğu Tabaka	Dönem	Bulunma Yeri ve Yılı	Parça Türü
N1	I.Tabaka	MS. I. bin ve sonrası	B Alanı, Lokus 4, 2009	Gövde Parçası
N2			B Alanı, Lokus 5, 2009	
N3	II.Tabaka	MÖ. I. bin sonları - MS. I. bin başları	A Alanı, Lokus 93, 2009	Gövde Parçası
N4			A Alanı, Lokus 93, 2009	
N5	III.Tabaka	MÖ. I. bin	A Alanı, Lokus 41, 2010	Kulp-Gövde Parçası
N6	IV.Tabaka	MÖ 3100-2800	A Alanı, Lokus 48, 2009	Çanak Ağız Kenarı Parçası

3. SONUÇLAR

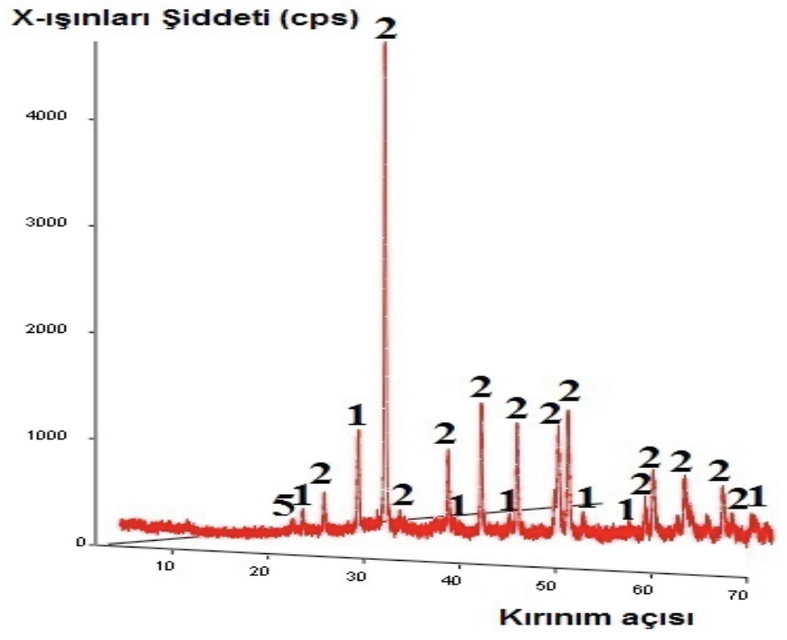
3.1. XRD Sonuçları

Numuneler üzerinde uygulanan XRD analizi ile seramiklerdeki mineral/faz içerikleri belirlenmiştir. Silikat esaslı seramiklerde pişme sıcaklığına bağlı olarak çeşitli fiziksel ve kimyasal değişimler meydana gelmekte ve bu değişimler arkeometrik çalışmalara ışık tutmaktadır. Örneğin; gehlenit ve piroksen mineralleri sırasıyla kalsit-illit (~800-850^{o}C) ve dolomit-silika (~850-900^{o}C) reaksiyonları sonucunda oluşmaktadır [2]. Dolayısıyla bu mineral/faz içeriklerinin tespiti seramiğin pişme sıcaklığının tahmininde oldukça faydalı bilgiler verecektir. Oluşum reaksiyonlarının yanı sıra bozunumlar da pişirme sıcaklık aralıklarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Örneğin; illit/muskovit minerali her ne kadar bünyesindeki OH^- gruplarını 700^{o}C civarında kaybetse de, yapısal bozunum 900-1000^{o}C gibi daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmektedir [3,4]. Dolomit ve kalsit gibi karbonatlı malzemelerin varlığı maksimum pişirme sıcaklığının sırasıyla 650-700^{o}C ve 750-850^{o}C civarında olduğuna işaret etmektedir, zira bu sıcaklık değerlerinin üstünde karbonatlı minerallerde bozunma meydana gelmektedir [4,5]. Oluşum ve bozunum reaksiyonları için belirlenen bu sıcaklık aralıkları pişirme şartları (maksimum sıcaklık, pişirme süresi ve atmosferi, pişirim tekniği) ve üretimde kullanılan başlangıç hammaddeleri ile de doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla, bu etkenlere bağlı olarak reaksiyonların gerçekleşme sıcaklıkları ve verimlilikleri değişik dönemlere ait seramikler için farklılıklar gösterebilmektedir. Çalışmada kullanılan numunelere ait XRD sonuçları Şekil 2-6'te verilmiştir (1: kuvars, 2: kalsit, 3: plajiyoklaz, 4: feldspat, 5: illit/muskovit, 6: piroksen, 7: gehlenit, 8: dolomit, 9: hematit).



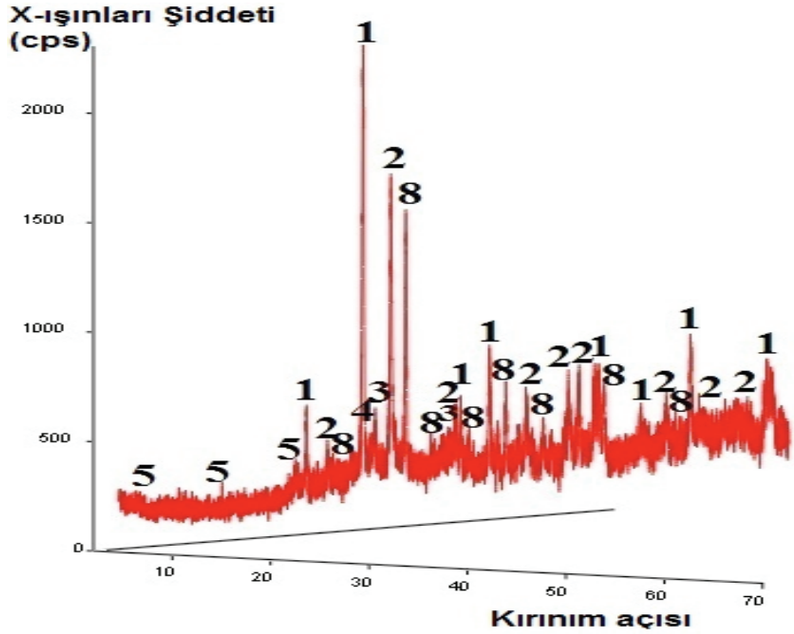
Şekil 2. N1 numunesi XRD analiz sonucu

Figure 2. XRD result of sample N1

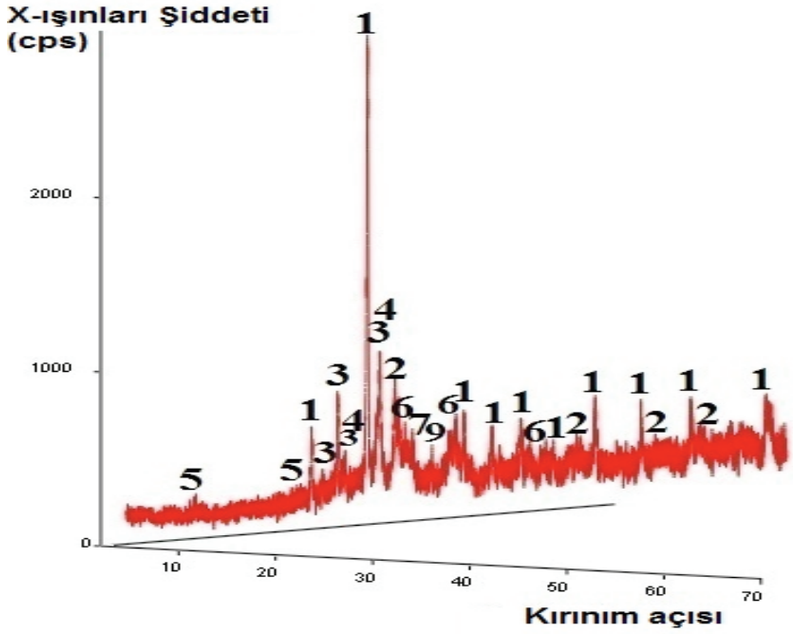


Şekil 3. N2 numunesi XRD analiz sonucu

Figure 3. XRD result of sample N2

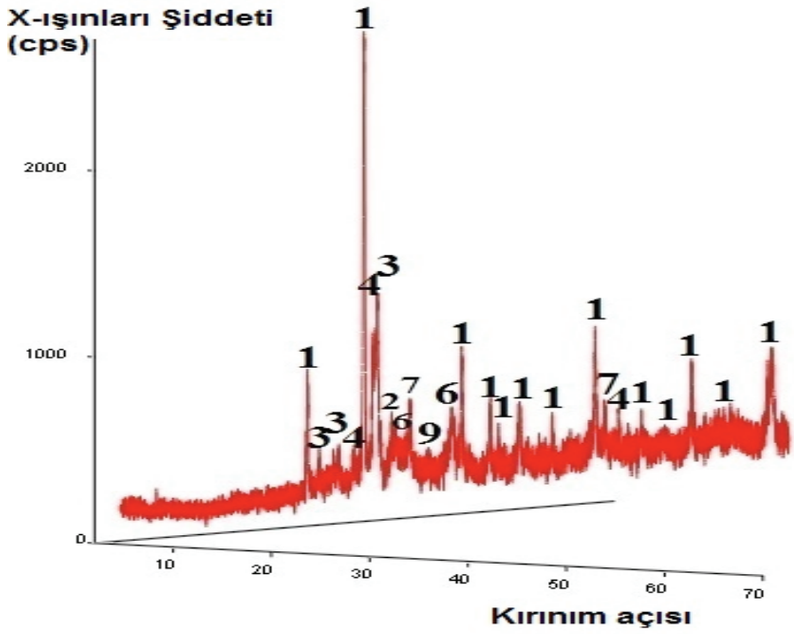


Şekil 4. N3 numunesi XRD analiz sonucu
Figure 4. XRD result of sample N3



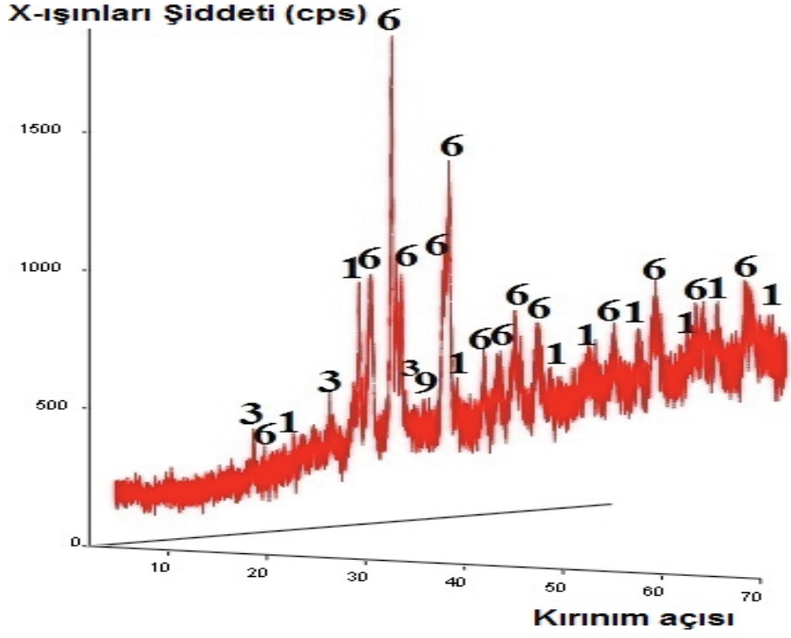
Şekil 5. N4 numunesi XRD analiz sonucu

Figure 5. XRD result of sample N4



Şekil 6. N5 numunesi XRD analiz sonucu

Figure 6. XRD result of sample N5



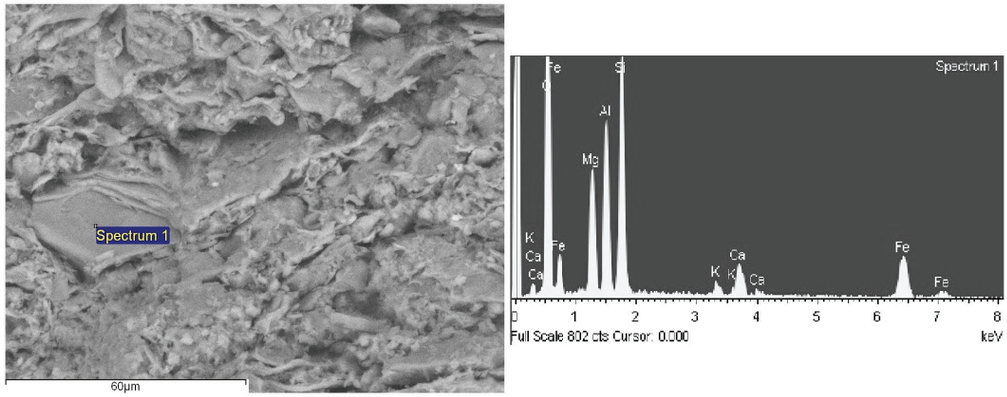
Şekil 7. N6 numunesi XRD analiz sonucu

Figure 7. XRD result of sample N6

3.2. SEM/EDX Sonuçları

Mineral/faz içerikleri belirlenen numunelerin mikro yapısal ve mikro kimyasal özellikleri SEM/EDX ile ortaya konulmuştur. Kil minerali ve kalsit ihtivasının dışında yüksek sıcaklık minerallerinden gehlenit ve pirokseni de içeren

N1 kodlu numunenin büyük olasılıkla kararlı olmayan bir pişirme işlemine maruz kaldığı düşünülmektedir. Bu durum numuneye ait SEM/EDX analiz sonuçlarında da gözlemlenmiştir (Şekil 8 ve Çizelge 2). Numuneye ait geri saçınımlı elektron görüntüsü incelendiğinde tabakalı kil yapısının kısmen de olsa korunduğu ve vitrifikasyon derecesinin düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 8. N1 numunesine ait BSE görüntüsü ve seçilen noktaya ait EDX analizi.

Figure 8. BSE image of the sample N1 and EDX analysis of the selected point.

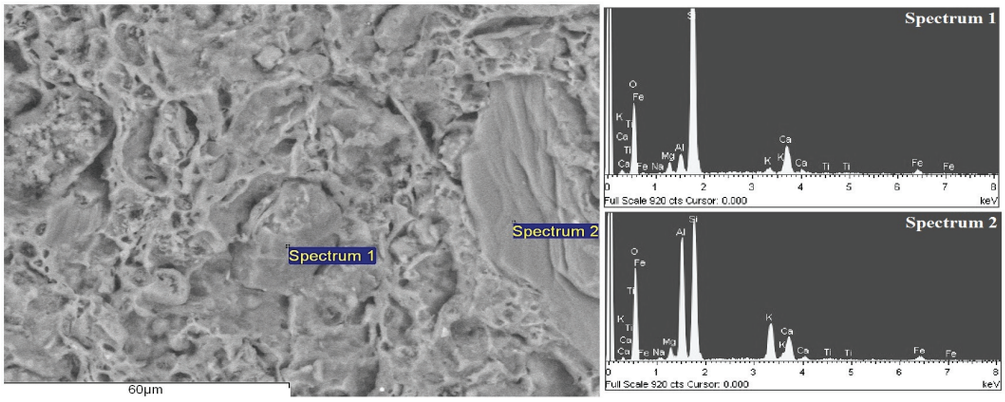
Çizelge 2. N1 numunesinde seçilen noktaya ait EDX mikro kimyasal analiz sonucu.

Table 2. EDX micro chemical analysis result of the selected point on sample N1.

Element	% Ağırlık	% Atomik	% Bileşik	Formül
Mg	9.58	8.63	15.89	MgO
Al	11.72	9.51	22.14	Al_2O_3
Si	18.40	14.34	39.36	SiO_2
K	0.89	0.50	1.07	K_2O
Ca	3.28	1.79	4.59	CaO
Fe	11.85	4.65	16.95	Fe_2O_3
O	44.28	60.59		
Toplam	100.00			

XRD analizinde baskın bir şekilde belirlenen kalsit içeriğine bağlı olarak N2 kodlu numunenin maksimum pişirme sıcaklığının kalsit bozunum sıcaklığı olan 750-850^{o}C'yi geçmediği belirlenmiştir. Buna rağmen numuneye ait geri saçınımlı elektron görüntüsü (Şekil 9) incelendiğinde matris içerisindeki tanelerin belirgin olduğu, fakat genel olarak keskin köşeli olmadıkları görülmüştür. Bu durum için kalsitin vitrifikasyon sıcaklığını düşürmüş olabileceği veya diğer numunelere göre aynı sıcaklıkta nispeten daha yoğun bir yapı oluşturabileceği düşünülmektedir [6].

BSE görüntüsünde seçilen iki faklı tane üzerindeki noktasal EDX analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 3 ve Çizelge 4'te verilmiştir.



Şekil 9. N2 numunesine ait BSE görüntüsü ve seçilen noktaların EDX analizleri.

Figure 9. BSE image of the sample N2 and EDX analyses of the selected points.

Çizelge 3. N2 numunesi üzerinde seçilen noktaya (Spectrum 1) ait EDX sonucu.

Table 3. EDX result of the selected point (Spectrum 1) on the sample N2.

Element	% Ağırlık	% Atomik	% Bileşik	Formül
Na	0.21	0.19	0.28	Na_2O
Mg	1.50	1.29	2.49	MgO
Al	2.18	1.69	4.12	Al_2O_3
Si	37.05	27.65	79.27	SiO_2
K	0.89	0.48	1.07	K_2O
Ca	6.23	3.26	8.71	CaO
Ti	0.21	0.09	0.34	TiO_2
Fe	2.60	0.98	3.72	Fe_2O_3
O	49.14	64.37		
Toplam	100.00			

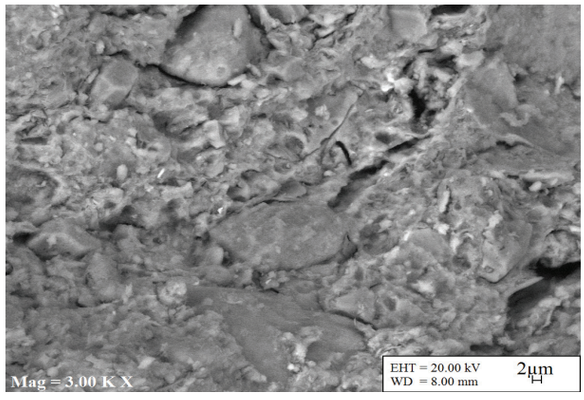
Çizelge 4. N2 numunesi üzerinde seçilen noktaya (Spectrum 2) ait EDX sonucu.

Table 4. EDX result of the selected point (Spectrum 2) on the sample N2.

Element	% Ağırlık	% Atomik	% Bileşik	Formül
Na	0.37	0.35	0.50	Na_2O
Mg	1.56	1.39	2.58	MgO
Al	15.10	12.14	28.52	Al_2O_3
Si	21.97	16.97	47.00	SiO_2
K	8.30	4.60	9.99	K_2O
Ca	5.53	2.99	7.74	CaO
Ti	0.25	0.11	0.42	TiO_2
Fe	2.27	0.88	3.25	Fe_2O_3
O	44.66	60.56		
Toplam	100.00			

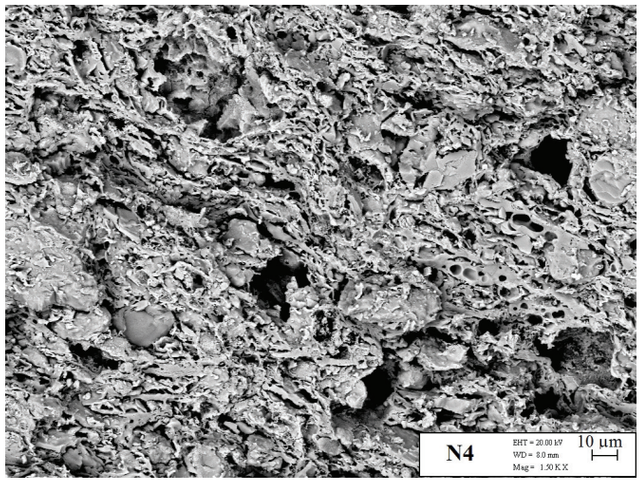
N3 kodlu numunede belirlenen kalsit ve dolomit içeriği (Şekil 4) bu seramiğin maksimum ~650-750^{o}C sıcaklık aralığında pişirildiğine işaret etmektedir. Numuneye ait BSE görüntüsü (Şekil 10) incelendiğinde iri tanelerin varlığı ve bünyenin yoğun olmayan bir yapıya sahip olması vitrifikasyonun gerçekleşmediğini göstermiştir.

Kalsit ve/veya dolomit içerikli kil ve kuvars esaslı seramiklerde ortalama 800-850^{o}C sıcaklıkta gehlenitin oluşması ve ardından piroksen minerallerinin ortaya çıkması incelenen numunelerin pişirilme sıcaklıkları hakkında önemli bilgiler vermektedir [7]. N4 kodlu numuneye ait XRD analizinde nispeten düşük şiddetlerdeki piroksen minerallerine ve daha düşük şiddette pikler veren gehlenit fazına ($Ca_2Al_2SiO_7$) rastlanmıştır. Dolayısıyla bu numunenin yaklaşık olarak 850^{o}C civarında pişirildiği ön görüsünde bulunulabilir. Ayrıca, düşük şiddette pik veren kalsitin ise gömülme koşullarına bağlı olarak oluşabilecek ikincil kalsit olduğu [8,9] veya pişme şartlarının uygunsuz ve yetersiz olmasından dolayı yüksek sıcaklık fazlarının bölgesel olarak oluştuğu, dolayısıyla da kalsitin tam olarak bozunmamış olabileceği düşünülmektedir. N4 kodlu numuneye ait BSE görüntüsü (Şekil 11) incelendiğinde tabakalı silikat yapısının kısmen de olsa korunduğu ve ayrıca bölgesel olarak tanelerin pekişerek düzgün yüzeyler meydana getirdiği gözlemlenmiştir. BSE görüntüsündeki bu bölgesel mikroyapı farklılıklarının nedeni olarak sırasıyla şunlar gösterilebilir; i: hammadde hazırlama prosesinin verimli olmaması (heterojen öğütme/dağılım); ii: düzensiz pişirim ortamı (dengesiz ısı dağılımı, yetersiz pişirme süresi/maksimum sıcaklık); iii: seramiğin pişirim esnasındaki konumu.



Şekil 10. N3 numunesine ait BSE görüntüsü.

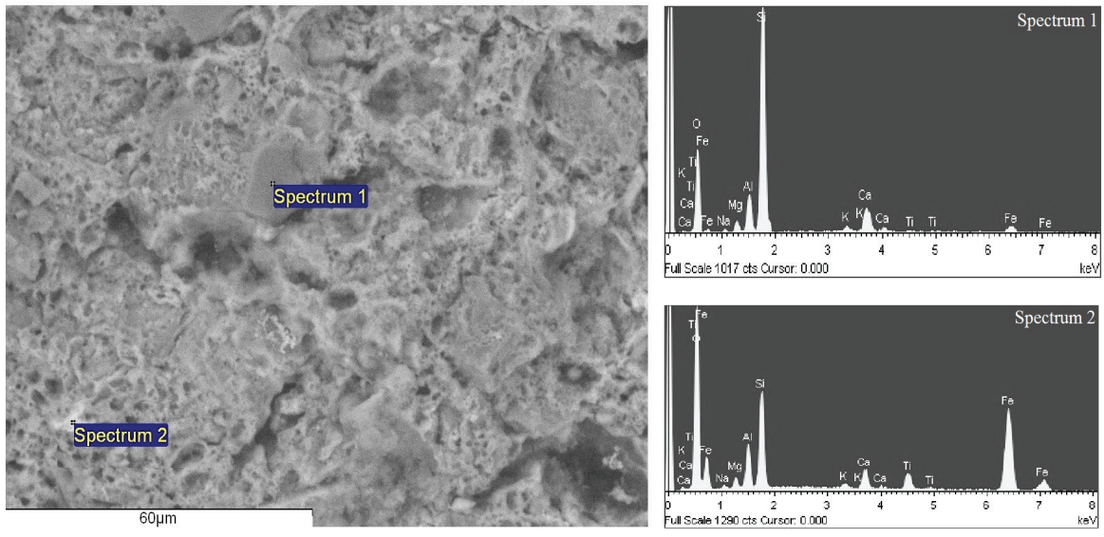
Figure 10. BSE image of the sample N3.



Şekil 11. N4 numunesine ait BSE görüntüsü.

Figure 11. BSE image of the sample N4.

N5 kodlu numuneye ait XRD analizinde nispeten düşük şiddette gehlenite ve gehlenitten daha düşük şiddette pikler veren piroksen mineraline rastlanmıştır. Böylelikle bu numunenin minimum ~800^{o}C civarında pişirildiği ön görüsünde bulunulabilir. Çok düşük şiddette saptanan kalsitin ise gömülme koşullarına bağlı olarak oluşabilecek ikincil kalsit olduğu düşünülmektedir [8,9]. Numuneye ait BSE görüntüsü (Şekil 12) incelendiğinde zayıf bir vitrifikasyon derecesi görülmektedir. Görüntüde aynı zamanda düzensiz olarak dağılmış gözenekli bir yapı dikkat çekmektedir. Bu yapının da yine ikincil kalsit varlığı ile ilgili olabileceği ve numunedeki faz dönüşümlerinin pişirim şartları nedeniyle sınırlı kalabileceği öngörüsünde bulunulmuştur. Numuneye ait EDX sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir.



Şekil 12. N5 numunesi BSE görüntüsü ve seçilen noktaların EDX analizleri.

Figure 12. BSE image of the sample N5 and EDX analyses of the selected points.

Çizelge 5. N5 numunesi üzerinde seçilen noktaya (Spectrum 1) ait EDX sonucu.

Table 5. EDX result of the selected point (Spectrum 1) on the sample N5.

Element	% Ağırlık	% Atomik	% Bileşik	Formül
Na	0.73	0.67	0.98	Na_2O
Mg	1.56	1.35	2.58	MgO
Al	4.79	3.74	9.05	Al_2O_3
Si	33.88	25.43	72.47	SiO_2
K	0.83	0.45	1.00	K_2O
Ca	5.82	3.06	8.15	CaO
Ti	0.24	0.11	0.41	TiO_2
Fe	3.75	1.41	5.36	Fe_2O_3
O	48.40	63.78		
Toplam	100.00			

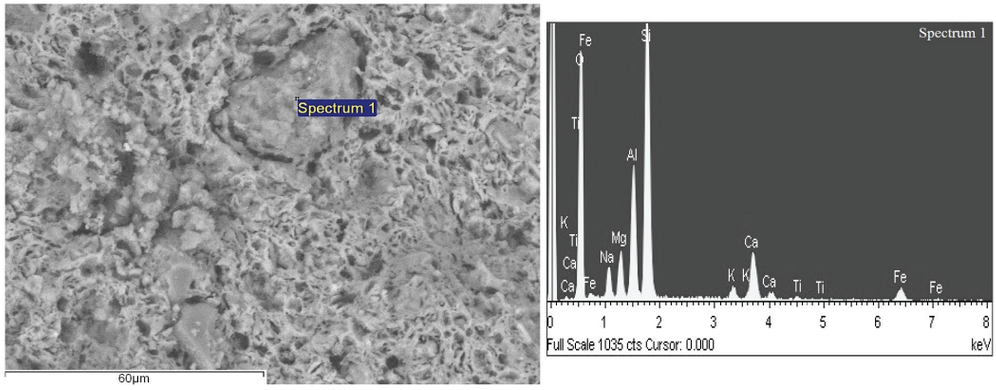
Çizelge 6. N5 numunesi üzerinde seçilen noktaya (Spectrum 2) ait EDX sonucu.

Table 6. EDX result of the selected point (Spectrum 2) on the sample N5.

Element	% Ağırlık	% Atomik	% Bileşik	Formül
Na	0.89	0.99	1.19	Na_2O
Mg	1.51	1.59	2.50	MgO
Al	5.31	5.03	10.03	Al_2O_3
Si	11.95	10.89	25.56	SiO_2
K	0.54	0.35	0.65	K_2O
Ca	3.17	2.02	4.43	CaO
Ti	3.64	1.95	6.08	TiO_2
Fe	34.66	15.88	49.55	Fe_2O_3
O	38.34	61.31		
Toplam	100.00			

N6 kodlu numunede temel faz olarak piroksen mineralinin belirlenmesi ve kil mineralleri (illit/muskovit) ile kalsitin gözlemlenmemesi bu numunenin minimum ~900^{o}C civarında pişmiş olduğuna işaret etmektedir. Numuneye ait BSE görüntüsü (Şekil 13) incelendiğinde tanelerin belirgin biçimde kaynaşmaya başlayarak sinterlenme davranışını andıran bir yapısal bütünlük içerisine girmeye başladıkları görülmektedir. Ancak yapıdaki vitrifikasyon derecesinin beklenildiği kadar yüksek olmadığı ve bu durumun da yine pişirme tekniği ve şartlarına bağlı olarak oluştuğu öngörülmektedir. Bu numunenin Geç Kalkolitik sonu Eski Tunç Çağı başı (MÖ 3100-2800) aralığına ait olduğu düşünülürse, seramiğin pişirilmesinde büyük olasılıkla basit tasarımlı bir fırının kullanılmış olabileceği veya çukur yada düz yüzey üzerinde pişirildiği düşünülebilir. Dolayısıyla pişirme işlemi

sırasında maruz kalınan sıcaklık, ısı gradyanı ve atmosfer şartları (indirgen/yükseltgen) seramiğin yapısal ve mineralojik olarak uğrayacağı değişimleri yönlendirecektir.



Şekil 13. N6 numunesi BSE görüntüsü ve seçilen noktanın EDX analizi.

Figure 13. BSE image of the sample N6 and EDX analysis of the selected point.

Çizelge 7. N6 numunesi üzerinde seçilen noktaya ait EDX sonucu.

Table 7. EDX result of the selected point on sample N6.

Element	% Ağırlık	% Atomik	% Bileşik	Formül
Na	3.68	3.40	4.96	Na_2O
Mg	4.06	3.55	6.72	MgO
Al	9.67	7.62	18.27	Al_2O_3
Si	25.03	18.96	53.56	SiO_2
K	1.44	0.78	1.73	K_2O
Ca	5.93	3.15	8.30	CaO
Ti	0.36	0.16	0.60	TiO_2
Fe	4.10	1.56	5.86	Fe_2O_3
O	45.73	60.81		
Toplam	100.00			

4. GENEL DEĞERLENDİRME

Kuriki Höyük'ten temin edilen bazı temsili seramik buluntular üzerinde yapılan bu arkeometrik çalışmada numunelerin öncelikle mineral/faz içerikleri belirlenmiş ve ardından mikroyapısal ve mikrokimyasal özellikleri ortaya konulmuştur. Çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında seramiklerin genel olarak düşük/zayıf vitrifikasyon derecesine sahip oldukları görülmüştür. BSE görüntüsünde tabakalı kil yapısının korunduğu ve vitrifikasyonun çok düşük olduğu (veya olmadığı) seramikler için pişirme sıcaklığının çok yüksek olmadığı (<900-1000^{o}C)

öngörülmüştür. Kalsitin bariz şekilde temel mineral/faz olarak belirlenmesine rağmen BSE görüntüsünde tanelerin kaynaşarak yoğun bir yapı oluşturduğu ve diğer numunelere göre nispeten daha yüksek vitrifikasyon derecesine sahip olduğu öngörülen seramik için pişirme sıcaklığının 750-850^{o}C civarında olduğu düşünülmektedir. XRD analizinde kalsitin temel ve baskın mineral/faz olarak belirlenmesi bu seramiğin normal şartlar altında maksimum 650-750^{o}C gibi bir sıcaklıkta (kalsit bozunum sıcaklığı) pişirildiğine işaret etmekteyken, SEM incelemesi sayesinde seramikteki yoğun yapı ve (başlangıç seviyesinde de olsa) taneler arasındaki vitrifikasyon etkisi gözlemlenerek bu sıcaklık aralığı 750-850^{o}C aralığına çıkarılmıştır. XRD spektrumunda karbonatlı malzemelere (kalsit ve dolomit) ait piklerin belirgin biçimde saptandığı, bir başka seramikte ise bu minerallerin varlığı (özellikle dolomit) ve BSE görüntüsünde vitrifikasyon etkisinin görülmemesi numunenin 600-700^{o}C gibi çok düşük bir sıcaklıkta pişirildiği öngörüsünü desteklemektedir. XRD analizinde piroksen mineral/fazına ait piklerin yeni yeni olgunlaşmaya başladığı görülen seramiğe ait BSE görüntüsünde bölgesel mikroyapı farklılıkları gözlemlenmiştir. Bu durum seramik yapısının olgunlaşması için gereken eşik sıcaklığına tam olarak ulaşılamadığı veya bu sıcaklıkta yeterli süre beklenilmediğini akla getirmektedir.

Yapılan çalışmada arkeometrik analizlerde sıklıkla kullanılan SEM/EDX incelemelerinin seramik arkeometrisindeki kullanım özellikleri ve önemi bir kez daha ortaya konulmuştur. Ayrıca, arkeometrik çalışmalarda yalnızca tek bir yöntemi kullanmaktansa farklı birkaç tekniğin bir araya gelmesi ve çok disiplinli bir yaklaşım ile ele alınması gerekliliği ön plana çıkmıştır.

TEŞEKKÜR

İncelenen numuneleri temin eden Yrd.Doç.Dr. Elif GENÇ'e (Çukurova Üniversitesi) teşekkür ediyoruz. Ayrıca, Batman Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü'ne finansal desteğinden dolayı teşekkür ediyoruz (Proje Kodu: BTUBAP-2011-GSF-3).

Kaynakça

[1] Loehman, R.E., *Characterization of Ceramics*, Butterworth-Heinemann, Reed-Elsevier Inc., 1993.

[2] Cultrone, G., Rodriguez-Navarro, C., Sebastian, E., Cazalla, O., De La Torre, M.J., Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing, Eur. J. Miner. (13), 621–634, 2001.

[3] Maritan, L., Mazzoli, C., Nodari, L., Russo, U., Second iron age grey pottery from Este (northeastern Italy): study of provenance and technology, Appl. Clay Sci. (29), 31-44, 2005

[4] Broekmans, T., Adriaens, A., Pantos, E., Analytical investigations of cooking pottery from Tell Beydar (ne-Syria), Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B, (226), 92-97, 2004.

[5] Shoval, S., Using FT-IR spectroscopy for study of calcareous ancient ceramics, Optical Materials (24), 117–122, 2003.

[6] Hajjaji, M., Kacim, S., Boulmane, M., Mineralogy and firing characteristics of a clay from the valley of Ourika (Morocco), Appl. Clay Sci. (21), 203-212, 2002.

[7] Maritan, L., Nodari, L., Mazzoli, C., Milano, A., Russo, U., Influence of firing conditions on ceramic products: Experimental study on clay rich in organic matter, Appl. Clay Sci. (31), 1-15, 2006.

[8] Fabbri, B., Gualtieri, S., Shoval, S., The presence of calcite in archeological ceramics, J. Eur. Ceram. Soc. (34), 1899-1911, 2014.

[9] Shoval, S., Gaft, M., Beck, P., Kirsh, Y., The thermal behavior of limestone and monocrystalline calcite tempers during firing and their use in ancient vessels, J. Therm. Anal. (40), 263-73, 1993.

SERAMİK ARKEOMETRİSİNDE TG-DTA TERMAL ANALİZ UYGULAMALARI

APPLICATIONS OF TG-DTA THERMAL ANALYSIS IN CERAMIC ARCHAEOMETRY

MURAT BAYAZİT[1], İSKENDER IŞIK[2], ALİ İSSİ[2], GÜRBÜZ TAŞKIRAN[3], HAZAL ÖZLEM ERSAN[4]

[1]Batman Üniversitesi, GSF, Seramik, Batman/Türkiye
[2]Dumlupınar Üniversitesi, Müh. Fak., Malzeme Bil. ve Müh., Kütahya/Türkiye
[3]Batman Üniversitesi, GSF, Geleneksel Türk El Sanatları, Batman/Türkiye
[4]İBB Koruma, Uygulama ve Denetim Müdürlüğü, İstanbul/Türkiye

ÖZET

Arkeolojik kazılarda en sık rastlanılan malzemeler arasında bulunan pişmiş toprak ürünler (seramikler) arkeometrik araştırmalarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Termal analiz yöntemlerinden biri olan termogravimetrik-diferansiyel termal analiz (TG-DTA) tekniği seramiklerin özellikle üretim şartlarının ortaya çıkarılmasında sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yöntem ile belirlenen endotermik/ekzotermik etkiler ve buna bağlı olarak gözlemlenen ağırlık kaybı değerleri sayesinde higroskopik ve kimyasal su içeriği, organik madde ihtivası, kalsit ve dolomit gibi karbonatlı malzemelerin varlığı ve polimorfik dönüşümlerin tespiti yapılabilmektedir. Elde edilen veriler ışığında seramiklerin hammadde içeriği ve üretim özellikleri hakkında yorumlar yapılabilmektedir. Bu çalışmada Kuriki Höyük (Batman, Türkiye) arkeolojik yerleşim alanında ortaya çıkarılan bazı temsili çömlek buluntularının termogravimetrik-diferansiyel termal analiz incelemeleri, numunelerin XRD metodu ile belirlenmiş mineral/faz içerikleri üzerinden yorumlanmıştır. Bu değerlendirme neticesinde TG-DTA tekniğinde elde edilen sonuçların seramik arkeometrisindeki karşılıkları bir kez daha ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Arkeometri, TG-DTA, Seramik, Karakterizasyon

ABSTRACT

Terracotta wares (ceramics), which are among the most encountered materials in archeological excavations, are frequently used in archaeometrical investigations. Being one of the thermal analysis methods, thermal gravimetry-differential thermal analysis (TG-DTA) is commonly preferred especially to reveal

the production conditions of the ceramics. The existence of hygroscopic/chemical water and organic matter, also the presence of the carbonates (e.g. calcite and dolomite) and the polymorphic transformations can be unveiled owing to the endothermic/exothermic effects and the weight loss/gain defined using the TG-DTA technique. In the light of the data obtained with this method the raw material content and the production aspects of the ceramics can be also interpreted. In the present study, thermal gravimetry-differential thermal analysis investigation of some representative potsherds from the archeological settlement area of the Kuriki Mound (Batman, Turkey) is evaluated via the mineral/phase contents of the samples identified using X-ray diffraction method (XRD). As a consequence of this assessment, the responses of the results obtained by TG-DTA technique in ceramic archaeometry have been demonstrated once again.

Keywords: Archaeometry, TG-DTA, Ceramics, Characterization.

1. GİRİŞ

Kil esaslı seramik malzemelerde sıcaklığın yükselmesiyle birlikte yapısal ve mineralojik değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimlerin ortaya çıkarılması ve tanımlanması seramiklerin karakteristik özelliklerini ortaya koymaktadır. Bu değerlendirmelerin ön plana çıktığı alanlardan biri de arkeometridir. 18. yüzyılda (Rönesans dönemi) ilk örneklerine rastlanan arkeometrik çalışmalar [1] özellikle son yarım yüzyılda hızla gelişmekte olan bir bilim dalı olarak karşımıza çıkmaktadır. Mühendislik, fen ve doğa bilimleri bir araya getiren arkeometride mikroskobik, spektroskopik, termal vb. farklı birçok teknik kullanılmaktadır.

Seramik arkeometrisinde sıklıkla tercih edilen metotlardan biri olan TG-DTA tekniği kontrollü bir sıcaklık artışı sağlamakta ve meydana gelen değişimlerin kayıt altına alınmasına olanak vermektedir [2]. Bu analiz yönteminde elde edilen DTA eğrileri numunede oluşan entalpi kazanımı ve kaybının etkisine bağlı olarak gözlemlenen ekzotermik ve endotermik etkilere, TG eğrileri ise oluşan reaksiyonlar esnasında ortaya çıkan ağırlık kayıplarına işaret etmektedir [3]. Bu veriler sayesinde seramik buluntulardaki hammadde içerikleri ve üretim şartları hakkında bilgiler edinilebilmektedir. Dolayısıyla bu karakteristik özellikleri belirlenen seramiklerin yerel bir üretim mi yoksa ticari ilişkilerle mi geldiği, pişirme yönteminin o dönemi mi yansıttığı yoksa daha ileri veya geri bir tekniğe mi sahip olduğu hakkında

değerlendirmeler yapılarak bölgesel seramik üretim noktalarına ilişkin daha detaylı ve bilimsel verilere ulaşmak mümkün olmaktadır. TG-DTA tekniğinin diğer analiz yöntemleri (XRD, FTIR vb.) ile birlikte kullanılmasıyla seramiklerin üretim teknolojileri hakkında detaylı ve verimli bilgiler elde edilebilmektedir [4].

Arkeolojik kazılarda ele geçen seramiklere ait DTA eğrilerinde gözlemlenen ekzotermik ve endotermik etkilerin incelendiği çalışmalarda genel olarak aşağıdaki bilgiler elde edilmiştir [2-16];

- 50-200^{o}C (endotermik etki): fiziksel (higroskopik) su varlığı,
- 200-350^{o}C (endotermik etki): kimyasal su varlığı,
- 300-400^{o}C (endotermik etki): demir hidroksit varlığı,
- 300-400^{o}C (ekzotermik etki): demir oksihidroksit varlığı,
- 200-650^{o}C (ekzotermik etki): organik madde dekompozisyonu,
- 450-650^{o}C (endotermik etki): kaolinit varlığı; kaolinitin dehidroksilasyonuna işaret eden böyle bir etkinin varlığı seramiğin bu sıcaklıktan daha yukarıda bir değerde pişirilmediğine işaret etmektedir,
- 125-260^{o}C / 625-750^{o}C (ardışık iki endotermik etki): Montmorillonit grubu kil minerali varlığı,
- 700-850^{o}C (endotermik etki): karbonatların varlığı (kalsit/dolomit),
- 800-900^{o}C (ekzotermik etki): katı faz dönüşümü varlığı,
- 1000-1100^{o}C (ekzotermik etki): polimorfik değişim varlığı.

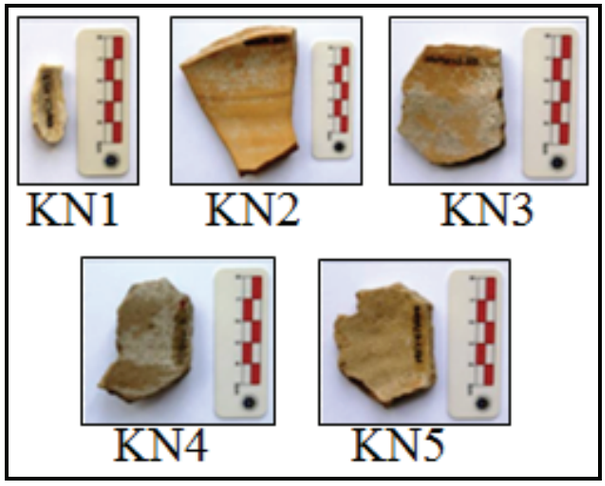
Seramiklerde uygulanan TG-DTA analizlerinde elde edilen TG eğrileri ise genel olarak üç adımda değerlendirilmektedir [2].

- 0-100^{o}C : Dehidratasyon
- 400–500°C : Hidroksil dekompozisyonu (dehidroksilasyon),
- 700–800°C : Karbonatların dekompozisyonu.

Bu çalışmada Kuriki Höyük (Batman, Türkiye) arkeolojik kazılarında ele geçen bazı temsili seramiklerin termogravimetrik-diferansiyel termal analiz incelemeleri, bu numunelerin XRD metodu ile belirlenmiş mineral/faz içerikleri ve yukarıda verilmiş olan literatür çerçevesi üzerinden yorumlanmıştır. Böylelikle seramiklerin hammadde içerikleri ve üretim koşulları hakkında değerlendirmeler yapılarak TG-DTA yönteminin seramik arkeometrisindeki önemi bir kez daha ortaya konulmuştur.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Arkeometrik incelemeleri yapılan temsili seramikler Şekil 1'de gösterilmiştir. Örneklere ait arkeolojik bilgiler ise Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. İncelenen seramiklerin temsili görüntüleri (Ölçek: 1 cm / birim).

Figure 1. Representative images of the ceramics investigated (Scale: 1 cm / unit).

Çizelge 1. Seramik numunelere ait arkeolojik bilgiler.

Table 1. Archeological information of the ceramic samples.

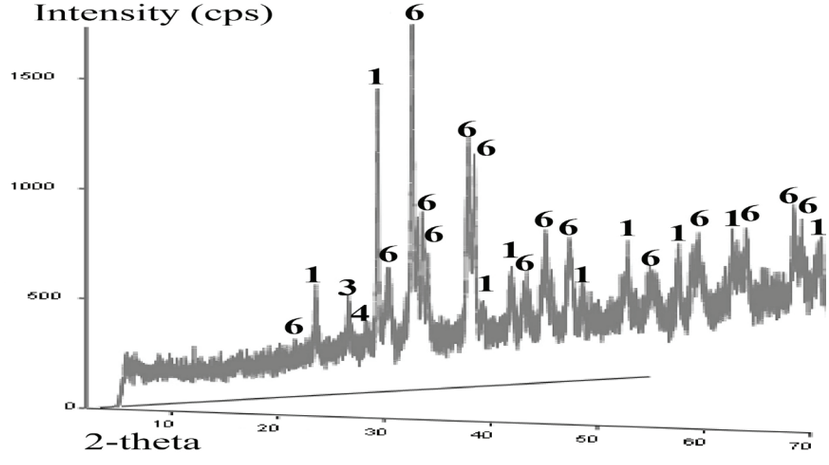
Numune Kodu	Ait Olduğu Tabaka	Dönem	Parça Türü
KN1	I.Tabaka	MS. I. Bin ve sonrası	Gövde
KN2	II.Tabaka	MÖ. I. Bin sonları - MS. I. Bin başları	Gövde
KN3	III.Tabaka	MÖ. I. Bin	Gövde
KN4			Kulp-Gövde
KN5	IV.Tabaka	MÖ 3100-2800	Gövde

Numuneler üzerinde yapılacak analizler öncesinde seramikler saf su ile temizlenerek safsızlık ve kirliliklerinden arındırılmıştır. Ardından agat havanda dövülerek toz haline getirilmiştir (tane boyutu: ~ ≤100 μm). Toz numuneler Cu Kα X-ışını kaynağına sahip Rigaku marka Miniflex model X-ışını difraksiyon cihazı ile analiz edilmiştir (2-theta: 2-70^{o}, hız: 2 derece/dak). TG-DTA analizi Netzsch marka

STA 449F3 model cihaz ile oksidatif atmosferde gerçekleştirilmiş (maksimum sıcaklık 1100^{o}C hız: 10 ^{o}C/dk) ve sonuçlar *Netzsch proteus software* ile değerlendirilmiştir.

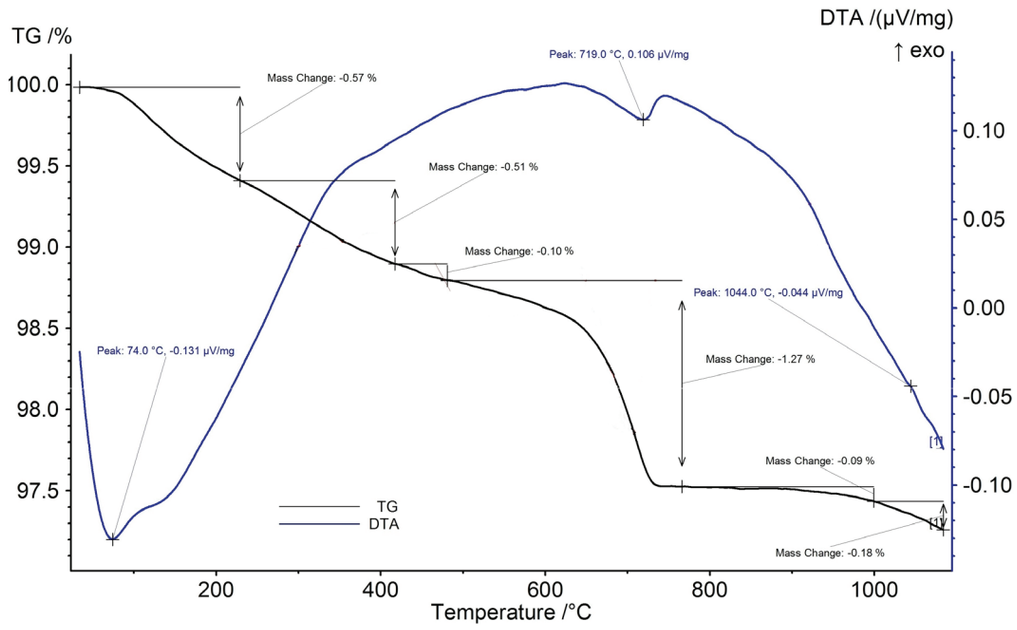
3. SONUÇLAR

KN1 kodlu numuneye ait XRD paterni (Şekil 2) incelendiğinde baskın şekilde piroksen (öjit) pikleri gözlemlenmiştir. 850-900^{o}C'de dolomit-silika reaksiyonu sonucu oluşan piroksen, seramiğin en az bu sıcaklıkta pişirildiğine işaret etmektedir [17]. Aynı numuneye ait TG-DTA sonucu incelendiğinde (Şekil 3); 719^{o}C'de görülen düşük endotermik etkinin her ne kadar kalsitin bozunma reaksiyonu ile ilişkili olduğu düşünülse de, XRD analizinde kalsite rastlanılmaması ve yüksek sıcaklık minerallerinin majör faz olarak saptanması bu endotermik etkinin büyük olasılıkla gömülme koşulları sonucu oluşan ikincil kalsite ait olduğuna işaret etmiştir [18,19]. ~500-800^{o}C sıcaklık aralığına ait ağırlık kaybı değerinin çok düşük olması (%1.27) da yine bu aralıktaki endotermik etkinin ikincil kalsit varlığına bağlı olduğu görüşünü desteklemektedir. 1000^{o}C'nin üstünde herhangi ekzotermik bir etkinin gözlemlenmemesi seramiğin maksimum pişirilme sıcaklığının bu değeri aşmadığına işaret etmiştir [4]. Böylelikle seramiğe ait TG-DTA sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde bu numunenin büyük olasılıkla 900-1000^{o}C aralığında bir değerde pişirilmiş olduğu ortaya çıkarılmıştır. (1: kuvars, 2: kalsit, 3: plajiyoklaz, 4: feldspat, 5: illit/muskovit, 6: piroksen, 7: gehlenit, 8: hematit).



Şekil 2. KN1 kodlu seramiğe ait üç boyutlu XRD paterni.

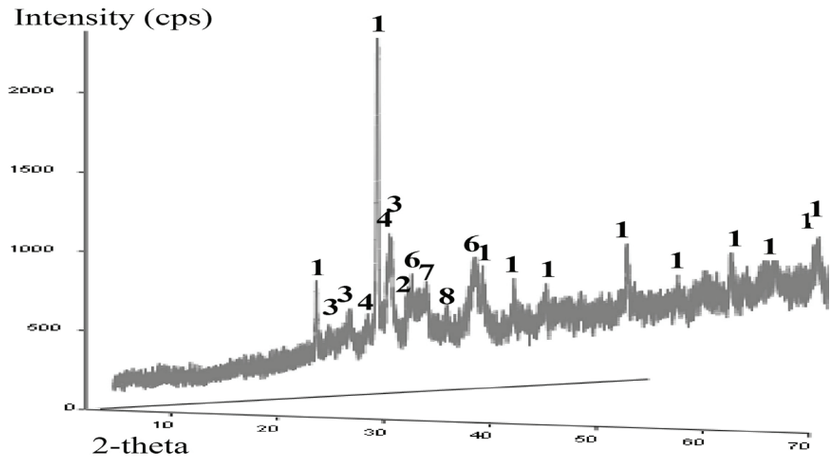
Figure 2. 3D XRD spectrum of the ceramic KN1.



Şekil 3. KN1 kodlu seramiğe ait TG-DTA sonucu.

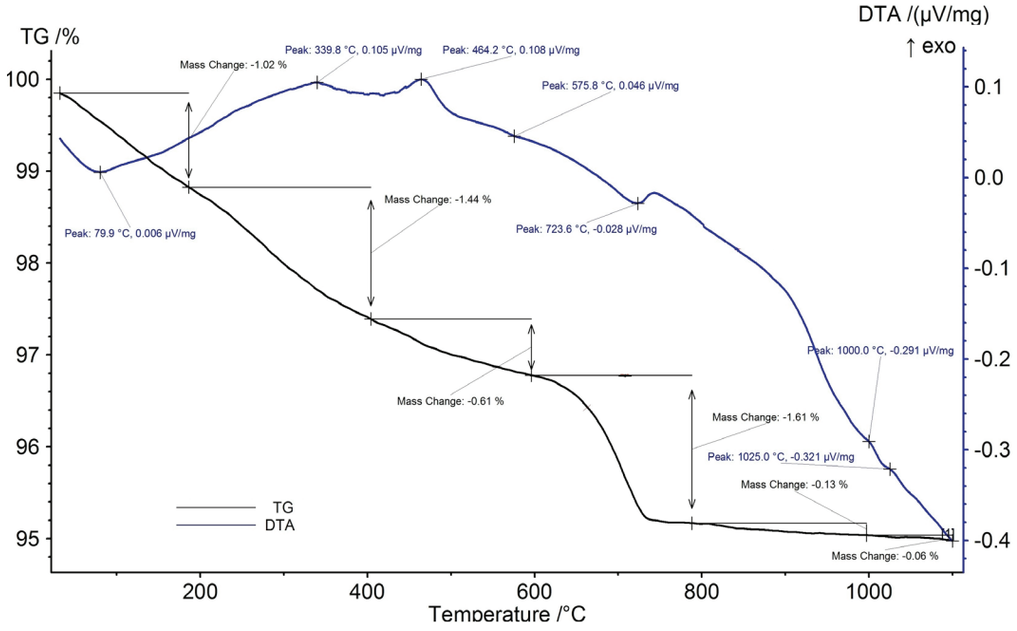
Figure 3. TG-DTA result of the ceramic KN1.c

KN2 kodlu seramiğe ait XRD paterni incelendiğinde (Şekil 4) numunede piroksen piklerine rastlanılmıştır. Fakat bunların düşük şiddette olmasından dolayı (~200-300cps) seramiğin muhtemelen pişirme prosesi boyunca yeterli olgunlaşma sıcaklığı ve süresine sahip olmadığı öngörülmektedir. Numunede ayrıca yine düşük şiddette (<200cps) kalsit piklerine rastlanılmış olması bu karbonat içeriğinin gömülme koşulları sonucunda oluşan ikincil kalsit olabileceğini akla getirmiştir. Numuneye ait TG-DTA diyagramı incelendiğinde (Şekil 5) 723.6^{o}C'de görülen düşük şiddetli endotermik etki ve 600-800^{o}C aralığındaki düşük ağırlık kaybı (%1.61) ikincil kalsit varlığını teyit edici nitelikte olmuştur. DTA eğrisinde 339.8^{o}C ve 464.2^{o}C'de gözlemlenen ekzotermik etkilerin organik maddelerin dekompozisyonu sonucu oluştuğu öngörülmektedir. Bu etkinin büyük olasılıkla gömülme şartlarına bağlı olarak oluşabileceği ve/veya seramikte pişirme sonrası karbonlaşma nedeniyle oluşan kalıntıların bozunması sonucu görülebileceği düşünülmektedir.



Şekil 4. KN2 kodlu seramiğe ait üç boyutlu XRD paterni.

Figure 4. 3D XRD spectrum of the ceramic KN2.

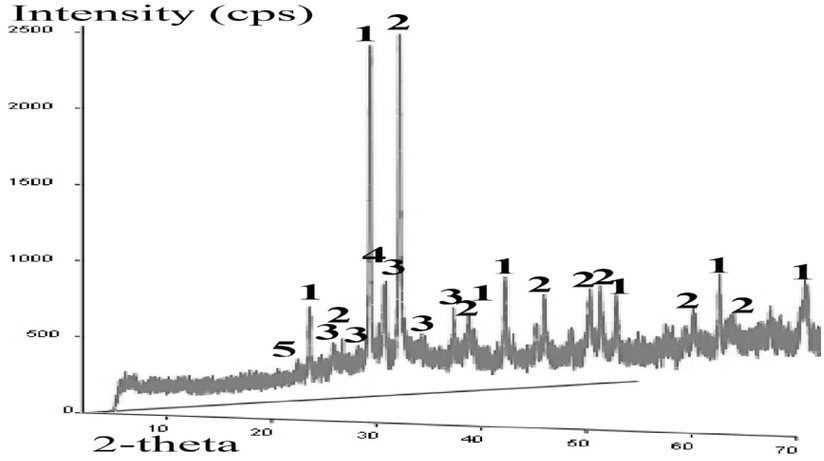


Şekil 5. KN2 kodlu seramiğe ait TG-DTA sonucu.

Figure 5. TG-DTA result of the ceramic KN2.

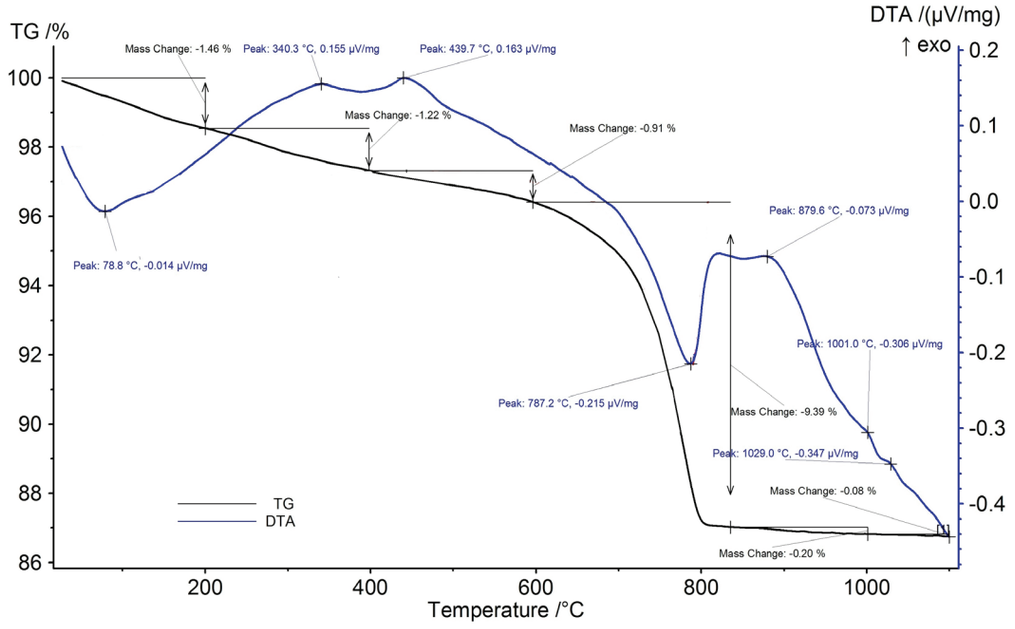
XRD spektrumunda (Şekil 6) kalsitin majör mineral/faz olarak tespit edildiği KN3 kodlu numuneye ait TG-DTA diyagramı (Şekil 7) incelendiğinde 787.2^{o}C'de görülen endotermik etki ve bu etkiye bağlı olarak ~600-800^{o}C arasında oluşan %9.39'luk ağırlık kaybı birincil kalsit varlığını göstermiştir. 340.3^{o}C ve 439.7^{o}C'de gözlemlenen ekzotermik etkiler organik maddelerin dekompozisyonuna işaret etmektedir. 1000^{o}C'nin üstündeki sıcaklıklarda ihmal edilebilecek oranda

gözlemlenen entalpi değişimleri ve kalsitin varlığı bu seramiğin ortalama 700-800^{o}C gibi düşük bir sıcaklıkta pişirildiği öngörüsünü destekler nitelikte olmuştur [17].



Şekil 6. KN3 kodlu seramiğe ait üç boyutlu XRD paterni.

Figure 6. 3D XRD spectrum of the ceramic KN3.

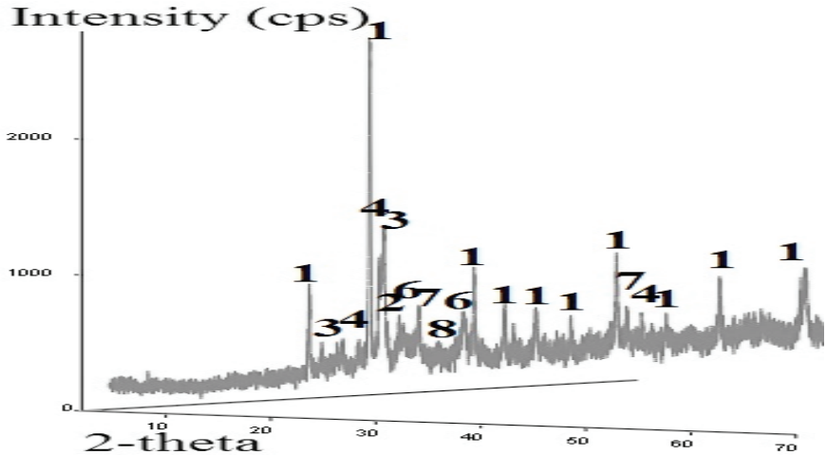


Şekil 7. KN3 kodlu seramiğe ait TG-DTA sonucu.

Figure 7. TG-DTA result of the ceramic KN3.

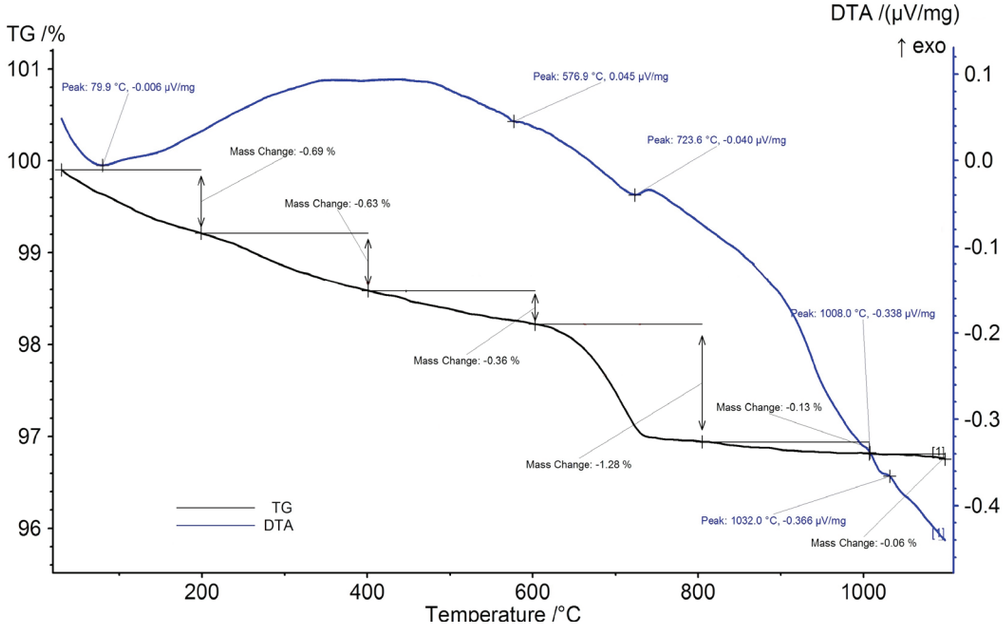
KN4 kodlu numunenin XRD spektrumunda (Şekil 8) majör mineral/faz olarak kuvars ve daha düşük şiddetlerde feldspat, plajiyoklaz, kalsit, hematit ve yüksek sıcaklık fazları (anortit-piroksen/gehlenit) saptanmıştır. Karbonatlı malzemelerin kil mineralleri ve kuvarsla reaksiyona girmeleri sonucu oluşması

beklenen gehlenit ve anortit-piroksen mineral/fazlarına bu seramikte rastlanması numunenin pişme sıcaklığının 800-900^{o}C aralığında olduğuna işaret etmektedir. Numuneye ait TG-DTA eğrisinde (Şekil 9) kalsit ve dolomit gibi karbonatların dekompozisyonu sonucu oluşması beklenen endotermik etkinin (600-800^{o}C) ve yine bu aralıktaki ağırlık kaybının (%1.28) çok düşük olması mevcut karbonatlı malzemelerin tamamen yüksek sıcaklık fazlarına dönüştüğü ve mevcut etkinin birincil kalsit olmadığı öngörüsünü akla getirmektedir.



Şekil 8. KN4 kodlu seramiğe ait üç boyutlu XRD paterni.

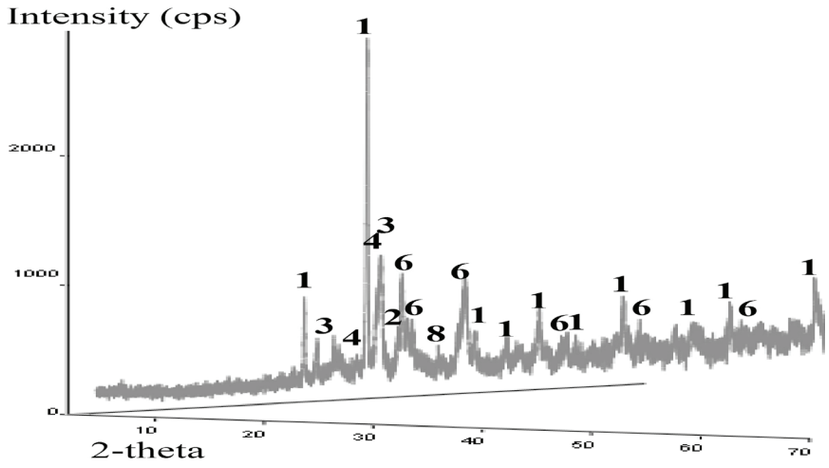
Figure 8. 3D XRD spectrum of the ceramic KN4.



Şekil 9. KN4 kodlu seramiğe ait TG-DTA sonucu.

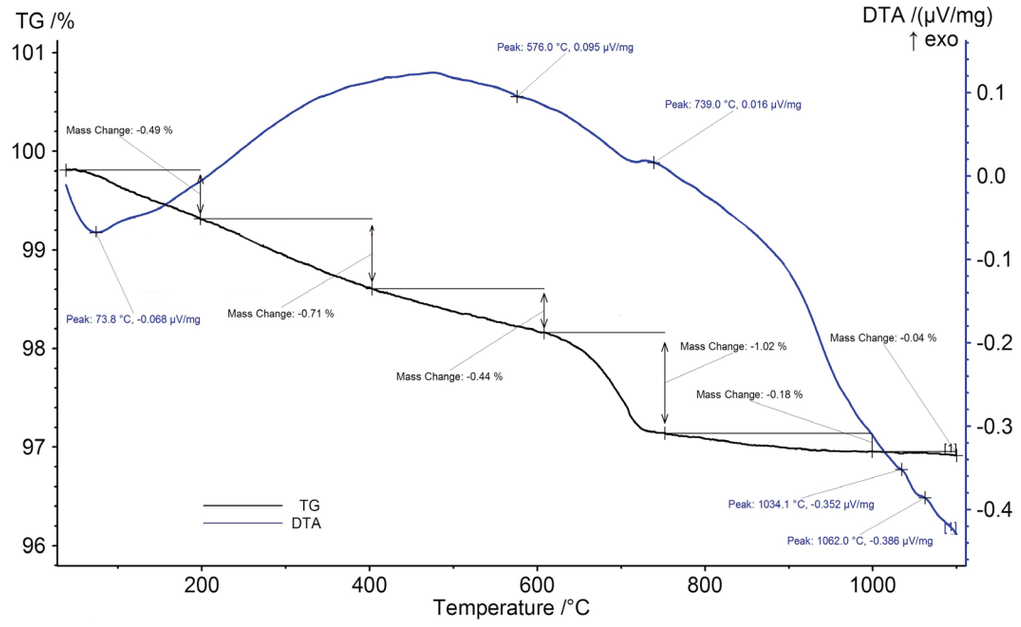
Figure 9. TG-DTA result of the ceramic KN4.

KN5 kodlu numuneye ait XRD spektrumunda (Şekil 10) majör mineral/faz olan kuvarsın ardından feldspat, plajiyoklaz ve piroksen ikincil mineral/faz olarak karşımıza çıkmaktadır. Çok düşük şiddete (<200cps) sahip kalsit pikinin ise ikincil kalsit olduğu öngörülmüştür. XRD paterninde kil mineraline (illit/muskovit vb.) rastlanılmaması ve piroksen piklerinin belirgin biçimde olgunlaşmaya başlaması seramiğin minimum 850^{o}C civarında pişirildiğine işaret etmektedir [17].



Şekil 10. KN5 kodlu seramiğe ait üç boyutlu XRD paterni.

Figure 10. 3D XRD spectrum of the ceramic KN5.



Şekil 11. KN5 kodlu seramiğe ait TG-DTA sonucu.
Figure 11. TG-DTA result of the ceramic KN5.

Bu durum aynı numuneye ait TG-DTA diyagramında 700-800^{o}C aralığında gözlemlenen ihmal edilebilir endotermik etki ile de ortaya konulmuştur (Şekil 11). 1000^{o}C'nin üzerindeki düşük şiddetli entalpi değişimleri seramikteki polimorfik dönüşümlerin sınırlı olduğuna ve dolayısıyla pişirim sıcaklığının bu değeri aşmadığına işaret etmektedir [4].

4. GENEL DEĞERLENDİRME

Arkeometride sıklıkla kullanılan tekniklerden biri olarak karşımıza çıkan TG-DTA metodunun seramik malzemelerdeki kullanımı üzerinde durulan bu çalışmada Kuriki Höyük'ten (Batman, Türkiye) temin edilen bazı seramik örneklerin termal ve mineral/faz analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında seramiklerin pişirim sıcaklıkları ve üretimlerinde kullanılan hammaddeler hakkında detaylı bilgilere ulaşılmıştır. TG-DTA analizlerinde elde edilen sonuçlarda genel olarak seramiklerdeki higroskopik su içeriği, organik madde ihtivası ve kalsit/dolomit gibi karbonatların varlığı tespit edilerek maksimum-minimum pişirme sıcaklıkları ile ilgili öngörülerde bulunulmuştur. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; incelenen seramiklerin genel olarak kuvars, kil, feldspat/plajiyoklaz içerdiği ve ~700-900^{o}C aralığında pişirildikleri belirlenmiştir.

Tarih öncesi dönemlerde üretilen ve binlerce yıl boyunca toprak altında kalarak günümüze kadar ulaşabilen pişmiş toprak malzemelerin arkeometrik incelemeleri yalnızca bir veri tabanı oluşturmakla kalmamakta aynı zamanda geçmiş medeniyetlerin sosyokültürel, ekonomik ve sanatsal birçok yönünü de anlamamıza yardımcı olmaktadır. Bu çerçevede yürütülen TG-DTA tekniği ile de seramiklerin üretim teknolojileri hakkında önemli bilgiler edinilmektedir. Yapılan bu çalışma ile TG-DTA tekniğinin seramik arkeometirisindeki kullanım özellikleri ve önemi bir kez daha ortaya konulmuştur.

TEŞEKKÜR

Yrd.Doç.Dr. Elif GENÇ'e (Çukurova Üniversitesi) çalışmada kullanılan seramik örnekleri temin ettiğinden dolayı teşekkür ediyoruz. Ayrıca Batman Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü'ne finansal desteğinden dolayı teşekkür ediyoruz (Proje Kodu: BTUBAP-2011-GSF-3).

Kaynakça

[1] Henderson, J., Techniques of Scientific Analysis, The Science and Archaelogy of Materials, Taylor&Francis Group, Glasgow, Great Britain, 8-21, 2000.

[2] Drebushchak, V.A., Mylnikova, L.N., Drebushchak, T.N. and Boldyrev, V.V., The investigations of ancient pottery, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry (82), 617–626, 2005.

[3] Palanivel, R. and Kumar, U.R., Thermal And Spectroscopic Analysis Of Ancient Potteries, Rom. Journ. Phys.,(56),195-208, 2011.

[4] F. Leach, J. Davidson, G. Claridge, G. Ward, J. Craib, in: G. Clark, F. Leach, S. O'Conner (Eds.), *Islands of inquiry: Colonization, seafaring and the archaeology of maritime landscapes*, Australian National University press, Terra Australia, 435-452, 2008.

[5] Moropoulou, A., Bakolas, A., Bisbikou, K., Thermal analysis as a method of characterizing ancient ceramic Technologies, Thermochimica Acta (2570), 743-753, 1995.

[6] Velraj, G., Sudha, R. and Hemamalini, R., X-Ray Diffractıon and Tg-Dta Studies Of Archaeological Artifacts Recently Excavated in Salamankuppam Tamilnadu, Recent Research in Science and Technology 2(10), 89-93, 2010.

[7] Franquelo. M.L., Robador. M.D., Ramirez-Valle. V, Duran. A, Jimenez de Haro. M.C., and Perez- Rodriguez. J. L., Roman ceramic of hydraulic mortars used to build the mithraeum house of merida (Spain), J. Thermal Anal. Calorimetry (92), 331-335, 2008.

[8] Maritan, L., Nodari, L., Mazzoli, C., Milano, A., Russo, U., Influence of firing conditions on ceramic products: Experimental study on clay rich in organic matter, Applied Clay Science (31), 1-15, 2006.

[9] De Nobili, M., Maggioni, A., *Influenza della sostanza organica sulle proprietà fisiche del suolo*. In: Nannipieri, P. (Ed.), Ciclo della Sostanza Organica nel Suolo, 4354, 1993.

[10] Meyvel, S., Sathya, P., Velraj, G., Thermal characterization of archaeological pot sherds recently excavated in Nedunkur, Tamilnadu, India, Cerâmica (58), 338-341, 2012.

[11] Paama, L., Pitkanen, I., Peramaki, P., Analysis of archaeological samples and local clays using ICP-AES, TGDTG and FTIR techniques, Talanta (51), 349-357, 2000.

[12] Liptay, G. (Ed.), *Atlas of thermoanalytical curves*, Heyden and Son Ltd., Budapest, 21-173, 1973.

[13] Earnest, C.M., *Thermal analysis of clays*, Minerals and Coal, Perkin-Elmer, Norwalk, USA, 19-48, 1984.

[14] Gürtekin, G. ve Albayrak, M., Antigoritin Isıl Reaksiyonu: Xrd, Dta-Tg Çalışması, MTA Dergisi, 133, 37-46, 2006.

[15] Mackenzie, R.C., *Differential Thermal Analysis 1 and 2*, 1st edn., Academic Press, London, 775 s., 1970.

[16] Krapukaitytė, A., Tautkus, S., Kareiva, A., Zalieckienė, E., Thermal analysis – a powerful tool for the characterization of pottery, Chemija, (19) 4-8, 2008.

[17] Cultrone, G., Rodriguez-Navarro, C., Sebastian, E., Cazalla, O., De La Torre, M.J., Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing, Eur. J. Miner. (13), 621–634, 2001.

[18] Fabbri, B., Gualtieri, S., Shoval, S., The presence of calcite in archeological ceramics, Journal of the European Ceramic Society (34), 1899-1911, 2014.

[19] Shoval, S., Gaft, M., Beck, P., Kirsh, Y., The thermal behavior of limestone and monocrystalline calcite tempers during firing and their use in ancient vessels, J. Therm. Anal. (40), 263-73, 1993.

ÇÖMLEKÇİ TORNASINDA FİGÜR DENEMELERİ ÜZERİNE YORUMLAR

INTERPRETATIONS ON FIGURATIVE EXPERIMENTATIONS ON POTTERY WHEEL

Y. Doç Dr. Olgu Sümengen Berker [1], Öğr. Gör. Elif Okur Tolun [2]

[1] Çankaya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, Ankara / TÜRKİYE

[2] Çankaya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, Ankara / TÜRKİYE

ÖZET

Çömlekçi tornası toprak kapların üretiminde M.Ö. 3500'lerden itibaren dönemin işlevsel ürünlerinin üretiminde ve günümüzde çağdaş seramik eserlerin gerçekleştirilmesinde halen yaygın olarak kullanılmaktadır. 20. Yüzyıl başında seramiğin sanat olarak kabul edildiği sürecin de bu geleneksel üretim yönteminin temel alındığı bir süreç olduğunu söylemek olanaklıdır. Çömlekçi tornası günümüzde de çağdaş formların oluşturulmasında farklı tekniklerle sanatçılar tarafından yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir.

Geleneksel çömlek ustaları ve halk arasında çömlekçi çarkı olarak adlandırılan çömlekçi tezgâhı bir tablanın bir milin üzerine oturtularak döndürülmesi esasına dayanır ve günümüzde daha çok çömlekçi tornası olarak adlandırılır. (Güner:1988)

Bu çalışmada çömlekçi tornasının klasik seramik formlarının üretiminin dışında soyut figüratif seramik heykel olarak tanımlanabilecek işlerin üretiminde nasıl kullanıldığı incelenmiştir. Eserlerini üretirken bu geleneksel tekniğe başvuran Olgu Sümengen Berker'in gerçekleştirdiği düşük derece seramik figürler ele alınarak, eserlerin resimsel açıdan değerlendirmesine de yer verilmiştir.

Söz konusu eserler çömlekçi tornasının bir zorunluluk olarak getirdiği parçadan bir bütüne ulaşma, klasik seramik formların deformasyonu ve birleştirilmesi ile yeni form (heykel) önerisi getirme gibi niteliklere sahiptir. Figürler aynı zamanda

seramiğin diğer olmazsa olmaz malzemeleri sır astar ve boya gibi malzemelerin kullanımı ile birlikte hem teknik hem de biçimsel açıdan farklı unsurların bir bütün oluşturması esasına dayanmaktadır. Bu teknik zenginlik figürlerin yüzeylerinin birer resim gibi algılanabildiği üç boyutlu formlara dönüştürmektedir. Bu tip bir üretim süreci bir seramik formun resimsel açıdan değerlendirilmesini de olanaklı hale getirmektedir. Bu çerçevede bu çalışmada ele alınan seramik figürlerin hem parça-bütün ilişkisi hem de renk leke doku çeşitliliğinin resimsel bir değerlendirmesi de söz konusudur.
Anahtar Kelimeler: seramik, çömlekçi çarkı, figür, insan bedeni

ABSTRACT

Pottery wheel has been used commonly in production of earthenware ceramics since 3500 B.C. and it is still being used in contemporary ceramic artworks. At the second decade of the 20th century while ceramic is being acknowledged as an art discipline, this traditional technique was also used as the main technique of the artworks of that term. It is continuously being used by contemporary artists together with various other techniques of ceramic until today.

In this paper it is studied that how the technique can be used in production of contemporary ceramic artworks which can be described as ceramic figure or ceramic sculpture. Olgu Sümengen Berker's wheel thrown terracotta ceramic figures are considered in the scope of pictorial analysis.

Works in question have some characteristics such as making the whole as combination of separate pieces (as an obligation of the technique), making a new form/figure proposal by the help of this deformation and combination. Figures are based on catching the wholeness of the form by combining the main materials of ceramics (slips, pigments and glazes) with different technical and formal factors and elements. Such technical diversity helps using the surfaces of the figures as canvas. They can be criticized pictorially; therefore the study covers the pictorial analysis of the specific wheel thrown figures.

Keywords: ceramic, pottery wheel, figure, human body

1. GİRİŞ

Çömlekçi çarkında şekillendirme seramiğin en eski tekniklerinden biridir. Bu eski teknik tarih öncesinden bu yana yaygın olarak kullanılmıştır. Geleneksel seramik

formlarının üretiminin yanı sıra çağdaş eserler üreten pek çok seramik sanatçısının kullandığı bir teknik olarak da benimsenmiştir.

Moss'un British Museum'da sergilenen dünyanın en eski seramik figürü için yaptığı tanımlamadan da anlaşılacağı üzere, seramik sanatı kökeni M.Ö. 26000'lere kadar uzanan dünyanın en eski sanatlarından biridir.

"M.Ö 26,000 - 31,000 yıl önceki bir zaman aralığında bir yerde, şimdiki Çek Cumhuriyeti'ndeki Moravia'da, birileri sarkık göğüslü, ön ve arka tarafında yağlı kıvrımları olan soyut bir kadın figürü şekillendirip pişirdi. Bugün bu analık sembolü dünya sanatında en çok bilinen figüratif sunumlardan biridir." (Moss:2013)

Zanaat niteliğinin yanında çağdaş sanat olarak kabul edilmesi ise 20. Yy. başı olarak kabul edilir. Kökeni bu kadar eskiye dayanan bir sanatı yalnızca bir teknik ve bu tekniğin yaygın kullanımından ibaret olarak düşünmek yanlış olur. Seramik sanatının, özellikle de çağdaş seramik sanatının üzerine birçok düşünce üretilmiştir. Felsefi yaklaşım, sorgulamalar ve akademik çalışmalar aracılığı ile seramik sanatı teknik zenginliğinin yanında sağlam kavramsal temeller üzerine oturan çağdaş sanattır. Bu nedenle üretilen çağdaş seramik sanat eserleri üzerinde biçimsel ve teknik değerlendirmenin ötesinde kavramsal ve çok-disiplinli değerlendirme yapmak mümkündür.

Bu çalışmada çömlekçi tornasının klasik seramik formlarının ötesinde soyut figüratif seramik heykel olarak tanımlanabilecek işlerin üretiminde nasıl kullanılabildiği incelenmiştir. Eserlerini üretirken bu geleneksel tekniğe başvuran Olgu Sümengen Berker'in gerçekleştirdiği düşük derecede pişirilmiş seramik figürler ele alınarak, eserlerin resimsel açıdan değerlendirmesi çalışmanın odak noktasını oluşturmaktadır.

Seramik sanatı neredeyse tüm formları ile boşluğun kapatılması/hapsedilmesi esasına dayanır. Galatalı "Eleştirim" adlı makalesinde seramik sanatını tanımlarken bu noktaya değinmiştir: "Seramik Sanatı'nın başlangıcında ve sonraki gelişmelerinde, esas olan temel yapısı, kapsadığı kullanıma açık iç boşluğu ile işgal ettiği dış boşluk arasında yer alan balçık kilinin sanatkârane şekillendirilmesiyle vücut bulmasıdır" (Galatalı, 1985 s:93). Bu bağlamda üç boyutlu olarak tasarlanmış herhangi bir seramik obje ister kapalı, ister yarı açık, ister açık olarak tanımlansın boşluğu sınırlandırır. Sadece boşlukta yer kaplamaz; kendi içinde, önünde, arkasında boşluğu biçimlendirir, o boşluğun alanını hacmini boyutlarını tanımlar.

Dolayısı ile sadece geleneksel veya klasik seramik formlar değil seramik heykel de tüm seramik formlar gibi içindeki boşluk ile birlikte tanımlanmış iç yüzey ve dış yüzeye sahiptir.

Seramik heykelin sahip olduğu bu temel nitelik de göz önüne alınarak Berker'in eserleri, geleneksel seramik formlar ve figür ilişkisi, figüratif soyutlamada rengin ele alınışı, renk, doku veya biçim deformasyonu ile elde edilen soyutlama anlayışı gibi resimsel bakış açısını da içeren sınıflandırmalar aracılığı ile değerlendirilebilir.

2. ÇÖMLEKÇİ ÇARKI İLE ŞEKİLLENDİRİLMİŞ SERAMİK FİGÜRLER

Giriş bölümünde sözü edildiği gibi Olgu Sümengen Berker'in seramik figürleri birkaç farklı nitelendirme aracılığı ile sınıflandırılabilir. Bu çalışmada Sümengen Berker'in farklı zamanlarda farklı iletileri ve farklı nitelikleri bulunan figür uygulamaları seçilmiştir. Figürlerin hepsi çömlekçi tornası ile şekillendirilmiş olmaları ve kadın figürü olmaları gibi ortak nitelikler taşımaktadırlar. Ortak niteliklerine rağmen farklı nitelikleri ile şöyle sınıflandırılabilirler:

- Geleneksel veya Klasik Seramik Formlara gönderme yapan soyut figürler
- Rengin ön plana çıktığı parça-bütün ilişkisi ile elde edilmiş figürler
- Doku, bozulma ve parçalanma ile osteoporozun ele alındığı, soyutlamaların elde edildiği figürler

2.1. Klasik seramik formlara gönderme yapan soyut figürler

Klasik seramik formlar olarak tanımlanan seramiğin çağlar boyunca neredeyse sonsuz sayıda form bulduğu kap formlarıdır. Çömlekçi tornası bu formların üretiminde kullanılan temel araçlardan biridir. Bu biçim verme aracı teknik olarak malzemenin doğasına uyum göstermenin de bir yoludur. Bir nevi dil oluşturma aracıdır.

Zeynep Onur "Etik Anlayışla Sonuçlanan Bir Düşünce Biçimi" adlı makalesinde Tanalı'nın dil üzerine söylediklerini söyle aktarmıştır: "Dil, yaklaşımın doğal bir sonucu olarak, kendiliğinden oluşur. Var olana öyle bir el sürersiniz ki, yeni olup çıkıverir ortaya…" (Onur:2010:203) Çömlekçi tornası Sümengen Berker için de pek çok seramik sanatçısı için de bu var olana el sürme biçiminin zorunlu olarak getirdiği dil oluşturma araçlarından biridir. Onur'un aynı makalede değindiği Tanalı'nın malzemenin sınırları ve özgünlüğe ulaşma ilgili saptaması Sümengen

Berker'in geleneksel bir teknik kullanarak çağdaş ve özgün olana ulaşma denemesini açıklayıcı niteliktedir.

"İnsanoğlu her keresinde malzemenin sınırlarını ona verdiği biçimle aşmıştır… Bu hem kavramsal hem de fiziksel anlamda böyledir. Yaratının herhangi bir alanında, malzemenin gerektirdiği, açıkladığı kurallar bulunmadan, kullanılan malzemenin ne olmak istediği anlaşılmadan "özgün" bir yanıt bulmak olası değil" (Onur:2010:203)

Tanalı'nın bu saptamasının ışığında Sümengen Berker'in klasik seramik formlara gönderme yapan figürleri malzemenin ve tekniğin olanaklarını sınırlarının ötesinde kullanma, bu yolla yeni soyutlama aracılığı ile bir iletiye sahip olan formlar üretme denemeleri olarak tanımlanabilir. Klasik bir seramik form olarak çömlekçi tornası üzerinde üretilen form deformasyona uğratılarak, basit ve yalın eklemeler yapılarak hem formun temel olduğu yapıyı hem de figürü ortaya çıkarır.

Şekil 1. Çömlekçi çarkında şekillendirilmiş kadın figürü, kırmızı çamur, 1000 C^0, 55x25x25cm, 2005

Figure 1. Wheel thrown female figure, red clay, 1000 $C^{0,}$ 55x25x25 cm, 2005

Şekil 2. Çömlekçi çarkında şekillendirilmiş kadın figürü, beyaz vakum çamur, 1000 C^0, 40x12x12cm, 2006

Figure 2. Wheel thrown female figure, white vacuum clay, 1000 $C^{0,}$ 40x12x12cm, 2006

Figürlerin üzerine eklenen sargı, kabartı, çizgi gibi elemanlar ve üzerine çeşitli tekniklerle uygulanan renkler kadının tarih öncesinde taşıdığı bereket, doğurganlık, üretkenlik gibi değerle birlikte sınırlandırma, hapsedilme, kısıtlanma gibi toplumsal bakış açılarına da işaret etmektedirler.

2.2. Rengin ön plana çıktığı parça-bütün ilişkisi ile elde edilmiş figürler

Sümengen Berker'in rengin ön plana çıktığı ve parça-bütün ilişkisi kurma anlayışıyla gerçekleştirdiği figürleri klasik formlara gönderme yapma anlayışını sürdürmekle birlikte hem formun bütününü oluşturma anlayışı hem de rengin ele alınışı açısından çömlekçi çarkı ile şekillendirilmiş olan diğer figürlerinden farklılık göstermektedir. Figürleri oluşturan ayak, bacak, gövde, kalça, göğüsler ve boyun gibi vücut elemanlarının her biri çömlekçi çarkında şekillendirilmiş klasik seramik formlarına benzeyen parçalardır. Tek tek çömlekçi çarkında çekilen bu parçalar figürün vücudunun bütününü oluşturmak üzere deforme edilerek veya kesilip tekrar birleştirilerek bir araya getirilmişlerdir. Daha önce de sözü edilen dil oluşturma anlayışı içerisinde, parça- bütün ilişkisi kurmaya yarayan bu elemanların yaratılan dilin sözcükleri gibi değerlendirilebileceği söylenebilir.

Şekil 3. Çömlekçi çarkında şekillendirilmiş oturan kadın figürü, beyaz vakum çamur, 1000 C^0, 65x40x60cm, 2007 (68. Devlet Seramik Yarışması Jüri Özel Ödülü)

Figure 3. Wheel thrown seated female figure, white vacuum clay, 1000 $C^{0,}$ 65x40x60cm, 2007(68th State Ceramic Competition Jury's Special Award)

Şekil 4. Çömlekçi çarkında şekillendirilmiş kadın figürü, beyaz vakum çamur, 1000 C^0, 40x27x35cm, 2007

Figure 4. Wheel thrown seated female figure, white vacuum clay, 1000 $C^{0,}$ 40x27x35cm, 2007

Çağlayan, Korkmaz ve Öktem'in yaptıkları aktarmada Gestalt Kuramı'nda yer alan parça-bütün ilişkisi şöyle ele alınmaktadır:

"Gestalt'ın görüşüne göre "Bütün kendisini oluşturan parçalar bir araya geldiğinde, öğelerin toplamından daha fazla olduğunu savunur" (Çevik,1991). Teorinin

temelinde objelerin bütün olarak algılaması vardır ve bu teori; bütünün parçalarını çok iyi organize edilmiş şekiller olarak algıladığımızı vurgular ve görsel alanın düzenlenebilmesiyle algılanabilmesi için gerekli olan kuramsal temeli sağlar(Gabr,2006). Gestalt algı kuramı, kompozisyon ve üslup oluşturmada belirli ilkelerle karşımıza çıkmakta olup bu ilkeler çevresel tasarımda biçimler arası ilişkileri açıklar(Çevik,1991).” (Çağlayan, Korkmaz, Öktem: 2014:167)

Sümengen Berker’in figürlerinde bu ilişki çömlekçi tornası ile ayrı ayrı şekillendirilen bu parçaların birer parça olarak tanımlanmaktan uzaklaşması, figürün genel bütünlüğü oluşturması şeklinde gözlemlenebilir. Yukarıda da değinildiği gibi bu bir dil ve üslup oluşturma biçimidir. Figürün ya da seramik heykelin hapsettiği boşluğu tanımlayan bir dış yüzeye sahip olduğuna daha önce de değinilmişti. Sözü edilen bu dış yüzey şekil 3 şekil 4’te görülen figürlerde üst üste ya da yan yana kullanılmış yoğun ve çeşitli renkli sırlar ve oksitlerle değerlendirilmiştir. Renk ve lekelerin kullanılış biçimi parçaların bütünü oluşturma prensibine de katkıda bulunan, bu etkiyi güçlendiren bir nitelik olma özelliği taşımaktadır.

Çok renkli bu figürler bir önceki grupta incelenenlerle kıyaslandığında kadına ve tarih öncesinden gelen ana tanrıça figürüne doğurganlık, bereket özelliklerini vurgulamak açısından benzerlik gösterseler de hem biçim ve renk kullanımı açısından hem hapsedilmişlik sınırlanmışlık ifadesi taşıyan sargılardan arınmaları açısından farklılık göstermektedirler.

2.3.Osteoporozun ele alındığı, soyutlamaların elde edildiği figürler

Bu bölümde yer alan, Sümengen Berker’in çömlekçi çarkı ile şekillendirme yöntemini kullandığı, osteoporoz ve sanat konusundan yola çıkılarak gerçekleştirilen figürler pek çok açıdan önceki figürlerden farklılık göstermektedir.

Şekil 5. Çömlekçi çarkında şekillendirilmiş oturan kadın figürü, beyaz vakum çamur, 1000 C^0, 51,5 x50x52cm, 2011

Figure 5. Wheel thrown seated female figure, white vacuum clay, 1000 $C^{0,}$ 51,5 x50x52cm, 2011

Şekil 6. Çömlekçi çarkında şekillendirilmiş bacaklar, beyaz vakum çamur, odunlu pişirim, 54,5x36,5x26,5cm, 2011

Figure 6. Wheel thrown legs, white vacuum clay, wood fired, 54,5x36,5x26,5cm, 2011

Sekil 5 ve şekil 6 da görülen figürler Sümengen Berker'in 2012 yılında tamamladığı "Sanatta Osteoporoz" konulu Sanatta Yeterlik Çalışması Raporu'nda yer alan uygulamalarından örneklerdir. Sümengen Berker osteoporoz konusunu figür uygulamalarında ele alışını söyle temellendirmektedir:

"Çünkü osteoporoz da doğanın diğer varlıklar üzerinde yarattığı bozulma veya tahribat gibi insan vücudunda gerçekleşen bir tahribattır. Çeşitli doğal etkenlerle her türlü varlıkta oluşabilen küf gibi, meyve ve sebzelerin çürümesi gibi osteoporoz da beslenme, yaşam koşulları ya da insan sağlığını etkileyen diğer faktörlerden etkilenerek kemik yapısının uğradığı bir çözülme bir bozulma olarak düşünülebilir. Bu nedenle de diğer tüm doğal etkenler ve sonuçlarının kaçınılmaz bir şekilde sanatın konusu olduğu gibi, osteoporoz da sanatın konusu olabilir." (Sümengen Berker:2012:6)

Sözü edilen figürler biçim açısından ele alındığında bütün bir bedenin ortaya konulması yerine bacaklar ve kalçadan oluşan beden parçalarının aynı parça-bütün ilişkisi içinde gerçekleştirildiği figürler olarak önceki örneklerden farklılık gösterir. Doğurganlık ve bereketi simgeleyen üst beden elemanları figürün dışında bırakılmış bu yolla ifade ve iletilmek istenen düşünce değişime uğramıştır. Bu figürlerdeki renk kullanımı ya da renksizleştirme anlayışı da aynı biçimde farklılık gösteren unsurlardandır. Çömlekçi çarkında şekillendirilen bu figürler doku zenginliğinin ön

plana çıkmasıyla renklerden arındırılmıştır. Bu arındırma-bozulma süreci daha önceki figürler için de sözü edilen dil oluşturma, dil oluştururken malzemenin sınırlarını tanıma, yeni ve özgün olanı yaratmada tüm bu olanakların kullanılması gibi gereklilik ve gerçekliklerden bağımsız değildir. Formu oluşturan tüm teknik ve unsurlara yapılan eklemeler aynı bakış açısının süreç içerisindeki değişim ve gelişimin sonucudur. Osteoporozun insan bedeninde yarattığı bozulmanın ele alınış biçimi bu figürlerde biçim ve rengin de bozulma veya azalmayla birlikte yıkıma uğraması açısından konunun anlam bütünlüğüne yapılan bir vurgu anlamı taşımaktadır.

3. SÜRECİN PARÇASI OLARAK SERAMİK FİGÜR

Olgu Sümengen Berker'in bu çalışmada ele alınan figürleri seramik sanatının geleneksel tekniklerinden biri olan çömlekçi tornasında şekillendirme tekniği ile farklı zamanlarda farklı ele alış ve dil yaratma anlayışı ile gerçekleştirilen çalışmalardır. Çömlekçi tornasında bilinen geleneksel üretme tekniği sabit kalmak koşuluyla tüm figürler bu tekniğin çağdaş eser yaratma amacı doğrultusunda farklı bir kullanım biçiminden yararlanılması olarak değerlendirilebilir. Üç farklı başlık altında değerlendirilen figürler hem sanatçının bu figürleri gerçekleştirdiği farklı zaman dilimlerine hem de teknik açıdan farklı unsurların figüre eklemlenmesinin denenmesine işaret etmektedir. Ekleme, çıkarma, dil yaratma gibi unsurları içeren denemelerin toplamı sanatçıyla birlikte figürlerin de içinden geçtiği bir süreç olarak değerlendirilebilir.

Bu sürecin ilk adımı olarak değerlendirilebilecek olan klasik formlara gönderme yapan figürleri Elif Okur Tolun "Tarih Öncesinden Günümüze Kadın" adlı makalesinde şöyle değerlendirmiştir:

"Ana Tanrıça ya da Toprak Ana olarak çeşitli adlarla anılan geçmişten gelen bu figürler Sümengen'in seramikleriyle günümüze entegre olmuştur. Sanatçı, bu figürleri tekrar üretip farklı bir yaklaşımla izleyiciye sunmuştur.

Sanatçının üretmiş olduğu figürler daha çağdaş ve sadece kadına üretici olarak bakan bir yaklaşımın uzantısı değildir. Bu figürler aslında kendi kendilerine var ve ayakta duruyor. Bununla birlikte, kendi "mekânsal" ve "yaşamsal" alanlarını kendileri yaratıyor. Sümengen'in seramik figürleri adeta özgür idol gibi; hatta o kadar özgür ki izleyici ile paylaşıldığı anda Sümengen'in olmaktan bile çıkıyor. Evet bu figürler tarih kokuyor; ama üretilme ve burada var olma şekliyle kendi varlık

alanlarını bir yerde belirliyor. Bu anlamda, tarih öncesi dönemden uzaklaşırken o arkaik yapıyı korumaları da sanatsal anlamda farklı bir tat getiriyor." (Okur Tolun: 2005: 24)

Rengin ön plana çıktığı, parça-bütün ilişkisinin ele alındığı ikinci grup figürler bir sürecin devamı olarak ele alındığında, figürün beden kavramına dönüştüğü söylenebilir. Bedene dönüşen bu ikinci grup çalışmalar (post-modernist bir bakış açısının da etkisi ile) bedenin parçalara ayrılması ve ayrışan bu parçaların bir bütün olarak tekrar kurgulanması olarak tanımlanabilir. Bu figürlerde baskın olarak kullanılmış olan oksit ve sırların bir arada kullanılmasıyla zenginleştirilmiş, üst üste, yan yana getirilmiş renkler yeniden kurgulama ve ikinci bir dil yaratma biçiminin bir parçasıdır. Dil kullanımında sargılar, figüre eklemlenen parçalar gibi unsurlardan uzaklaşılmış olması da ilk grupta gönderme yapılan ana tanrıça figüründen ve bu figürün sosyolojik bir duruma atfedilmesinden çok güncel kadınlık hallerinin yorumlanmasına dönüşmektedir.

Osteoporoz'un bedende yarattığı yıkım düşüncesinin ve bu hastalıkla ortaya çıkmış olan dokunun biçimsel olarak figürlere entegre edilerek kullanıldığı üçüncü grupta ise ikinci gruptaki çalışmalarda başlangıcı görülen bedene dönüşüm ve bedenin parçalandıktan sonra yeniden kurgulanması olgusu daha elle tutulur hale gelmiştir. Parçalara ayrılan beden unsurları ile yeniden bir bütün oluşturulurken artık bedenin kendisinden çok bedenin bir parçasının kurgulanması biçimine dönüşmüştür. Daha önceki figürlerde ekleme yoluyla kullanılan, sınırlandırma etkisi oluşturan sargılar yerini figürün kendisinde daha doğal bir bozulmaya bırakmıştır. Bu bozulma yine geleneksel olanın betimlenmesinden çok daha doğal olana güncel olana, bir yaşantının figür aracılığı ile betimlenmesi olgusuna bırakmıştır. Ana tanrıçaya gönderme yapmaktan çok genel kadın imgesi ve çağdaş yaşama yönelik yorumlar içermektedir. Burada bedenin parçalanması, osteoporozun doğal sonuçlarının ele alınması ile kadın bedeninin günümüz sorunları temelinde ele alınmasını gündeme getirmektedir. Artık toplumsal ve dış etkenlerden çok içyapıdaki fiziksel ve psikolojik değişimin vurgulanması ön plandadır.

Bu figürler renk kullanımı açısından değerlendirildiğinde de öncekilerden farklılık göstermektedir. Renk ve doku biçime vurgu yapan yüzeyde kullanılan bir unsur olmaktan çok yapısal unsurlara dönüşmektedir. Canlı, kroması yüksek, fazla çeşitlilik içeren renkler, organik, monokromatik bir olgu halini almaktadır. Bu

türden renk kullanımının figürlerin sözü edilen süreç içinde yöneldikleri bozulma ve parçalanma etkisi ile de örtüştüğü söylenebilir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Seramik sanatının en eski tekniklerinden biri olan çömlekçi tornasında şekillendirme tekniği bu çalışmada resimsel analizi yapılan seramik figürlerde (heykel) kullanılmıştır. Figürler seramik sanatına özgü bu geleneksel dil oluşturma aracının yeni ve çağdaş form üretme amacıyla kullanılmasının birer denemesi olarak ele alınabilir. Görülmektedir ki evrensel olan sanat yapıtıdır, yapıtı oluşturma yöntemi ise gelenekseldir. Kullanılan geleneksel yöntem sadece bir araçtır. Bedenin yaşam süreci içinde geçirdiği metamorfoz Sümengen Berker'in çalışmalarının kavramsal alt yapısını oluşturur. Figürün bedene dönüşümüyle yaşanan derin değişimin sanata yansıması aslında yok oluşun habercisi gibidir. Çalışmada ele alınan örnekler hem sanatçının hem de heykellerin bu amaç doğrultusunda geçirdiği sürecin birer kilometre taşı olarak değerlendirilebilir.

"Sonuç olarak geleneği olan sanatı geleceğin potasında yoğurmak daha geniş yaratıcılığın olabilirliğini sunan görsel ve düşünselliğe yönelik çalışmalar yapabilmektir" (Kula:2000)

Kula'nın bu yaklaşımından da hareketle, Sümengen Berker'in çalışmalarında sözü edilen süreç geleneksel tekniğin yine geleneksel formlara gönderme yapılarak kullanıldığı figürler, zenginleştirilmiş renk kullanımı ile yüzeyin resimsel olarak değerlendirildiği bedene dönüştürülmüş figürler ve son olarak da bozulma ve parçalanmanın yeni bir dil oluşturma kaygısı ile hem renkler hem formlarda ele alındığı yeniden kurgulama esasına dayalı figürler olarak nitelendirilebilir.

Sanat tarihinin vazgeçilmez konularından biri olan insan bedeni Sümengen Berker'in seramiklerinde gelenekle harmanlanıp, oluş ve bozuluş sürecinde yaşayan organizmalar gibi değişime uğrayarak yeni imgeler üretmektedir. Özellikle soyut olan beden/ beden parçalanmaları denemelerinde izleyicinin algısını zorlayan, izleyicinin yeni anlamlar üreten bir imge dünyasına davet niteliği taşımaktadır.

Bu sınıflandırma ve nitelendirmelerin ışığında figürlerin resimsel açıdan da analizi yapılmış ve geleneksel bir seramik üretim tekniğinin kullanılan farklı teknikler, farklı dil öğeleri, yardımcı malzemelerle birlikte sözü edilen çağdaş, güncel izleyicinin de aktif olarak katıldığı yorumlara dönüştüğü söylenebilir.

KAYNAKÇA

[1] Onur, A.Z. *Etik anlayış ile Sonuçlanan Bir Düşünce Biçimi,* Mimarlığa Emek Verenler Dizisi-IV Ziya Tanalı, TMMOB Mimarlar Odası Yayınları, 203, Ankara, Haziran,2010.

[2] Çağlayan,S., Korkmaz, M., ve Öktem, G., *Sanatta Görsel Algının Literatür Olarak Değerlendirilmesi,* Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi (Journal of Research in Education and Teaching), Cilt:3 Sayı:1 Makale No: 16, ISSN: 2146-9199, 167, Şubat 2014.

[3] Sümengen Berker, O. *Sanatta Osteoporoz,* Sanatta Yeterlilik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2012.

[4] Okur Tolun, E. Tanrıçalaşan Seramik Formlar, Çankaya Gündem, Ekim, 24,25, 2005

[5] Galatalı, A. "Eleştirim" , Türkiye'de Sanatın Bugünü ve Yarını, H.Ü. GSF. Yay., Ankara, 1985.

[6] Kula, E. *Çamur Tornası Geleneği ve Ötesi,* I. Ulusal Osmaniye Karatepe Seramik Arkeometrisi Sempozyumu ve Çalıştayı, 2000.

[7] Güner, G. *Anadolu'daYaşamakta Olan İlkel Çömlekçilik,* Ak Yayınları Kültür Serisi 16-5, Grafik Sanatlar Matbaacılık A.Ş. İstanbul, 1988.

[8] Moss, R. Ice Age Art: Arrival of the Modern Mind at the British Museum, Review, <http://www.culture24.org.uk/art/art420246>, 2013.

SERAMİK HAMMADDE VE BÜNYE ÖZELLİKLERİNİN TERMAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF CERAMIC RAW MATERIALS AND BODY PROPERTIES BY THERMAL ANALYSIS METHOD

Gülfem BİNAL[1]

[1] Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 74100, Bartın/Türkiye

ÖZET

Seramik malzemelerin üretiminde birçok hammadde kullanılmaktadır. Üretim sürecinden önce bu hammaddelerin çeşitli test ve karakterizasyon yöntemleriyle analiz edilmesi, üretim süreci ve nihai ürün özellikleri üzerindeki etkilerinin tespiti açısından oldukça önemlidir. Kullanılan karakterizasyon tekniklerinden bir tanesi de termal analiz yöntemleridir. Termal analiz sıcaklık değişimlerinin etkisine bağlı olarak numune özelliklerinde ki değişimin incelenmesidir. Termal analiz cihazlarıyla numunelerin kütle değişimi, bozunum, termal kararlılık, oksidasyon, dönüşüm entalpisi, spesifik ısı (Cp), faz geçiş sıcaklıkları, cam geçiş sıcaklığı, kristalizasyon davranışları gibi özellikleri belirlenebilmektedir. Bu çalışmada çeşitli hammaddelerin ve standart bir duvar karosu bünyesinin ısıl özelliklerinin termogravimetrik analiz (TG) ve diferansiyal termal analiz (DTA) yöntemleri kullanılarak incelenmesine yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Termal analiz, seramik bünye, hammadde

ABSTRACT

Many raw materials are used in the production of ceramic materials. Before the production process raw materials should be analyzed by various tests and characterization methods. These tests are very important for the identification of raw materials impacts on the production process and final product characteristics. One of characterization techniques used is thermal analysis methods. Thermal analysis is the examination of the sample properties by the effect of temperature changes.

Sample characteristics can be determined by thermal analysis devices such as mass change, decomposition, thermal stability, oxidation, transformation enthalpy, the specific heat (Cp), the phase transition temperature, glass transition temperature, crystallization behaviour. In this study, thermal properties of various raw materials and standard wall tile body are given using by thermogravimetric analysis (TGA) and differential thermal analysis (DTA) methods.

Keywords: Thermal analysis, ceramic body, raw material

1. GİRİŞ

En karmaşık seramik malzemelerden biri olarak kabul edilen duvar karoları başlıca kil, karbonat ve kuvarstan oluşan çok bileşenli sistemlerdir. Bünye içerisindeki her bileşenin son ürün özellikleri üzerinde farklı etkileri vardır [1]. Seramik malzemelerin üretimi için doğal hammaddeler çok uygundur. Bu hammaddeler nadiren saf halde bulunup genellikle başka mineralleri içeren karışım halindedirler. Hammaddelerin davranışlarını açıklamak, farklı ve çeşitli kompozisyonlar içerdikleri için oldukça zordur [2]. Termal analiz yöntemleri ısıtma süresince tek tek seramik hammaddelerinin tanımlanmasında, kompleks karışımları içeren minerallerin belirlenmesinde, bu karışımların bileşenleri arasında meydana gelen reaksiyonların karakterizasyonunda kullanılan etkin yöntemlerdir [3].

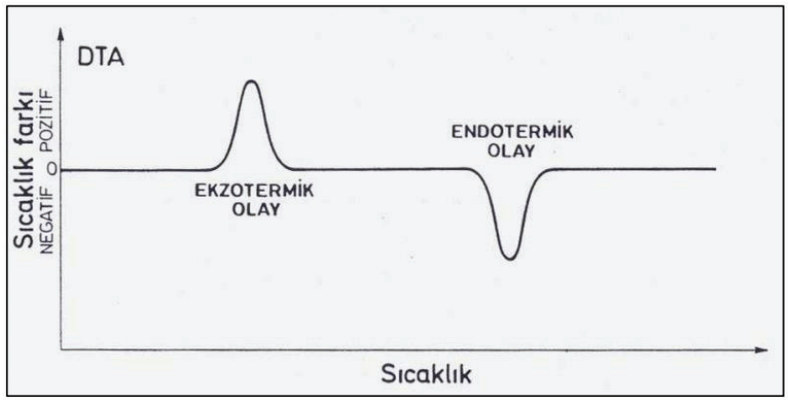
Termal analiz genel anlamda numuneye kontrollü sıcaklık programı uygulandığında, numunenin özelliklerinin, sıcaklığın veya zamanın fonksiyonu olarak ölçüldüğü bir grup teknik olarak tanımlanabilir [4]. Termal analiz yöntemleri:

1. Termogravimetri (TG),
2. Diferansiyel termal analiz (DTA),
3. Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) ve
4. Simultane termal analiz (DTA/TG veya DTA/DSC) olarak ifade edilebilir.

Termogravimetri (TG) yönteminde programlı olarak arttırılan sıcaklık sonucunda analiz edilecek maddenin kütlesinde meydana gelecek olan azalmalar, sıcaklığın veya zamanın fonksiyonu olarak incelenir [5]. Termogravimetrik yöntemler büyük ölçüde bozunma ve yükseltgenme reaksiyonları ile buharlaşma, süblimleşme ve desorpsiyon gibi fiziksel işlemlerle sınırlandırılır [6]. Modern cihazların çoğunda TG eğrisinin türevini (DTG) çizebilecek devreler bulunur. Türev eğrisinden normal

eğride saptanamayan bilgiler de alınabilir. DTG'nin asıl kullanım amacı ağırlık kaybının hangi sıcaklıkta maksimum olduğunun görsel olarak izlenmesini kolaylaştırmaktır.

Diferansiyel termal analizde (DTA) numune ile termal olarak inert olan bir referans maddeye aynı sıcaklık programı uygulanır ve ikisi arasındaki sıcaklık farkı ölçülür. Genellikle numune ve referans maddesi, numunenin sıcaklığı zamanla doğrusal olarak artacak şekilde ısıtılır [7]. DTA ile ısının absorplandığı veya verildiği her olay gözlenebilir (Şekil 1). Erime, buharlaşma, süblimleşme, absorpsiyon ve desorpsiyon gibi olaylar endotermiktir. Adsorpsiyon olayı genellikle ekzotermik bir değişmedir. Kristal faz değişimleri ve kimyasal tepkimeler ise hem endotermik hem de ekzotermik pikler oluşturabilir [8]. Diferansiyel termal analiz saf silikatlar, killer, ferritler, seramikler, katalizörler ve camlar gibi inorganik bileşiklerin termal özellikleri ile ilgili ölçümlerde kullanılmaktadır[6]. Cam biliminde DTA analiziyle kristalizasyon kinetikleri, kristal çekirdeklenme hızları ve kristalizasyon için gerekli olan aktivasyon enerjisi belirlenebilmektedir [9]. Diferansiyel termal analizin önemli bir kul1anım alanı da, faz geçişleri ile ilgili çalışmalarda faz diyagramlarının oluşturulmasıdır [6].



Şekil 1. Bir DTA eğrisinde ekzotermik ve endotermik pikler [8]
Figure 1. Exothermic and endothermic peaks in a DTA curve [8]

Diferansiyel Taramalı Kalorimetre Cihazı (DSC); numune ısıtılırken, soğutulurken veya sabit bir sıcaklıkta tutulurken soğurulan veya salıverilen enerji miktarını ölçer. Bu teknikte, referans ile numuneden gelen veya uzaklaşan ısı farkı sıcaklığa veya zamana bağlı olarak gösterilir. Diferansiyel taramalı kalorimetrelerden camsı geçiş sıcaklığı, faz dönüşümü ve reaksiyonların entalpisi, erime ve kaynama noktaları,

kristalizasyon ve kristalleşme yüzdesi ve spesifik ısı gibi bilgiler elde edilebilir [10].

Simultane termal analiz (TG/DTA, TG/DSC) iki veya daha fazla tekniğin aynı anda tek bir numune üzerine uygulanmasıdır. TG/DTA kontrollü atmosferde sıcaklık farkını ve ağırlık değişimini sıcaklığın fonksiyonu olarak ölçer. Deneysel şartların ve numunenin her iki deney için aynı olması belirsizlikleri ortadan kaldırır. Numunenin homojen olmamasından, numune geometrisinden, atmosfer etkisinden, farklı cihazlardaki sıcaklık farklarından ve çalışma şartları farklarından kaynaklanacak değişimleri önler [6].

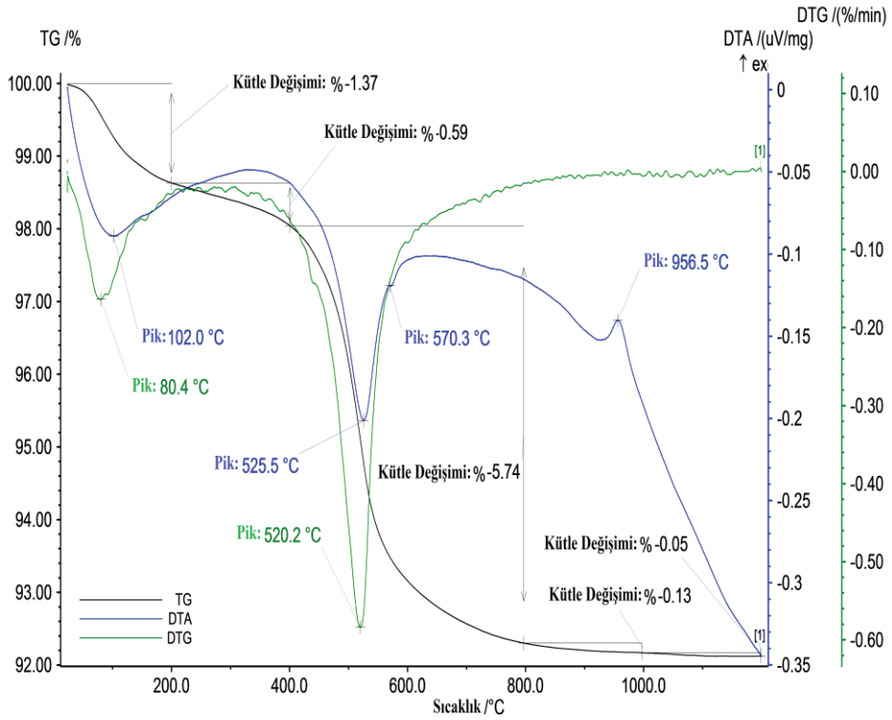
Bu çalışmada kil, pegmatitin ve mermer TG/DTA analizleri ile bu hammaddelerden oluşan duvar karosu bünyesinin TG/DTA analizi irdelenmiştir.

2. DENEYSEL UYGULAMALAR

Kil, pegmatit, mermer ve duvar karasu bünyesine ait TG/DTA analizleri Netzsch STA 409 PC/PG marka cihaz ile hava ortamında 1200 ºC sıcaklığa 20 ºC/dk. ısıtma hızı ile çıkılarak gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Kilin TG/DTA analizi incelendiğinde (Şekil 2), DTA eğrisinde 102 °C' de gözlenen endotermik pik (kütle kaybı %1,37) kaolenit ünitelerinin oluşumu sırasında tabakalar arasında kalan bir miktar suyun uzaklaştığını göstermektedir [11]. 525,5 °C' deki endotermik pik (kütle kaybı %5,74) kaolenit yapısındaki kristal suyun uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır. Isıtma sırasında, 450–500 ºC civarındaki sıcaklıklarda kaolenit yapısındaki suyu kaybederek dehidrasyona uğrar ve metakaolin oluşur ($Al_2O_3.2SiO_2$). Bu dehidrasyon reaksiyonu keskin bir kütle kaybı ve endotermik pik gösterir [3]. DTA eğrisinde 570,3 °C' de görülen pik α-β kuvars polimorfik dönüşümü sonucu oluşmaktadır [12]. 956,5 °C' de görülen ekzotermik pik ise kaolenitin kimyasal suyunu kaybetmesiyle oluşan metakaolenin amorf silika ve γ- Al_2O_3 spinel fazına dönüşümünden kaynaklanmaktadır. 925ºC maksimum 980ºC' de, metakaolen hızlı kristalizasyon ile spinel ($2Al_2O_3.3SiO_2$) yapıya dönüşür. Yarı kararlı spinel yapı, psedo müllite ($Al_2O_3.SiO_2$) ve sonra müllite ($3Al_2O_3.2SiO_2$) dönüşür. Dehidrasyondan sonraki bütün dönüşümler katı haldedir ve kütle değişimi gözlenmez [3].



Şekil 2. Kile ait TG/DTA eğrisi

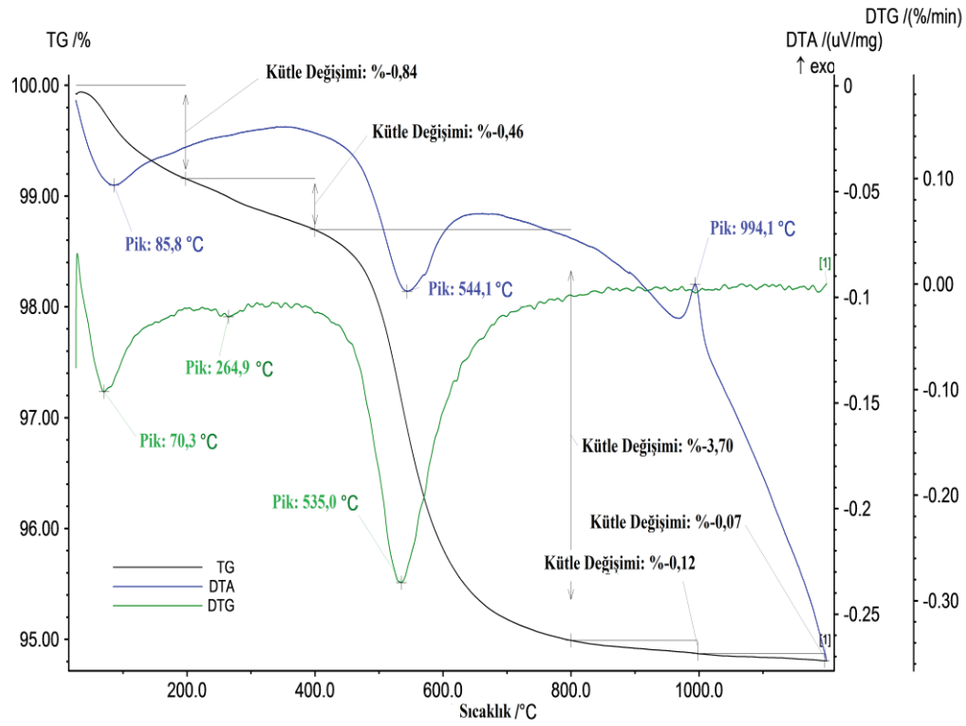
Figure 2. TG/DTA curve of clay

Pegmatit ve mermere ait TG/DTA analiz eğrileri Şekil 3 ile Şekil 4'de, benzer şekilde değerlendirilen analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmektedir. Pegmatit numunesi kuvars, kaolenit, illit ve albit fazlarını içermektedir. İllitlerde 100-300 °C' de absorblanan suyun kaybından dolayı endotermik pik şiddeti fazladır. Bu endotermik pik, birimler arasında ve partikül yüzeyinde zayıf bağlanmış absorblanan suyun kaybını içerir. İllit mineralinin sahip olduğu yapısal su geniş bir sıcaklık aralığında iki veya daha fazla endotermik reaksiyon ile uzaklaşabilmektedir. İllit minerali kaolenit mineraline göre daha az absorblanmış su ve yapısal su barındırır. ~900ºC' de dekompozisyonun ardından bir ekzotermik reaksiyon ile s şeklinde endotermik-ekzotermik karakteristik gösteren kristalizasyon meydana gelmektedir [3].

Tchakounte Bakop ve arkadaşları pegmatit ve nefelin siyanit kullanılarak hazırladıkları porselen karoların sinterlenme davranışlarını inceledikleri çalışmalarında pegmatite (albit, mikroklin, muskovit ve kuvars fazlarını içermektedir) TG/DTA analizi uygulamışlardır. Analiz sonucuna göre DTA eğrisinde 575 °C' ye kadar herhangi bir termokimyasal reaksiyon gözlenmemektedir. 400 °C' de toplamda % 0,6 ağırlık kaybı meydana gelmektedir.

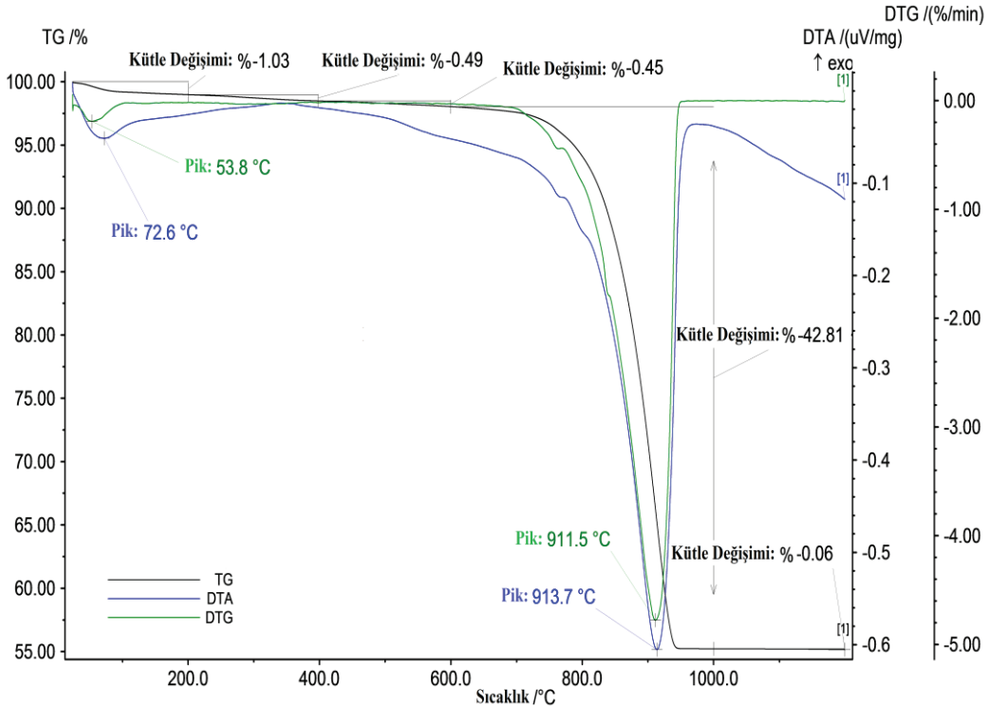
Bu ağırlık kaybı ve 575 °C' de görülen endotermik pik yapısal suyun uzaklaşması sonucu oluşmaktadır. Ayrıca bu sıcaklıkta α-β kuvars dönüşümü de gerçekleşmektedir. Pegmatit 1200 °C' de erimekte ve 1230 °C' de gözlenen ekzotermik reaksiyon sonucu eriyikten lösit kristal fazı oluşmaktadır [13].

Karbonatlar belirgin endotermik piklere sahiptir. Statik hava atmosferinde kalsit ($CaCO_3$) 840 °C' de bir endotermik pik, dolomit ($CaMg(CO_3)_2$) ise 780 ° C ve 860 °C' de çift endotermik pik gösterir. Bu pikler karbonat yapısının bozularak CO_2 çıkışının gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır. Piklerin pozisyonları; tane boyutu, kristal boyutu, atmosfer ve diğer eşlik eden faktörlere bağlı olarak değişebilir [14]. Tane boyutunun azalması oluşan piklerin daha düşük sıcaklıklara kaymasına yol açar [15]. Küçük partiküller iri partiküllerden daha büyük yüzey alanına sahiptir bu yüzden kopmuş bağ sayısı da daha fazladır. Kopmuş bağlar sınır tabakasındaki katıların termal stabilitesini azaltır. Partiküller daha da inceldikçe sınır tabakasının önemi artmaktadır. Ayrıca küçük partiküllerin buhar basıncı iri partiküllerden daha fazladır [16]. Bu nedenle reaksiyonlar daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşebilmektedir. Analiz gerçekleştirilirken kullanılan ısıtma hızının yükselmesi piklerin daha yüksek sıcaklıklarda oluşmasına yol açmaktadır [15].



Şekil 3. Pegmatite ait TG/DTA eğrisi

Figure 3. TG/DTA curve of pegmatite



Şekil 4. Mermere ait TG/DTA eğrisi

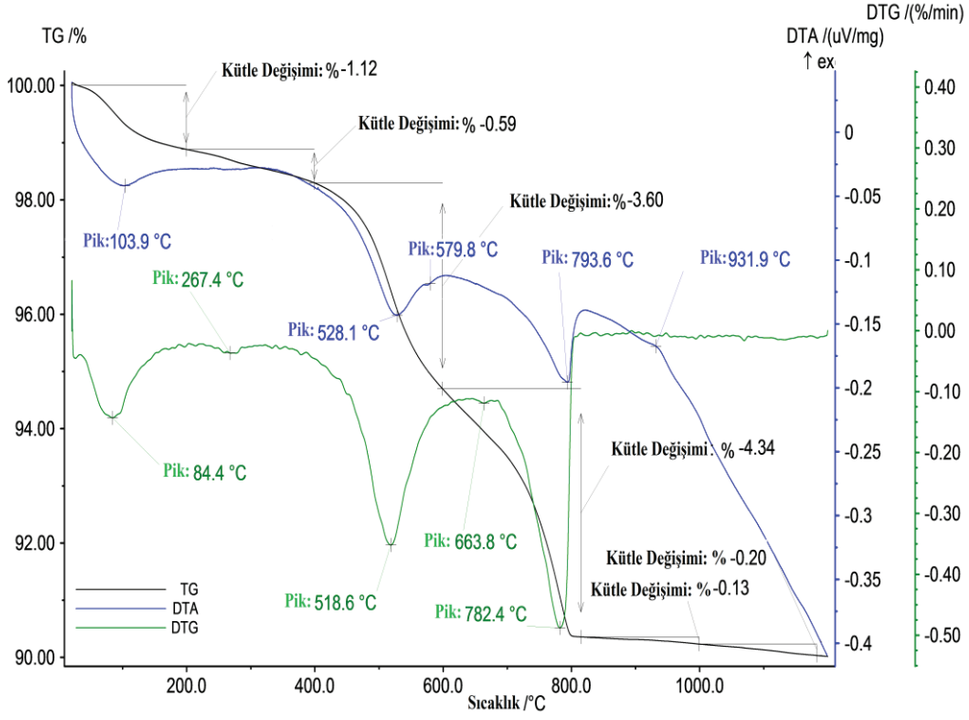
Figure 4. TG/DTA curve of marble

Çizelge 1. Kil, pegmatit ve mermere ait termal analiz sonuçları

Table 1. Thermal analysis results of clay, pegmatite and marble

Hammadde	Kütle Kaybı (%)	Endotermik Pik Sıcaklığı (°C)	Oluşan Reaksiyon	Ekzotermik Pik Sıcaklığı (°C)	Oluşan Reaksiyon
Kil	1,37	102,0	Kaolinit tabakaları arasındaki fiziksel suyun uzaklaşması	956,5	Metakaolenin amorf silika ve γ-Al_2O_3 spinel fazına dönüşümü
	5,74	525,5	Kaolinit yapısındaki kristal suyun uzaklaşması (Kaolen-metakaolen dönüşümü)	-	-
	-	570,3	α-β kuvars dönüşümü	-	-
Pegmatit	0,84	85,8	Kaolinit ve illit tabakaları arasındaki fiziksel suyun uzaklaşması	944,1	Metakaolenin amorf silika ve γ-Al_2O_3 spinel fazına dönüşümü
	3,70	544,3	Kaolinit ve illit yapısındaki kristal suyun uzaklaşması (Kaolen-metakaolen dönüşümü)	-	-
Mermer	1,03	72,6	Fiziksel suyun uzaklaşması	-	-
	42,81	913,7	$CaCO_3$ bozunumu	-	-

Kil, pegmatit ve mermerden oluşan duvar karosu bünyesine ait TG/DTA analizi (Şekil 4) incelendiğinde 103,9 ºC' de fiziksel suyun uzaklaşmasından kaynaklanan endotermik pik görülmektedir. 528,1 ºC' de kaolenin metakaolene dönüşüm reaksiyonu ve 579,8 ºC' de kuvars dönüşüm reaksiyonu gerçekleşmektedir. 793,6 ºC' de kalsitin bozunma reaksiyonuyla CaO ve CO_2 gazı oluşmakta ve gaz çıkışıyla birlikte ağırlık kaybı meydana gelmektedir. 931,9 ºC' de görülen ekzotermik pik ise CaO' in matakaolenit fazıyla reaksiyonuyla gehlenit ve anortit gibi fazların kristallenmesi sonucu oluşmaktadır [1].



Şekil 5. Standart duvar karosu bünyesine ait TG/DTA eğrisi

Figure 5. TG/DTA curve of standard wall tile body

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

TG/DTA analizlerinin hammadde karakterizasyonunda ve süreç koşullarının önceden tahmin edilmesini sağladıklarından dolayı seramik malzemelerin üretilmesinde oldukça kullanışlı yöntemler olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

[1] Sousa, S.J.G., Holanda, J.N.F., *Development of red wall tiles by the dry process using Brazilian raw materials*, Ceramics International (31), 215–222, 2005.

[2] Oytaç, Z.E., *Karbonatlı Killerin Duvar ve Yer Karaosunda Kullanımı ve Isıl Davranışlarının İncelenmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2011.

[3] Meyers, K.S., Speyer, R.F., *Thermal Analysis of Clays*, Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry Vol. 2: Applications to Inorganic and Miscellaneous Materials, 261-306, Elsevier, 2003.

[4] Brown, M.E., *Introduction to Thermal Analysis Techniques and Applications*, 2nd Edition, Kluwer Academic Publishers/Netherlands, 2001.

[5] Haines, P.J., *Principles of Thermal Analysis and Calorimetri*, The Royal Society of Chemistry/Cambridge UK, 2002.

[6] Turhan, Y., *Kil/Polivinil Türevleri Nanokompozitlerinin Sentezi ve Karakterizasyonu,* Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 2010.

[7] Yıldız, A. Genç, Ö. ve Bektaş, S., *Enstrümantal Analiz Yöntemleri*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 1997.

[8] Yorulmaz, E., *Schiff Bazlarının Termal Yöntemlerle İncelenmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2005.

[9] Romero, M., Martin-Marquez, J., Rincon, J.M., *Kinetic of Mullite Formation from a Porcelain Stoneware Body for Tiles Production*, Journal of the European Ceramic Society (26), 1647–1652, 2006.

[10] http://merlab.metu.edu.tr/diferansiyel-taramali-kalorimetre-dsc

[11] Grim R.E., *Clay Mineralogy*, 2nd Edition, McGraw-Hill Inc./US, 1968.

[12] Mothe´ Filho, H.F., Polivanov, H., Barroso, E.V., Mothe´, C.G., *Thermal and mechanical study from granite and marble industry reject*, Thermochimica Acta (392–393), 47–50, 2002.

[13] Tchakounte Bakop, T., Tene Fongang, R.T., Melo, U.C., Kamseu, E., Miselli, P., Leonelli, C., *Sintering behaviors of two porcelainized stoneware compositions using pegmatite and nepheline syenite minerals*, J Therm Anal Calorim (114), 113-123, 2013.

[14] Moropoulou, A., Bakolas, A., Bisbikou, K., *Thermal Analysis as a Method of Characterizing Ancient Ceramic Technologies*, Thermochimica Acta (2570), 743-753, 1995.

[15] Viti, C., *Serpentine Minerals Discrimination by Thermal Analysis,* American Mineralogist (95), 631-638, 2010.

[16] Faust, G.T., *Thermal Analysis Studies on Carbonates I. Aragonite and Calcite*, American Mineralogist (35), 207-225, 1950.

AFYONKARAHİSAR KİLLERİNİN GELENEKSEL SERAMİKLERDE KULLANIMI

THE USE OF AFYONKARAHISAR REGION CLAYS IN TRADITIONAL CERAMICS

Özgür CENGİZ [1]

[1] Afyon Kocatepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü, Afyonkarahisar / TÜRKİYE

ÖZET

Bu çalışmada, Afyonkarahisar yöresinden elde edilen iki farklı kilin özellikleri araştırılmış; değişik oranlarda seramik kompozisyonlara ilave edilerek kullanılabilirliği incelenmiştir. Killer, mineralojik ve kimyasal olarak sırasıyla X-Işını Difraksiyon ve X-Işını Flüoresans cihazları kullanılarak karakterize edilmiştir. Killerin illitik karakterde olduğu belirlenmiştir. Seger formülasyonuna uygun olarak çeşitli bünye kompozisyonları hazırlanmıştır. Sonuç olarak, bu kilin seramik karolar ve geleneksel seramik bünye kompozisyonlarında kullanım potansiyeli olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Afyon bölgesi killeri; Seramik karolar; Geleneksel seramikler; Seger formülasyon.

ABSTRACT

In this study, the properties of two different clays from Afyonkarahisar region were determined and incorporation in varying amounts of the clays to the ceramic compositions was investigated. The clays were mineralogically and chemically characterized by means of X-Ray Diffraction (XRD) and X-Ray Fluorescence (XRF), respectively. The clays were characterised as illitic-clays. Several body

compositions were prepared according to Seger Formulation. The results showed that the clay has a potential for ceramic tile and traditional body compositions.

Keywords: Afyon region clays; Ceramic Tiles; Traditional ceramics; Seger formulation.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Seramik killerin optimum oranlarda kombinasyonu, seramik karo kompozisyonlarının temel bileşendir. Şekillendirme aşamalarında plastiklik ve ham mukavemet sağlamalarından ve empürite oksit içeriğine bağlı olarak pişmiş ürünün renk gelişimini büyük ölçüde etkilerler. Genellikle; plastik olmayan seramik kili *(china clay)* ve ince plastik kil *(ball clay)* olmak üzere iki tür kil kullanılmaktadır. Her ikisi de doğal kaolenitik; baskın empürite (kirlilik) olarak kuvars minerali ile birlikte minör empürite olarak demir oksit ve titanyum ihtiva etmektedir. İnce plastik *ball* killer, beyaz pişen kaolenitik *china* kilinden daha incedirler ve seramik bünyelerde daha fazla plastiklik sağladıklarından çoğunlukla plastik kil olarak tanımlanırlar (Das, 2005). Kil mineralleri, oluşturulacak seramik ürüne plastiklik (özlülük) kazandırmasına karşın, plastik olmayan özsüz hammaddeler seramik çamurun plastikliğini azaltır. Genelde çamurun kuru direnç, kuru küçülme ve pişme küçülmesi azaltarak su emmeyi arttırırlar. Bazı özsüz hammadeler ise (feldispat, pegmatit, kalsit vb.) büyük ölçüde pişme sıcaklığının ve katkı oranlarının da etkisi ile çamurun içinde eritici etkisi göstererek, çamurun erken sinterleşmesini sağlamaktadır (Kibici, 2002).

Seramik ürünler arkeolojik açıdan bakıldığında, killerin (hammaddelerin) pişirilerek kalıcılığı sağlanan ve killerin ısı etkisiyle doğal olarak yapılarının sertleşmesi sonucu elde edilen ürünlerdir. Pişirim esnasında, kil içeren bünyeler birtakım kimyasal ve yapısal modifikasyonlara (dehidrasyon, dehidroksilasyon, dekompozisyon ve yeni fazların oluşumu, vitrifikasyon gibi) uğrarlar. Bu değişimler, kil içeren bünyeyi tamamen dönüşüme uğratmaktadır. Bu süreç, yüksek sıcaklık ile kilin kimyasal ve mineralojik kompozisyonu, tane boyut dağılımı ve maksimum ısıl işlem sıcaklığı, ısıtma hızı, pişirim süresi ve fırın indirgen atmosferinden etkilenen düşük basınç mineral dönüşümlerinden oluşmaktadır. Yeni

oluşan yüksek sıcaklık mineralleri çekirdeklenebilir ve hem kilin tane sınırlarında tamamlayıcı bir kimyasal yapıya sahip mineral fazlarla yer değiştirerek, hem de ortaya çıkan yüksek sıcaklık fazları ile büyüyebilir. Pişmiş killer ile yapılan mineralojik dönüşüm çalışmalarında, genellikle kalsiyum açısından zengin ve fakir killer üzerinde durulmuş; yeni oluşan fazlar gehlenit, volastonit ve anortit olarak kayıt edilmiştir. İllitin tek başına ağırlıklı mineral olarak yer aldığı dolomitçe zengin killerle yapılan çalışmada ise akermanit, montisellit, forsterit, periklas ve spinel fazları, pişirim sonrası yeni oluşan fazlardır (Trindade 2009). Benzer bir çalışmada yine kalsiyumca zengin ve fakir killerin mineralojik dönüşümlerinin pişirim koşullarından etkilenip etkilenmediği incelenmiş, sıcaklığa göre kilin başlangıç bileşiminin pişirim esnasında oluşan fazları tetikleyen temel etken olduğu belirlenmiştir (Duminuco, 1998).

Seramik karolarda hammadde seçimi, ürün kalitesini belirleyen en temel etkendir. Kil türü mineraller (illit, kaolinit, montmorillonit gibi) özellikler ham karoda mukavemet sağlamaktadırlar (Kumar ve ark. 2001). Seramik ürünlerin özelliklerini, hammaddelerin mineralojik ve granulometrik özellikleri yanında üretim sürecinin şekillendirme aşaması, pişirim koşullarlı ve ısıl değişkenleri gibi birçok etken belirlemektedir. Bu durum, özellikle yer ve duvar karoları ile tuğla, kiremit üretiminde kullanılmakta olan, bünyesinde bazı durumlarda kalker bulundurabilen illitik-kloritik killer için önem arz etmektedir. Bu seramik ürünlerin üretim sürecindeki özelliklerinin, hammadde kompozisyonu ve pişirim sıcaklığına bağlı olduğu bilinmektedir (Carretero, 2002). Seramik endüstrisinde kullanılmakta olan hammaddelere alternatif hammaddeler ilave ederek hammadde temin alanını geliştirmeye yönelik pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda genel olarak farklı yerlerden elde edilen hammaddeler fiziksel, mineralojik ve kimyasal özellikleri bakımından incelenerek kıyaslanmakta ve seramik, çömlek ve tuğla-kiremit ürünlerde kullanım olanakları değerlendirilmektedir (Correira, 2005).

Kaolinit ve illitçe zengin seramik bünyelerde meydana gelen faz değişimlerinin araştırıldığı çalışmalardan birinde geliştirilmiş bünyelerde farklı sıcaklıklarda meydana gelen fazların detaylı XRD incelemeleri yapılarak açıklanmaya çalışılmıştır (Aras, 2004). Yapılan bir diğer çalışmada ise, porselenlerde kimyasal kompozisyonun mikroyapısal ve mekanik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Buna göre, bileşimdeki alümina miktarı arttıkça mekanik mukavemetin arttığı belirlenmiştir (Dondi, 1995). Bileşiminde alümina, silika ve

demir bulunan uçucu kül ilavesinin porselen karolarda sertliği, kırılma mukavemetini ve aşınma dayanımını artırdığı tespit edilmiştir (Kumar, 2001).

Sanchez-Soto ve ark. (1994) kaolinit-pirofillit-illit karışımlarının öğütmeye ve müllit oluşumuna etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada kaolinit, pirofillit ve illitten oluşan doğal karışımın üzerine kuru öğütmenin (mekanokimyasal) etkileri araştırılmıştır. Ferrari ve Gualtieri (2005), porselen karo seramiklerin üretiminde illitik kilerin etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada illit içeriği %70'lere varan farklı sekiz adet kil hammaddesi %35 oranında porselen karo üretiminde yaygın olarak kullanılan albit, feldispat ve kuvars içeren karışımlara ilave edilmişlerdir. Her bir kilin fiziksel, kimyasal, mineralojik ve termal özellikleri ayrı ayrı karakterize edilmiştir. Bu çalışmada illitin varlığından dolayı teknolojik özelliklerdeki değişimler pişmiş ve pişmemiş bünyelerde mineralojik olarak incelenmiştir. İllitin artışı cam faz yüzdesini daha fazla erime noktasının düşüşünden dolayı daha düşük su emmenin oluşmasını tetiklemiştir. Piroplastik deformasyon ve pişme küçülmesi illit içeriğiyle azalmıştır. İllitin varlığı, müllit ve kristobalit yapısının oluşumunu engellemiştir.

Sidjanin ve ark. (2007) iki tip kil malzemesi; kaolinit ve illit, karbonattan oluşan seramik yer karosu numunelerinin Vikers mikro ve makro sertliklerini araştırmışlardır. Numuneler, her çeşit kil için ayrı ayrı hazırlanmış, 25 MPa basınçla kuru olarak preslenmiş, 960°C ve 1050°C'de laboratuvar şartlarında pişirilmiş ve mikroyapı kıyaslaması ve pişirme öncesi ve sonrası sertlik kıyaslaması için donma-ergime rejimlerine tabi tutulmuştur. Sonuçlara göre, Vikers mikrosertliği pişme sıcaklığının artışına bağlı olarak arttığı, fakat beklenen mikroyapının elde edilemediği görülmüştür. Ergime ve donma olayından sonra gözlenen sonuçlar aynı çıkmıştır. Ayrıca çentik boyu etkisi de düşük yük sertlik testi dahilinde incelenmiştir. Dikkat edilmesi gereken başka bir nokta da illit-karbonat bazlı kil malzemesi içeren numunelerde donma-ergime döngüsü sonucunda sertliğin artmış olmasıdır.

Seramik karo üretiminde, demir içeren hammaddelerin kullanımında pişme küçülmesi %1'in altında olduğu takdirde mukavemet değerlerinin iyi olduğu bilinmektedir (Marghussian ve Yekta, 1994). Aynı zamanda, kalsiyum oksit ve demir oksit bakımından zengin içerikteki killer, seramik ürün üretiminde kulanılacaksa, bu oksitlerin toplamının %6'nın üzerinde olmaması gerekmektedir (Mahmoudi, 2008). Sedmale ve ark. (2013) yaptıkları çalışmalarda, illitik killere

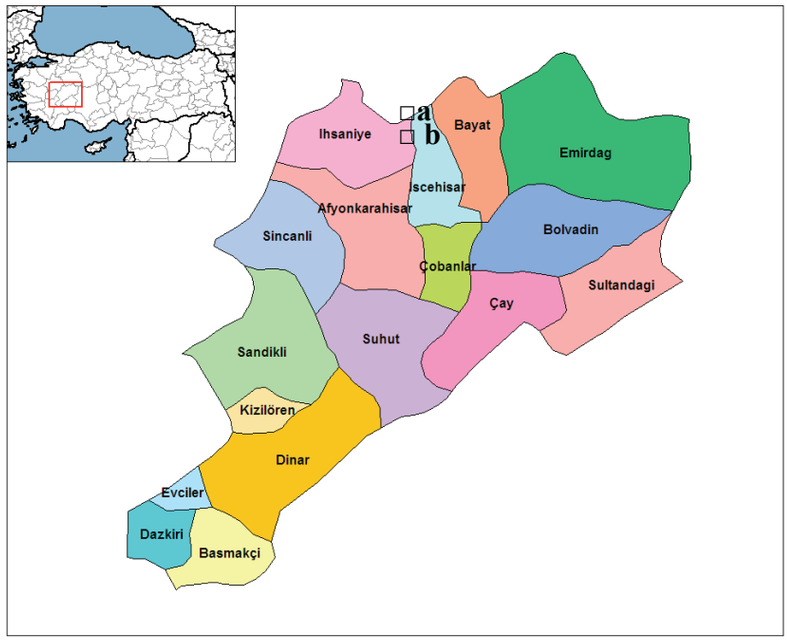
potasyum ve sodyum hidroksit ile alkali aktivasyonunu inceledikleri çalışmada, illitli kuvaterner kilin KOH muamelesi ile illitik yapıyı değiştirdiği fakat bozmadığı görülmüştür. Temel değişiklikler A-OH gruplarındaki değişiklikler ile ilişkili olarak O-, komşu Si- tabakasının olduğu yerde meydana gelmiştir. Bu, sinterleme sıcaklığını düşürmeyle sonuçlanmakta ve 600-700ºC'de sinterlenen seramik numunelerin amorf (camsı) faz gelişimini artırmaktadır. Ayrıca, toplam poroziteyi arttırmaktadır. Seramik yer kaplama malzemelerine, Afyonkarahisar ve civarı yöreden elde edilen ve illitik olduğu belirlenen killer yerine kaolenitik yapıdaki İstanbul kili ilave edilen bir çalışmada, karoların nihai su emme değerlerinde bir değişme olmadığı; eğme mukavemetinde bir miktar azalma olduğu gözlenmiştir. Aynı çalışmanın sonucunda, Afyonkarahisar ve civar yöreden elde edilen killerin seramik karo üretim sektöründe kullanılabilme potansiyeli olduğu belirlenmiştir (Çelik, 2010).

Beyaz pişen porselen ürünler başta olmak üzere seramikler genel olarak feldispat, kuvars ve kaolen, smektit ve illit türü kil mineralleri ihtiva etmektedir (Ferrari, 2006). Türkiye, önemli miktarda kil yataklarının bulunduğu bir ülkedir. Orta Anadolu'da, Afyonkarahisar ile birlikte Kütahya, Eskişehir ve Bilecik çevresi, Türkiye'nin seramik üretimi bakımından en gelişmiş alanını oluşturmaktadırlar. Illitik/kaolenitik killer yaygın olarak Afyonkarahisar ve çevresinde bulunmaktadır. Bu çalışmada, lokal (yerel) olarak elde edilen killerin, ilave edildikleri seramik bünyelerin üretim sürecine ve nihai ürün özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, Afyonkarahisar ve çevresinde bulunan illitik-kaolenitik özellik gösterdiği düşünülen killer ayrıntılı olarak incelenmiş ve seramik karo üretimi için kullanım potansiyeli değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Afyonkarahisar ve Çevresi Killeri mineralojik ve kimyasal karakterizasyonu

Örnek kil numuneleri iki farklı çalışma alanından elde edilmiştir. Bunlar; a) Alanyurt alanı (kuzey doğu) b) İscehisar bölgesi (kuzey) (Şek.1). Alanyurt ve İscehisar'dan alınan kil numuneleri sırasıyla A1 ve A2 olarak kodlanmıştır.



Şekil 1. Çalışmalarda kullanılan killerin numune olarak alındığı bölgelerin temsili haritası.
Figure 1. Representative map of the studied regions of the clays.

Numune olarak alınan kil numuneleri, doğal halde iken mineralojik ve kimyasal karakterizasyonu yapılmıştır. Killerin mineralojisi, Çizelge 1'de verilmektedir. Killerin kimyasal karakterizasyonuna göre her iki kilin de birbirine yakın içerikte olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, A2 kili diğer kile göre bir miktar daha karbonatlıdır. Ayrıca killerin yüksek K_2O/Na_2O oranına sahip olmasının yüksek illit içeriğine ve düşük SiO_2/Al_2O_3 oranının kil mineralinin kuvars üzerine baskınlığını ve düşük tane boyutuna işaret ettiği bilinmektedir (Trindade, 2009).

Çizelge 1. Killerin kimyasal analiz sonuçları (%).
Table 1. Chemical analysis results of the clays (wt %).

%	A1	A2
SiO_2	77,66	77,95
TiO_2	0,06	0,08
Al_2O_3	13,76	13,40
Fe_2O_3	1,15	1,30
CaO	0,17	0,28
MgO	0,17	0,11
Na_2O	0,10	0,29
K_2O	4,01	4,22
SO_3	0,23	0,14
K.K.*	2,80	2,20

**K.K. Kızdırma Kaybı.*

2.2. Killerin Mineral Dönüşümleri

Fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri olmak üzere teknolojik özellikler, seramik ürünlerde pişirim öncesi tüm süreci kontrol ederler (Correira, 2005). Mineral dönüşümlerini belirlemek üzere killer, belirli bir sıcaklık aralığında ve belirli bir süre pişirilerek incelenmiştir.

2.2.1. Termal Davranışı

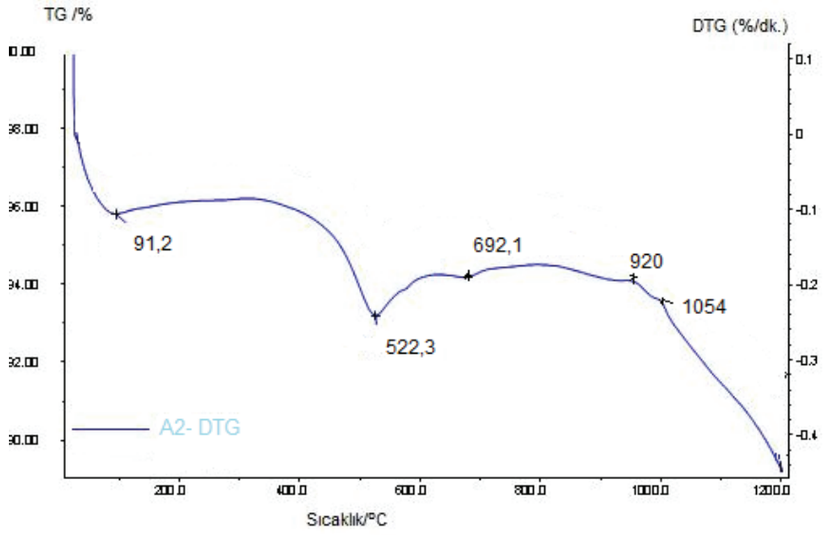
DTG eğrileri (Şekil 2) iki farklı muamele edilmiş kili gösteren DTG eğrilerinde 500ºC'ye kadar belirgin pikler gözlendiği görülmüştür. Bu karakteristik endotermik pik, illitin normalde yapısındaki suyu kaybetmesi ile belirgin hale gelmektedir. İllitik kil ile yapılan çalışmalardaki sonuçlarla benzerlik görülmektedir (Das, 2005).

500-600ºC arasında bir miktar boyut değişimi gözlenmekte ve 522,3 ºC'de görülen endotermik pikin α →β kuvars dönüşümü esnasında meydana gelen dehidroksilasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir. 692,1ºC'de görülen endotermik pikin kilin ihtiva ettiği montmorillonitin dehidroksilasyonuna bağlı

olduğu söylenebilir. 920 ºC'de görülen egzotermik pik, metakaolenden γ-Al_2O_3 spinel fazın oluşumunu göstermektedir.

1000ºC'de sıcaklık ile muamele edilen kil numunesine ait özellikler, Şekil 2'de verilmektedir. Buna göre lineer (doğrusal) küçülme değerlerinin belirgin ölçüde sıcaklık ile orantılı olarak arttığı görülmektedir. Kilin ihtiva ettiği Fe_2O_3 ve K_2O vitrifikasyonu arttırarak küçülmeyi hızlandırmaktadırlar. Bu durum, yapılan diğer çalışmalar ile paralellik göstermektedir (Mahmoudi, 2008; McConville, 2013). Ancak killerin illitik olmalarından dolayı toplam küçülme oranları göreceli olarak yüksek değildir.

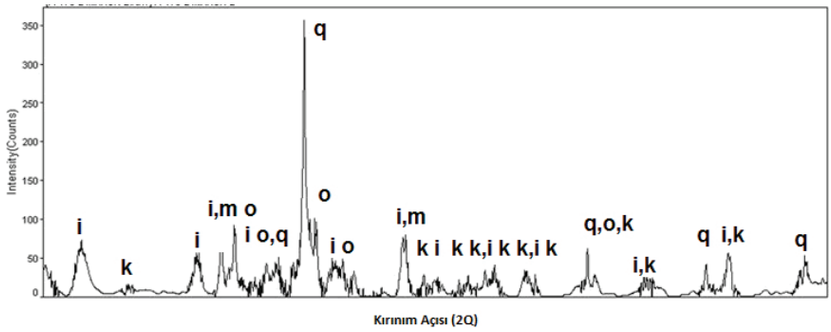
1050-1070ºC sıcaklık aralığında herhangi bir değişim yoktur. Killerin artan sıcaklık karşısındaki davranışları, illitik-kloritik killerin termal (ısıl) uygulamalarının incelendiği çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Dondi, 2002). Bu durumda killerin, seramik karo üretiminde kullanılmaları durumunda, nihai ürünlerde beklenen özellikleri karşılar nitelikte olduğu söylenebilir.



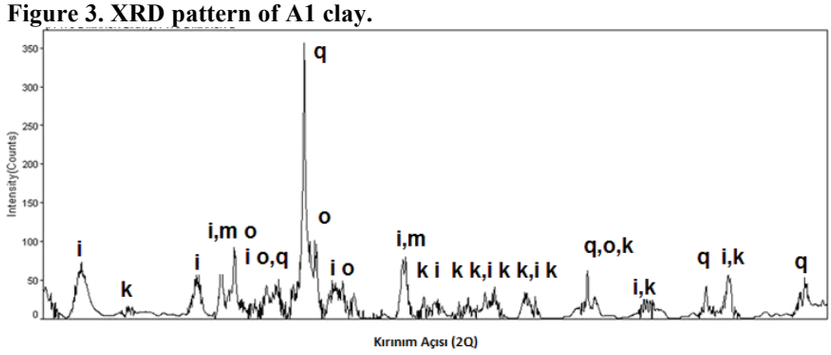
Şekil 2. A2 kiline ait DTG analizi eğrisi.
Fig. 2. DTG analysis of A2 clay.

2.2.2. Faz Analizi

Killer, düşük miktarda kalsiyum oksit, magnezyum oksit ve sodyum oksit içeriğine sahiptirler. Bunun yanında bir miktar potasyum oksit ve demir oksit ile yüksek miktarda silisyum dioksit ve aluminyum oksit içeriğine sahiptirler (Çizelge 1). XRD paternlerinde, killerin ağırlıklı olarak illit-kaolinit içerdiği ve bunun yanında kaolinit ve kuvars ile ortoklas ve montmorillonit içeriğine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3 ve 4).



Şekil 3. A1 kiline ait XRD paterni.
Figure 3. XRD pattern of A1 clay.



Şekil 4. A2 kiline ait XRD paterni.
Figure 4. XRD pattern of A2 clay.

Şekil 3 ve 4'de verilen XRD analizi sonuçlarına göre killerin ağırlıklı olarak illitik yapıda olduğu, bunun yanında montmorillonit, kuvars ve kaolinit ile ortoklas içerdiği görülmektedir. Buradan, potasyumun ağırlıklı olarak bulunduğu ve sodyum veya kalsiyumun yerine geçerek tabakaları oluşturduğu söylenebilir.

2.3. Seramik Bünye Kompozisyonlarının Belirlenmesi

Bu çalışmada standart seramik karo bünye reçetelerinde kil (Manisa-Turgutlu), İstanbul-Şile Bej kili, Kaolen (Polat Maden A.Ş.), Kuvarsit (İstanbul) karışımından oluşmaktadır. Çalışmalar kapsamında hazırlanan reçetelerde bu hammaddelere ilave olarak Afyonkarahisar yerel killeri ile sodyum feldispat (Kale Maden A.Ş) kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalarda bünye reçetelerinde kullanılan hammaddelerin fiziksel özelliklerinin analizleri çizelgede görülmektedir. Kullanılan hammaddelerin pişirim testleri sonuçları 1135°C'de 35 dak. süre pişirilmesi sonucu elde edilmiştir (Çizelge 2). Buna göre kullanılan killerin plastiklik özellikleri tahmin edilebilmektedir.

Çizelge 2. Bünye reçetelerinde kullanılan hammaddelerin fiziksel özellikleri.
Table 2. The physical properties of the clays used in the body formulations.

	Kaolen	T. Kili	İstanbul Şile Kili	A1 Kili	A2 Kili
Viskozite (sn)	10,52	34,17	16,93	12,45	13,40
Pişme Rengi (L)	87,98	49,30	71,31	81,94	82,17
Pişme Küçülmesi (%)	0,93	1,79	1,16	0,64	0,62
Su Emme (%)	21,8	12,85	12,50	14,08	13,09
Kızdırma Kaybı (%)	9,33	7,73	8,84	8,02	8,95
Litre Ağırlığı (gr/lt)	1568	1614	1615	1616	1616
Mukavemet (kg/cm^2)	470	585	490	96,70	96,51

Seramik porselen karo bünyeleri genel olarak %30-45 kil ve kaolen, %10-15 oranında kuvars kumundan oluşmaktadır. Feldispatik hammaddeler genellikle %35-40 arasında bünyeye ilave edilirler. Seramik karo kompozisyonlarında kullanılan çeşitli killer, yapıya plastiklik ve yaş mukavemet sağlarlar ve sahip oldukları safsızlıklara göre pişmiş ürüne farklı renkler kazandırırlar.

Kaolenitik kil içeren bünyelerin daha refrakter bir davranış sergilediği bilinmektedir. Bunun sebebi, yüksek alümina içeriğinin yanında sıvı faz oluşturarak sinterlemeyi destekleyen alkali oksit içeriklerinin az olmasıdır. Bunun sonucu olarak, kaolenitik kil bazlı bünyeler, hızlı pişen seramik karoların üretiminde kullanılamazlar. Bu koşullar altındaki seramik karolarda, illitik killer ile birlikte hızlı ve viskoz-akışa yardım ederek verimli bir sinterleme prosesi sağlamak amacıyla ergitici hammaddeler kullanılmaktadır (Vieira, 2005).

Bünye reçetelerini oluşturan hammaddelerin kimyasal analizleri X-Işınları Floresans (XRF) cihazı ile yapılmış, standart seramik karo reçetesine göre bünyelerin oksit yüzde kompozisyonları oluşturulmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Bünye reçetelerinde kullanılan hammaddelerin XRF cihazı ile elde edilmiş kimyasal oksit yüzdeleri.
Table 3. Chemical analysis results (XRF) of the clays used in the body formulations.

Hammaddeler	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	K.K
Kaolen	66,54	23,25	1,26	0,01	0,11	0,01	0,01	0,01	8,10
Kuvarsit	95,07	2,80	0,05	0,03	0,34	0,27	1,33	0,34	0,72
Turgutlu Kili	63,18	16,51	5,82	0,23	1,21	1,07	0,59	2,06	9,10
Şile Kili	60,85	23,66	3,52	0,85	0,14	0,38	0,14	2,20	8,47
A1 Kili	77,66	13,76	1,15	0,06	0,17	0,17	0,10	4,01	2,80
A2 Kili	77,95	13,40	1,30	0,08	0,28	0,11	0,29	4,22	2,20

Bu çalışmada referans olarak alınan baz reçetede % 55-60 civarı kil, % 20-25 kaolen, % 7-12 arası feldispat ile az miktarda kuvarsit (% 6) ile bir kompozisyon oluşturulmuştur. Referans bünyeye STD kodu verilmiştir. Referans bünyeye ait kimyasal kompozisyon ve çeşitli fiziksel analiz sonuçları sırasıyla çizelgede yer almaktadır. Bünye reçetesi oluşturma aşamasında Seger Formülasyonuna bağlı olarak oksit yüzdeleri ve deneme kil numunelerinin oksit içeriğinin etkileri göz önünde bulundurularak hesaplamalar yapılmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Bünye reçetelerinin kimyasal oksit yüzdeleri.
Table 4. Chemical compositions of the bodies.

Oksit Yüzdeleri (%) / Seramik Bünye Kodu	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O
STD	57,68	17,77	0,26	0,04	0,08	0,14	0,18	2,98
D1	63,50	17,89	1,02	0,08	0,12	0,13	0,13	4,98
D2	64,30	17,20	1,02	0,07	0,14	0,16	0,21	4,64

2.3.1. Bünye Hazırlama Aşamaları

Hammaddeler, laboratuvar koşullarında kompozisyon yüzdesine göre sulu ortamda laboratuvar tipi alümina bilyalı 500 gr kuru madde kapasiteli porselen değirmenlerde öğütülmüştür. Tane boyutu ve dağılımı ürünün nihai özellikleri üzerinde etkin bir parametre olduğundan çalışılan reçetelerden elde edilen çamurların tane boyut ve dağılımı elek analizi tekniği ve lazerli tane boyut analiz

cihazı ölçülmüştür. Elde edilen çamurun viskozitesi Fordcup Viskozimetresi ile tespit edilmiştir. Hazırlanan çamurlar etüvde kurutularak bir havanla toz haline getirilmiştir. Bu tozlar, su püskürtme metodu ile kontrollü bir şekilde nemlendirilip granül haline getirilerek preslemeye hazır hale getirilmiştir. %6 nem içeriğine sahip olacak şekilde hazırlanan granüller bir gün süre ile homojen nem dağılımı sağlanması amacıyla bekletilmiş, tek yönlü preslenip şekillendirilmiştir.

Preslenen karoların pres sonrası genleşme tespiti için ve kurutma çıkışı ve pişme sonrası pişme çekmesinin hesaplanması için boyutları, ayrıca kuru mukavemetleri ölçülmüştür. Preslenen karoların sinterleme davranışları laboratuar ortamında Misura 3.32 ODHT 1600/80 (Expert System Solutions, Italy) marka ve modelde optik dilatometre ile incelenmiş, sabit ısıtma hızıyla sabit sıcaklıklara çıkılarak flex noktaları belirlenmiştir. Seramik karo pişirimine uygun olacak ve işletme dinamiklerine uygun olacak şekilde sabit bir referans pişirim rejimi uygulanmıştır. Bünyelerin ısıl analizleri Netzsch 409 TG-DTA cihazı ile yapılmış, pişmiş üründe oluşan fazlar ürünün nihai özelliklerini belirleyeceğinden mineralojik analizleri Rigaku marka, Rint 2200 model XRD ile yapılmıştır. Ayrıca hazırlanan nihai ürün, TS EN 159 standart test serisine göre değerlendirilmeye alınmıştır. Farklı sürelerde öğütmeye tabi tutulan kalsit tane boyutu, Malvern–Hydro 2000G tane boyut ölçüm cihazı ile belirlenmiştir. Ürünlerin renk değerleri Minolta CR 300 renk ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Pişmiş ürünün mukavemeti, Gabrielle CRAB24 marka mukavemet cihazı ile tespit edilmiştir.

Homojen yapıda bir seramik karo bünyesi elde edilmesi amacıyla hammaddeler baz alınan reçetedeki oranlar doğrultusunda gerekli oranlarda tartılarak öğütücü bilyalı değirmene sulu ortamda öğütülmüştür. Karışımda öğütme işlemi için kullanılan bilyalara 10-20 mm çapında alümina bilyalar olup 500 gr'lık toz karışımı için yaklaşık 400 gr bilya ve 165 gr su kullanılmıştır.

Hammaddelerin işletme şartlarında kullanımı öncesi nem ihtiva ettiği bilindiğinden laboratuar koşularında deneme öncesi kurutulmaları ile daha muntazam sonuç alınacağı düşünülmüş, nem içerikleri kaybolunceya dek kurutulan hammaddelerin hazırlanan reçeteye göre tartımları yapılmıştır. Kompozisyonlar, %65 katı oranında, %0,7-0.8 cam suyu ilave edilerek, 63µm'lik elek bakiyesi ölçülerek elek bakiyesi 1,5-1,7 ortalama değerlere ulaşılıncaya dek öğütülmüştür.

Hazırlanan kompozisyonların kurutma işlemi, 120°C civarında ayarlanmış etüvde 1 saat süre ile bekletilmesi ile gerçekleştirilmiştir.

Kurutma işlemi ile elde edilen toz bünye, kısa süre ile kuru öğütülerek belirli bir incelikte ve topaklanma olmayacak şekilde bünye eldesi sağlanmıştır. Endüstriyel koşullarda püskürtmeli kurutucu ile oluşturulan ve uygun kuru presleme yapılabilirliği için ihtiyaç duyulan yaklaşık % 5,5-6 rutubet değeri, laboratuar ortamında pulvarize su uygulamak suretiyle elde edilmiş, olası topaklanmaları önlemek amacıyla nemli toz 1 mm açıklıklı elekten elenmiştir. Rutubetin homojen bir şekilde dağılımını temin etmek üzere nemlendirilen tozlar torbalara alınarak bir gün süre ile bekletmeye alınmışlardır.

Şekillendirme işlemi için nemli toz granüller, işletmede laboratuar tipi *Sacmi* marka preslerde 5x10 cm boyutlarında dikdörtgen numuneler halinde preslenmişlerdir. Endüstriyel koşullara uygunluk sağlaması açısından, basınç 270 bar olarak uygulanmıştır.

Preslenen numuneler 120°C'de 1 saat süre ile etüvde kurutulmuş ve işletme koşullarında deformasyonun engellenmesi ve ısı iletiminin sağlanması açısından refrakter altlıklar üzerine konulmak suretiyle tek pişirimli seramik karo rejiminde 1135-1150°C sıcaklık aralığında belirli ısıtma rejimine göre sinterlenmişlerdir.

2.4. Nihai Ürünlere Uygulanan Testler

Sinterleme aşamasında her bir baz reçete için 3'er adet numune hazırlanmış, % pişme küçülmesi, renk analizi, mukavemet ve daha sonra % su emme testleri için 3 adet numune ölçümü yapılarak çıkan değerlerin ortalaması alınmıştır. Diğer 3 adet numune ise laboratuar ortamında yapılacak optik dilatometre testleri için 1 adet ham ve XRD ve diğer analizler için 2 adet pişmiş olmak üzere kullanım dahilinde tutulmuştur.

Tasarlanan reçetelere göre hazırlanan ve pişirilen bünyelerin sinterleme esnasında gösterecekleri boyut değişimi için pişirim öncesi ve sonrası uzunlukları ölçülmüş ve % pişme küçülmesi, eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

% Pişme Küçülmesi = [Pişirim öncesi boyut–Pişirim sonrası boyut/Pişirim öncesi boyut] x 100

Pişmiş numunelerde su emmenin ortalama değerlerden yüksek oluşu pişirimin gerektiği düzeyde gerçekleşip gerçekleşmediğini dolaylı olarak

anlaşılması için değerlendirilebilir. Su emme değerleri TS EN-99 testi gereğince pişmiş numunelerin kuru ağırlık ve 2 saat kaynatıldıktan sonra 24 saat bekletilmesi sonucu yaş ağırlık tespiti ile eşitliğe bağlı olarak hesaplanması ile elde edilirler.

% Su Emme = [Yaş Ağırlık – Kuru Ağırlık/Kuru Ağırlık] x 100

Pişmiş numunelerin renk değerleri bir renk ölçüm cihazı (Minolta CR 300) ile ölçülmüş, mukavemet değerleri Gabrielle CRAB24 marka bir mukavemet cihazı ile tespit edilmiştir.

Sinterleme rejiminin kontrollü bir şekilde gerçekleşmesi, sinterleme hızının artması ve boyut değişimlerinin asgari düzeyde kalıp kalmadığının tespiti için ham olarak 5x5x15 mm boyutlarında hazırlanan dikdörtgenler prizması şeklindeki preslenmiş ham karo numuneleri önce flex noktalarının belirlenmesi amacıyla 50°C/dak. hızla 1180°C'ye kontrollü sıcaklık programı ile çıkarılmış, daha sonra endüstriyel bazda kullanılan rejime yakın bir rejim uygulanarak 1180°C tepe sıcaklığına ulaşan bir rejim dahilinde ham karoların sinterlenmesi sağlanmıştır.

Kullanılan hammaddelerin kimyasal analizleri Rigaku ZSX Primus XRF cihazı ile ve pişmiş bünyelerin sinterleme sonucu oluşan fazların analizi için ise Rigaku marka, Rint 2200 model XRD cihazı kullanılmıştır. Numuneler 0,053 tarama hızı ile 5-50°C ve 2θ aralıkta tarama işlemine tabi tutulmuştur.

3. DENEYSEL SONUÇLAR

3.1. Fiziksel Özellikler

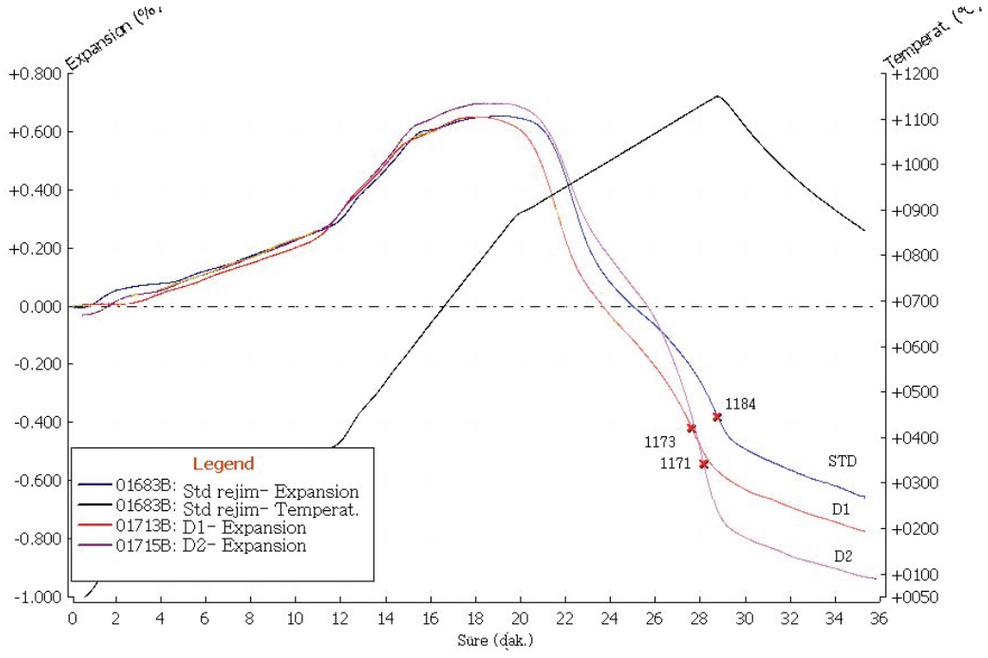
Pişirme sırasında çekmenin kontrolü seramik karo üretiminde önemli bir kriterdir. Çünkü meydana gelebilecek fazla çekmeler pişirme süresince deformasyonlara neden olur. Daha fazla SiO_2 içeren killerden oluşan karo kompozisyonları yeterli yoğunlaşma ve mukavemet değerleri ile daha az çekme gösterirler. Diğer taraftan daha fazla alümina içeren kaolenitik killerden oluşan kompozisyonlar daha yüksek yoğunluk ve mukavemet değerleri ile birlikte daha yüksek çekme gösterir. Çizelge 5'de görüldüğü gibi, 1150°C'de pişen deneme bünyelerin seramik karo üretim şartlarına uygun (TS EN 159) değerdedir. Deneme (D1 ve D2 kodlu) seramik bünyelerin standart (STD) bünye referans alındığında, % Su emme ve % Pişme Küçülmesi değerlerinde düşme gözlenmektedir.

Pişirim sıcaklığının 1180ºC'ye yükselmesi ile birlikte, kırılma mukavemeti, doğrusal küçülme ve por boyut çapı artmakta ve su emme ile porozite (gözeneklilik) azalmaktadır. Deneme reçetelerde görülen renk değişiminin, kullanılan killerin içeriğindeki demir oksitten kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 5. Bünyelerin fiziksel özellikleri.
Table 5. The physical properties of the bodies.

Seramik Karo Kodu	% Pişme Küçülmesi	% Su Emme	Mukavemet (N/mm^2)	Kromatik koordinatlar (L; a ; b)		
STD	0,86	0,81	28,10	72,48	10,06	20,45
D1	1, 01	0,60	24,26	61,67	9,81	15,58
D2	1, 19	0,64	24,19	63,51	10,43	16,7

3.2. Sinterleme Davranışı



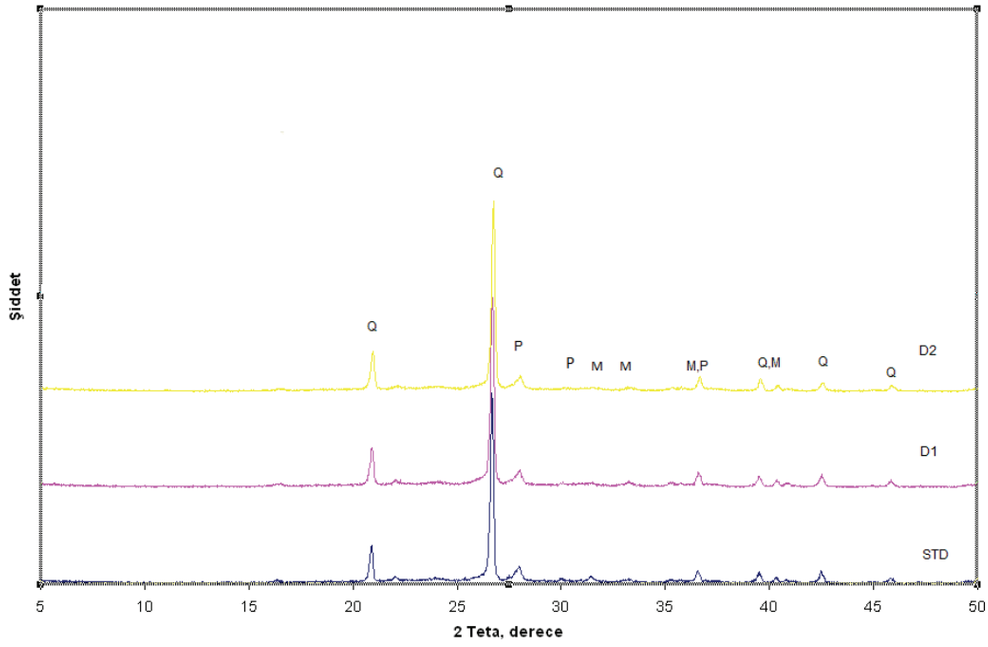
Şekil 5. STD ve deneme bünyelere ait temassız optik dilatometre (ODHT) eğrileri.
Figure 5. Non-contact optical dilatometer results of STD and the studied bodies.

STD ve deneme bünyeler ait kıyaslamalı optik dilatometre eğrilerine göre (Şek.5) 1180ºC tepe sıcaklığına kadar belirli bir rejime göre pişirimi ayarlanmış seramik bünyelerin bu sıcaklıkta bekletilmeksizin sıcaklığın düşürüldüğü bir rejim belirlenmiştir. Buna göre, sinterleşmenin en hızlı gerçekleşme aralığı tepe

sıcaklığına ulaşmadan önceki aralıktadır. Deneme bünyeler, içerdikleri ergitici karakterdeki oksitler sayesinde standart bünyeyle karşılaştırıldıklarında daha hızlı sinterlemeye başlamışlar ve ortalama 10ºC sıcaklık farkı ile endüstriye uygulamalarda daha ekonomik bünyeler ile çalışılmasına olanak vermişlerdir.

3.3. Faz Analizi

Pişmiş bünyelere ait XRD paternlerine bakıldığında, kuvars kalıntı fazının baskınlığı dikkat çekmektedir (Şekil 6). Aynı zamanda feldispat ve illitik kil içeriğindeki potasyum dolayısı ile plajioklas/albit fazı oluşmaktadır. Silika ve alümina oranı baz alınarak hazırlanan reçetelerde bu oranın etkinliği ve kil içeriğinin yüksek olması sebebi ile uygulanan sıcaklıkla birlikte müllit fazı oluşmuştur. Sıcaklık ve bu sıcaklıkta kalma süresi ayarlanarak bu fazın oluşumu hızlı ve kararlı hale getirilebileceği ve aynı zamanda nihai ürün mukavemetine olumlu katkı sağlanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 6. STD ve Deneme (D kodlu) bünyelere ait kıyaslamalı XRD paternleri.
Figure . XRD patterns of STD and the studied bodies (D1,D2 and D3).

4. GENEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

- Afyonkarahisar ve çevresi yataklarda bulunan mika tipi ve/veya illitik-kaolenitik killerin yapılan analizler doğrultusunda potansiyel seramik hammaddesi olarak kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir.

- Yeni oluşum fazlarının teknolojik özelliklerin gelişimi üzerine az miktarda bir etkisi olduğu olduğu bilinmektedir. Ayrıca, killerin pişirim davranışları seramik endüstrisindeki kullanımına bağlı olarak ayarlanabilir. Viskoz (akışkan) faz ile birlikte oluşan yeniden kristallenen fazların *(rekristalizasyon)* temel olarak potasyum getiren mineraller ile demir içeren kil mineralleri tarafından kontrol edildiği düşünülmektedir.

- Çalışılan kompozisyonlar ve çalışma sıcaklıkları, geleneksel seramiklerin çalışma koşullarına da uygundur. İllitik-kaolenitik killerin pişirimi ve nihai özelliklerin incelenmesi ile büyük yataklara sahip olan bu killerin hem çalışılan karo bünyeleri için hem de geleneksel seramik ürünler için potansiyel seramik hammaddesi oldukları belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı, 13.HIZ.DES.16 no.lu proje kapsamında destekleyen Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. Aras, A., The change of phase composition in kaolinite and illite- reach clay-based ceramic bodies, App. Clay Science, 24, 257-269, 2004.

2. Carretero, M.I., Dondi,M., Fabbri, B., Raimondo, M., The influence of shaping and firing technology properties of calcereous and non-calcareous illitic, chloritic clays, App.Clay Sci., 20, 301-6, 2002.

3. Correira, S.L., Curto, K.A.S., Hotza, D. Segadaes, A.M., Clays from southern Brazil: physical, chemical and mineralogical characterization, Materials Science Forum, 498, 447-452, 2005.

4. Cuevas, J., Leguey, S., Garralon, A., Rastrero, M.R., Procopio, J.R., Sevilla, M.T., Jimenez, N.S., Abad, R.R., Garrido, A., Behavior of kaolinite and illite-based clays as landfill barriers, App.Clay Science, 42, 497-509, 2009.

5. Çelik, H. Technological characterization and industrial application of two Turkish clays for the ceramic industry, App.Clay Sci., 50, 245-254, 2010.

6. Dondi M, Fabbri B, Manfredini T, Pellacani GC., Microstructure and mechanical properties of porcelainised stoneware tiles, Proceedings of the Fourth Euro-Ceramics, Foor and Wall Tiles, 319-321, 1995.

7. Duminuco, P., Messiga, B., Riccardi, M.P., Firing process of natural clays. Some microtextures and related phase compositions, Thermochimica Acta, 321, 185-190, 1998.

8. Ferrari, S., Gualtieri, A.F., The use of illitic clay in the production of stoneware tile ceramics, App.Clay Science, 32, 73-81, 2006.

9. Jordan, M.M., Sanfeliu, T., de la Fuente, C., Firing transformations of Tertiary clays used in the manufacturing of ceramic tile bodies, App.Clay Sci., 20, 87-95, 2001.

10. Kacim, S., Hajjaji, M., Firing transformations of a carbonatic clay from the High-Atlas, Morocco, Clay Minerals, 38, 363-367, 2003.

11. Khalfaoui, A., Hajjaji, M., Effects of heating time on phases transformation of an illitic-chloritic clay, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 3 (3), 127-128, 2011.

12. Khalfaouri, A., Hajjaji, M., A chloritic-illitic clay from Morocco: temperature-time-transformation and neoformation, App.Clay Sci., 45, 83-9, 2009.

13. Khalfaouri, A., Kacim,S., Hajjaji, M., Sintering mechanism and ceramic phases of an illitic-chloritic raw clay, J.European Cer.Soc., 26,161-7, 2006.

14. Kibici, Y., Seramik hammaddeleri ve teknolojik özellikleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi Yayınları, 1.Basım, Afyonkarahisar, Aralık 2002.

15. Kumar, S., Singh, K.K., Ramachandrarao, P., Effects of fly ash additions on the mechanical and other properties of porcelainised stoneware tiles, Journal of Materials Science, 36, 5917-5922, 2001.

16. Marghussian, V.K., Yekta, B.E., Single fast fired wall tiles containing Iranian iron slags, British Ceramic Trans., 93 (4), 141-145, 1994.

17. Mahmoudi, S., Srasra, E., Zargouni, F., The use of Tunisian Barremian clay in the traditional ceramic industry: Optimization of ceramic properties, App. Clay Science, 42, 125-129, 2008.

18. McConville, C., Lee, W.E., Microstructural development on firing illite and smectite clays compared with that in kaolinite, 88 (8), 2267-2276, 2005.

19. Moropoulou, A., Bakolas, A., Bisbikou, K., Thermal analysis as a method of characterizing ancient ceramic technologies, Thermoch. Acta, 2570, 743-753, 1995.

20. Sanchez- Soto P.J., Perez-Rodriguez, J.L., Grinding effect on kaolinite-pyrophyllite-illite natural mixtures and its influence on mullite formation, J.Mater.Science, 29, 1276-1283, 1994.

21. Sedmale, G., Korovkins, A., Seglins, V., Lindina, L., Application of chemical treated illite clay for development of ceramics products, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 47, 2013.

22. Sidjanin, L., Ranogajec, J., Rajnovic, D., Molnar, E., Influence of firing temperature on mechanical properties on roofing tiles, Materials and Design, 28, 941-947, 2007.

23. Trindade, M.J. et al, Mineralogical transformations of calcerous rich clays with firing: A comparative study between calcite and dolomite rich clays from Algarve, Portugal, App.Clay Sci. 42, 345-55, 2009.

24. Vieira, C.M.F., Silva, P.R.N., Microstructural evaluation and properties of a ceramic body for extruded floor tile, Revista Materia, 526-536, 2005.

25. Wattanasiriwech, D., Srijan, K., Wattanasiriwech, S., Vitrification of illitic clay from Malaysia, App. Clay Science, 43 (1), 57-62, 2009.

TOPLANMALI SIRLAR
CRAWLING GLAZES

Prof. Soner GENÇ

Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik-Cam Bölümü,
Eskişehir / TÜRKİYE

ÖZET

Artistik seramik sırları içinde yer alan ve seramik sanatçılarının eserlerinde en yaygın kullanılan toplanmalı sırlar araştırılmıştır. Toplanmalı sırların bünyesinde kullanılan hammaddeler incelenmiş ve etkileri gözlemlenmiştir. Bu hammaddeler birçok seramikçinin rahatlıkla elde edebileceği ve sırlarında başarılı sonuçlar alabileceği hammaddelerdir. Toplanmalı sırların yapımında suda çözünen hammaddelerin kullanımından özellikle kaçınılmıştır. Böylece, sır reçetesini oluşturan hammaddeler su ile bilyalı değirmenlerde öğütülerek seramik formlarda özellikle yatay yüzeylerde uygulanabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Artistik Seramik Sırları, Toplanmalı Sırlar

ABSTRACT

The crawling glazes that are the most used ceramic glazes among the ceramic artists have been investigated. The raw materials that take place in the crawling glazes have been investigated and their effects have been observed. These raw materials are of those which can be provided easily and give successful results. In the production of crawling glazes, it has been especially avoided to use raw materials that dissolve in water. Thus the raw materials that establish the recipe can be grinded by ball mill and be applied especially onto horizontal surfaces.

Keywords: Artistic Ceramic Glazes, Crawling Glazes

1. Toplanmalı Sırlarda Kullanılan Hammaddeler

Seramik sırlarında kullanılan hammaddeler ve oksitler, pişirim sırasında farklı ergime ve renk özellikleri gösterirler. Pişme sıcaklığına ve özelliklerine göre hammadde ve oksitler aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

- Camlaştırıcı ana mineral: Silis bileşikleri
- Camlaştırıcı : Bor bileşikleri,
- Ergitici : Alkali metal oksitleri (Na_2O, K_2O, Li_2O), PbO ve B_2O_3 ,
- Kararlılık Sağlayıcı: Toprak alkali metal oksitleri (CaO, BaO, MgO,), Al_2O_3, PbO, ZnO,
- Opaklaştırıcı : Zirkon Silikat, Zirkon oksit, kalay oksit, titanyum dioksit,
- Kristalleştirici : Çinko oksit, toprak alkali metal oksitleri, titanyum dioksit

1.1. Aluminyum Oksit Al_2O_3 / 102

Genelde tüm sırlarda kullanılan bir oksittir. Amfoter oksitler grubundadır, hem asidik hem de bazik özellikleri nedeniyle asit ve bazik oksitlerle tepkime oluşturur. Sırın viskozitesini arttırır, akışkanlığını azaltır. Sırlarda, mekanik direnci arttırır, ısıl genleşmeyi azaltır. Sırın olgunlaşmasını sağlar, artan oranlarında sıra matlık ve sertlik kazandırır.

1.2. Çinko Oksit ZnO / 81

Sır bünyesinde, az miktarlarda kullanıldığında kuvvetli bir ergitici gibi davranır. Fazla miktarda kullanıldığında yüzeye mat görünüm verir. Sırın içinde çok fazla miktarda bulunduğunda, sırın soğuma evresinde çinko silikat kristalleri oluşur. Renkli pişme rengine sahip seramik çamurlarının üzerinde beyaz ve opak sır oluşturmak için kullanılır. Çinko oksit oranının sır içinde arttırılması sonucu, toplanmalı ve deri kraklesi sırlar elde edilir. Ham çinko oksit kullanarak hazırlanan sırlarla, sırlama güçlüğü ve sır çatlağı olacağından, çinko oksidin 600-800^oC sıcaklık arasında kalsine edilerek sır bünyesinde kullanılması gerekir. Çinko oksit, sırın genleşme katsayısını düşürür ve çizilme dayanımını arttırır.

1.3. Kuvartz SiO_2 / 60

Kuvartz, sırlarda camlaşmayı sağlayan en önemli hammaddedir. SiO_2 , başta kuvartz olmak üzere, kaolin, kil, feldspat, talk, volastonit, kalsiyum zirkon silikat, magnezyum zirkon silikat ve çinko zirkonyum silikat gibi hammaddelerden sır bünyesine alınır. Sır içindeki oranlarının iyi ayarlanması gerekir. Sırda sertliği arttırır. Düşük genleşme katsayısına sahiptir. Bu nedenle çamur ve sır arasındaki gerilimleri azaltır ve sır çatlamalarını önler. Sır bünyesinde çok fazla miktarda kullanıldığında sırın akışkanlığını azaltır.

1.4. Magnezyum Karbonat $MgCO_3$ / 84

Magnezyum karbonat, sırların yüzey sertliğini, asit ve bazlara karşı olan direncini arttırır. Magnezyum karbonatın sırlarda, viskoziteyi düşüren, sır ve çamur arasındaki tabakanın oluşumunu arttıran etkileri vardır. Toplanmalı ve deri kraklesi sırların elde edilmesinde kullanılan temel hammaddelerden biridir. Kalsine etmeden sıra ilave edilip su ile öğütme avantajına da sahiptir. Sırın bisküviye daha iyi yapışmasını sağlar.

1.5. Mermer $CaCO_3$ / 100

Seramik çamur, astar, sır ve boyalarında kullanılır. CaO sır içinde diğer oksitlerle birleşerek cam oluşumuna yardımcı olur. Özellikle B_2O_3 ile birleşmesi sonucu sert sırlar ortaya çıkar. Mat sırların elde edilmesinde reçeteye yaklaşık % 30 ilave edilmesiyle ipek matı sırlar elde edilir. Artan oranlarda kullanıldığında magnezyum karbonat ile birlikte toplanmalı sırların elde edilmesinde etkili rol oynar. Sır ile çamur arasında oluşan ara tabakanın etkin olmasını sağlar.

1.6. Potasyum Feldspat $K_2O.\ Al_2O_3.\ 6SiO_2$ / 556

Potasyum feldspat yaklaşık 1180^oC sıcaklıkta vitrifikasyon gösterir ve tam erime sıcaklığı yaklaşık 1280^oC dir. Genel olarak sırın ergime noktasını düşürüp, gelişim sıcaklığında sırlarda akıcılığı, çamurlarda ise pekişmeyi arttırır. Yüksek sıcaklıklarda gelişen sır bünyelerinde ergitici olarak sülyenin yerine rahatlıkla kullanılabilir.

1.7. Sodyum Feldspat $Na_2O.\ Al_2O_3.\ 6SiO_2$ / 524

Özsüz bir seramik hammaddesidir. Sodyum feldspat, sır bünyesinde ergitici ve camlaştırıcı görevini yapar. Endüstriyel ya da artistik olsun birçok sır bünyesinde kullanılır. Suda çözünme özelliği yoktur, bu nedenle sulu öğütmelerde rahatlıkla kullanılır. Sodyum feldspatın erimesi, potasyum feldspata göre daha düzgündür ve yaklaşık 1120^{o}C sıcaklıkta erime gösterir. Potasyum feldspata göre daha aktif bir ergiticidir, fakat daha dar bir vitrifikasyon alanı vardır.

1.8. Sülyen Pb_3O_4 / 229

Seramik sırların bünyelerinde kullanılan sülyen, kurşun oksitten dolayı 880^{o}C da erir ve sırlara parlak camsı bir yapı kazandırır. Sülyenin verdiği parlaklık sadece soda ve bor içeren baryumlu sırlarla da sağlanabilmektedir. Alkali oksitlerle birlikte sır bünyelerinde kullanıldığında sırın genleşme katsayısını düşürür ve sır çatlaklarını azaltır. Sırın viskozitesini düşürür ve akışkan hale gelmesini kolaylaştırır.

1.9. Titan Dioksit TiO_2 / 80

Seramik sırlarında titanın en belirgin özelliği sırı matlaştırması ve kristal oluşturmasıdır. Saydam bir sırın matlaştırılması istenirse, titan dioksitoranının % 6-15 arasında bulunması gerekir. Ayrıca toplanmalı ve deri kraklesi sırların elde edilmesinde (yaklaşık % 20-40) kullanılır.

1.10. Üleksit $Na_2O.\ 2CaO.\ 5B_2O_3.11H_2O$ / 739

Üleksit, cam yapıcı özelliğinden dolayı sırlarda sıklıkla tercih edilir. Kolemanit ile benzer yapılarından dolayı üleksit ve kolemanit birbirinin yerine kullanılabilir. Sırlarda bor tülünün oluşmasını sağlar ve efektli sırların elde edilmesi için de sır bünyesinde kullanılır. Üleksit, sırın viskozitesini düşürür. Üleksitin içindeki bor renklendirici oksitler üzerinde güçlü çözücü etkiye sahiptir ve düşük genleşme katsayısıyla sırda çatlama hatalarını azaltır.

1.11. Kaolin (Yıkanmış Uşak Kaolini) $Al_2O_3.\ 6{,}19SiO_2.\ 1{,}39H_2O$ / 498

Kaolin, çamur ve sır hazırlamada sıklıkla kullanılır, su ile yoğrulabilir ve kolaylıkla şekillendirilebilir. Kaolinler, çıkarıldıkları yörelere göre farklılıklar gösterirler. Bazı kaolinlere doğadan çıkarıldıktan sonra arındırma ve temizleme işlemleri uygulanır. Toplanmalı ve deri kraklesi sır araştırmasında, demir oksit oranının az olması, temiz ve beyaz pişmesiyle Yıkanmış Uşak Kaolini kullanılmıştır.

Sır hazırlama aşamasında değirmende sulu öğütmenin daha sağlıklı olmasını, sırlama aşamasında sırın bisküvi yüzeye daha iyi tutunmasını sağlar ve hazırlanan sırın çökmesini engeller.

2. Toplanmalı Sırlar

Yüzey gerilimi fazla olan sırların, seramik yüzeyler üzerinde adacıklar şeklinde toplanarak oluşturduğu yılan derisi görünümlü etkilerin dekoratif amaçla kullanıldığı sırlardır. Seramik sanatçılarının eserlerinde sıklıkla kullandıkları bir artistik sır türüdür. Endüstriyel seramiklerin yüzeylerinde hijyenik olmama özelliğinden dolayı kullanılması sakıncalıdır. Toplanmalı sırların bünyesinde yer alan hammaddelerin ucuz, kolay erişebilir olması ve suda çözünmemesi seramikçiler için bir avantajdır. Böylece, seramikçiler sırlarını rahatlıkla bilyalı değirmenlerde su ile öğütebilir ve seramik yüzeylerde uygulayabilirler.

Şekil 1: Toplanmalı Sırlı Duvar Tabağı (Soner Genç)
Figure 1: Crawling Glazed Wall Plate (Soner Genç)

Toplanmalı sırlar elde edilmeleri çok zor olmayan ve özel bir pişirim ortamı (indirgen ya da yükseltgen) gerektirmeyen sırlardır. Üzerlerine uygulanan seramik

formun dikey ya da yatay konumda olmasına bağlı olarak değişkenlik gösterirler. Pişirim sonunda sanatsal seramiğin estetik görünümünü artar. Uygulandıkları seramik yüzey üzerinde adacıklar şeklinde toplanarak, alttaki çamurun da görünmesini sağlayarak farklı ve güzel sonuçlar verirler. Toplanmalar soğuma sırasında oluşur, bu nedenle sır pişirim sıcaklığına geldikten sonra fırın soğumaya bırakıldığında çok yavaş bir soğuma programı uygulanır.

Sırın kimyasal bileşiminde yer alan, özellikle magnezyum ve aluminyum oksit ve pişirim sıcaklığı sırın adacıklar şeklinde toplanmasını sağlar. Toplanmalı sırların 1000^{o}C sıcaklığında pişirildiklerinde yüzey gerilimi en az 298 dyn/cm., 1140^{o}C sıcaklıkta pişirildiğinde ise, 360 dyn/cm. ve üzerinde olması gerekir. Ayrıca sır kalınlığı, daha kalın olur. Toplanmalı bir sırla yeni sırlanmış bir seramik, hemen bir kurutma dolabına konup hızla kurutulursa sırda çatlamalar oluşur ve bu çatlamalar pişirim sonrasında da kendini daha belirgin bir biçimde gösterir. Kurutmadan sonra üzerlerine el değdiğinde dökülürler. Bu nedenle toplanmalı sırla sırlanmış ürünlere, fırına yerleştirilirken büyük özen gösterilir. Toplanmalı sırlar ile, deri kraklesi sırlar hem görsel olarak hem de reçetelerinde kullanılan hammaddeler olarak birbirlerine benzerlik gösterirler.

Şekil 2: Toplanmalı Sırlı Duvar Tabağı (Soner Genç)
Figure 2: Crawling Glazed Wall Plate (Soner Genç)

Sır reçetesinde yüksek miktarda plastik bir kil kullanıldığında, yine sırın adacıklar şeklindeki toplanma etkisi artar. Sonuçta sır ile bisküvinin arasındaki bağın mümkün olduğunca azaltılmış olması gerekir.

Toplanmalı sırları elde etmek için sır içine magnezyum karbonat, titanyum dioksit ve çinko oksit gibi hammaddeler katılır. Böylece sırın yüzey gerilimi arttırılmış olunur.

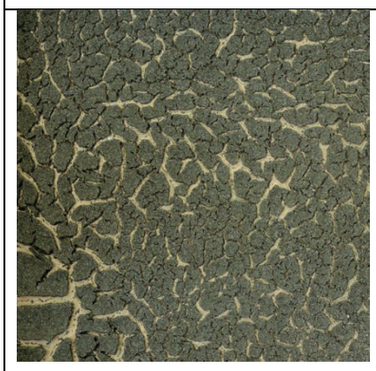
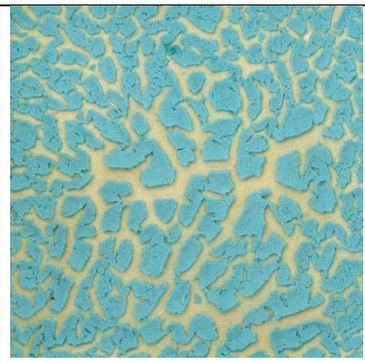
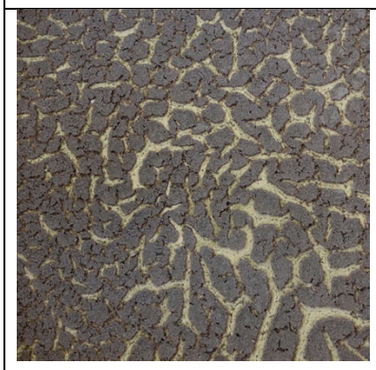
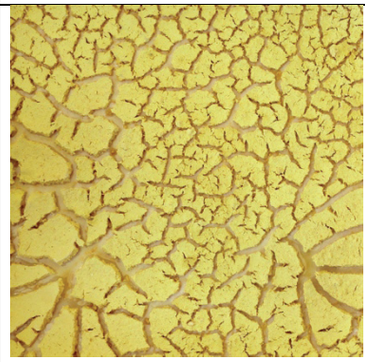
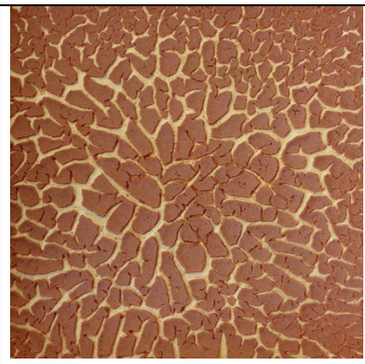
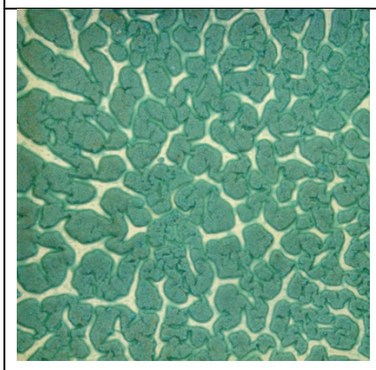
Araştırmada, toplanmalı sırlar üzerine değişik hammadde karışımları ile oluşturulan sır reçeteleri 1000^{o}C ve 1200^{o}C sıcaklığa uygun olarak sunulmuştur. 1200^{o}C sıcaklıkta gelişen toplanmalı sırların reçetelerinde kullanılan TiO_2 ve $MgCO_3$ oranları 1000^{o}C sıcaklıkta gelişenlere göre daha fazladır.

Bazı toplanmalı sırlarda pişirimden sonra oluşan yarıkların altında, parlak camsı bir yüzey oluşmuştur. Toplanmalı sırların içine renk veren oksitler veya boyalar ilave edilerek renklenmeleri de sağlanabilir.

Toplanmalı sırın altında kullanılan çamur, renkli pişme rengine (kırmızı) sahip ise sır reçetesine renklendirici oksit ilave etmeye gerek yoktur. Kullanılan çamur rengi beyaz ise, sır renklendirici oksitler ile (kobalt, bakır, demir, mangan, krom oksit gibi) renklendirilip uygulandığında artistik etkiler elde edilir.

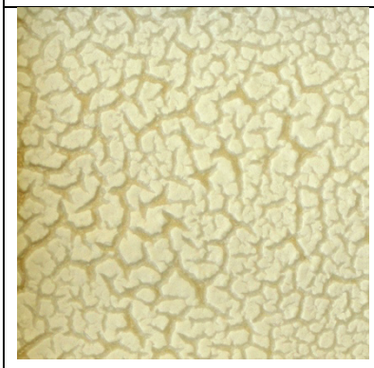
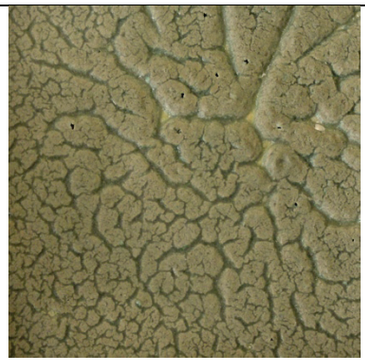
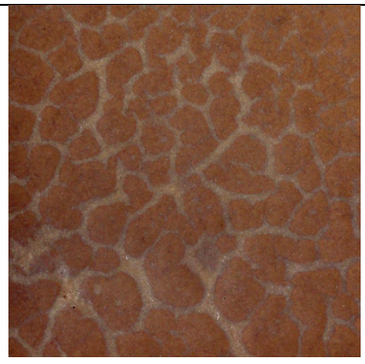
Çizelge 1: Toplanmalı Sırlar 1000°C

Table 1: Crawling Glazes 1000°C

SIR	REÇETE %	SIR	REÇETE %
	Sülyen .....20 Üleksit .....30 Y.U.K.....20 Na. Feldspat .15 K. Feldspat...15 +TiO_2 .....30 +$MgCO_3$.....30 +CoO 2		Sülyen.....10 Üleksit .....60 Y.U.K. .....20 Na. Feldspat. 10 +TiO_2.....20 +$MgCO_3$ .....40 +CuO 2
	Sülyen .....10 Üleksit .....50 Y.U.K.....20 Na. Feldspat .10 K. Feldspat...10 +TiO_2 .....20 +$MgCO_3$.....40 +CoO 2		Sülyen.....70 Üleksit .....10 Y.U.K. .....15 Mermer .....5 +TiO_2.....20 +$MgCO_3$ .....60 +ZnO .....3 +Al_2O_3 .....6 +Fe_2O_3 2
	Sülyen .....30 Üleksit.....30 Y.U.K.....20 Na. Feldspat 20 +TiO_2 .....20 +$MgCO_3$.....10 +CoO 2		Sülyen ..... 20 Üleksit..... 20 Y.U.K. ..... 20 Na. Feldspat 20 Mermer..... 20 +TiO_2..... 22 +ZnO ..... 22 +Cr_2O_3 2
	Sülyen .....15 Üleksit.....35 Y.U.K.....15 K. Feldspat...35 +TiO_2 .....10 +$MgCO_3$.....40 +ZnO.....10 +CuO 2		Sülyen.....20 Üleksit .....50 Y.U.K. .....10 Na. Feldspat. 10 K. Feldspat ..10 +TiO_2.....15 +$MgCO_3$ .....40 +ZnO 10

Çizelge 2: Toplanmalı Sırlar 1200°C

Table 2: Crawling Glazes 1200°C

SIR	REÇETE %	SIR	REÇETE %
	Sülyen ..... 15 Üleksit..... 20 Y.U.K..... 15 Na. Feldspat .. 20 K. Feldspat..... 10 Kuvartz ..... 20 +TiO_2 ..... 30 +$MgCO_3$..... 50		Sülyen ..... 20 Üleksit ..... 20 Y.U.K. ..... 15 Na. Feldspat 10 K. Feldspat .. 15 Kuvartz..... 20 +TiO_2 ..... 30 +$MgCO_3$ ..... 50 +CoO 2
	Sülyen .....10 Üleksit.....10 Y.U.K.....20 Na. Feldspat .10 K. Feldspat...10 Kuvartz .....40 +TiO_2 .....60 +$MgCO_3$.....70 +ZnO.....30		Sülyen ..... 5 Üleksit ..... 17 Y.U.K. ..... 13 Na. Feldspat 15 K. Feldspat .. 25 Kuvartz..... 25 +TiO_2..... 15 +$MgCO_3$ ..... 45 +CuO 2
	Sülyen .....10 Üleksit.....10 Y.U.K.....20 Na. Feldspat .10 K. Feldspat...10 Kuvartz .....40 +TiO_2 .....60 +$MgCO_3$.....80		Üleksit ..... 30 Y.U.K. ..... 10 Na. Feldspat 20 K. Feldspat .. 20 Kuvartz..... 20 +TiO_2..... 40 +$MgCO_3$ ..... 40 +ZnO ..... 40 +MnO_2..... 2
	Sülyen .....10 Üleksit.....10 Y.U.K.....20 Na. Feldspat .10 K. Feldspat...10 Kuvartz .....40 +TiO_2 .....70 +$MgCO_3$.....90		Sülyen ..... 15 Üleksit ..... 15 Y.U.K. ..... 20 Na. Feldspat 10 K. Feldspat .. 10 Kuvartz..... 30 +TiO_2..... 40 +$MgCO_3$ ..... 60 +MnO_2..... 4

3. Deri Kraklesi Sırlar

Deri kraklesi sırlar, toplanmalı sırların renklendirilmiş ve başka bir sır üzerine renklendirilerek ya da doğrudan kalın bir tabaka halinde uygulanmış biçimidir. Renkli ve parlak bir sır üzerine uygulanır ve fırında pişerken toplanarak ayrışırlar ve artistik görüntüler oluştururlar. Bu sırlar genelde, seramik formların yatay yüzeylerine uygulanır. Çünkü sırlama sonrasında sürüldükleri sırlı yüzey üzerinde toplanmaya ve kavlamaya başlarlar. Fırına girmeden yüzeyden kopmalar ve dökülmeler görülür. Bu nedenle sır dik yüzeyli seramik formlarda dikkatli bir biçimde az kullanarak uygulanmalı ya da bisküvi altlık kullanarak pişirim yapılmalıdır. MgO ve ZnO pişme sırasında deri dokusunu oluşturur. Çatlakların arası ve derinliği göz ile görülebilir.

Şekil 3-4: Deri Kraklesi Sırlı (ham) Tabaklar (Soner Genç)

Figure 3-4: Crawling Glazed Wall Plates (Soner Genç)

Toplanmalı ya da deri kraklesi sırlar kullanarak başarılı sonuçlar elde etmenin bir diğer kuralı sırın çok kalın bir biçimde yüzeye uygulanmasıdır. Eğer, deri kraklesi sırlarda kullanılan toplanmalı sır ince uygulanırsa, fırında pişirim sırasında alttaki sır tarafından etkisi azaltılır ve toplanma ortadan kalkar. Efektli ve ebruli görüntülere sahip bir sır türü elde edilmiş olunur.

Altta kullanılan parlak ve renkli sır ile birlikte deri kraklesi sırın bünyesi de renklendirildiğinde, sonuçlar bütünleyici, kontrast, sıcak, canlı ve belirgin olarak çok daha mükemmel olmaktadır.

Şekil 5: Deri Kraklesi Sırlı Duvar Tabağı (Soner Genç)

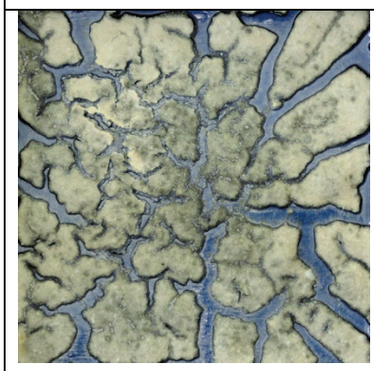
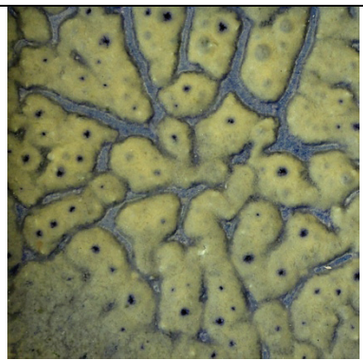
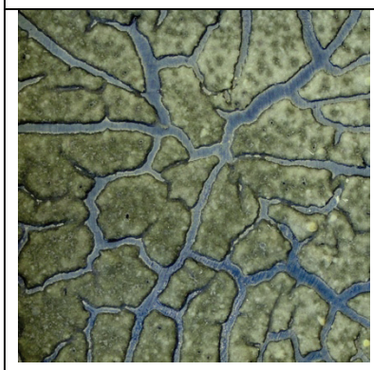
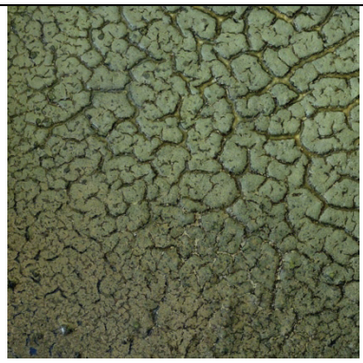
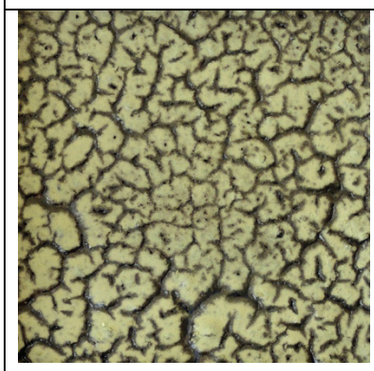
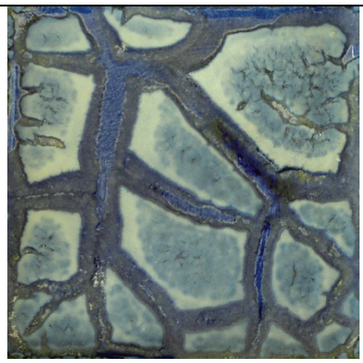
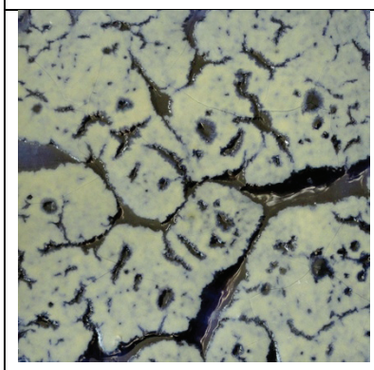
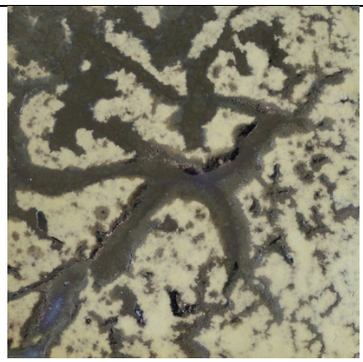
Figure 5: Crawled Glazed Wall Plate (Soner Genç)

Şekil 6: Deri Kraklesi Sırlı Duvar Tabağı (Soner Genç)

Figure 6: Crawled Glazed Wall Plate (Soner Genç)

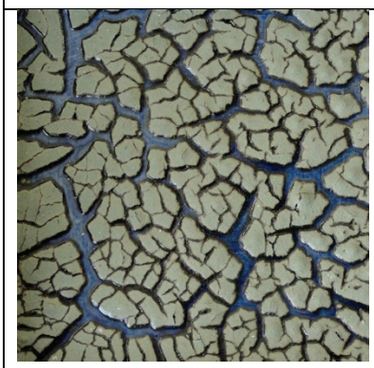
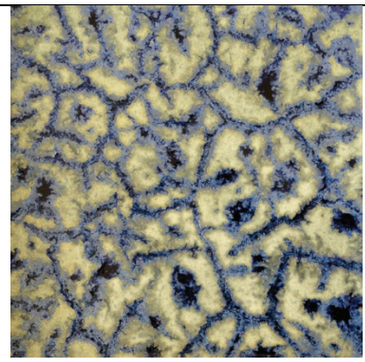
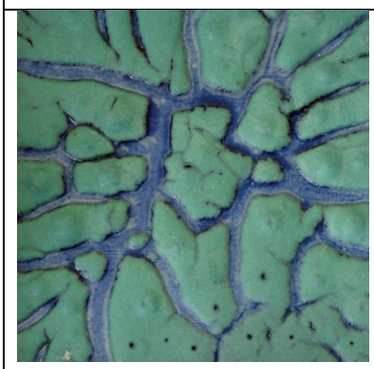
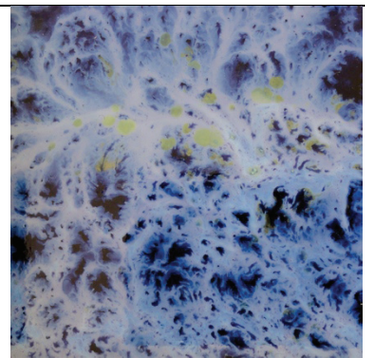
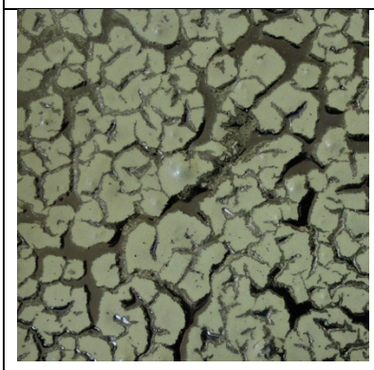
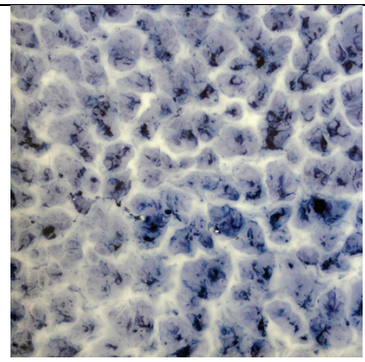
Çizelge 3: Deri Kraklesi Sırlar 1000°C

Table 3: Crawling Glazes 1000°C

SIR	REÇETE %	SIR	REÇETE %
	Sülyen .....20 Üleksit .....30 Y.U.K.....20 Na. Feldspat .15 K. Feldspat...15 +TiO_2 .....30 +$MgCO_3$.....30		Sülyen.....15 Üleksit .....35 Y.U.K. .....15 K. Feldspat ..35 +TiO_2.....10 +$MgCO_3$ .....40 +ZnO 15
	Sülyen .....20 Üleksit .....40 Y.U.K. .....20 Na. Feldspat .20 +TiO_2 .....20 +$MgCO_3$.....40		Sülyen .....68 Üleksit.....11 Y.U.K.....16 Mermer .....5 +TiO_2 .....10 +$MgCO_3$.....30
	Sülyen .....70 Y.U.K.....18 K. Feldspat.....7 Kuvartz .....5 +TiO_2 .....15 +$MgCO_3$.....35		Sülyen .....30 Üleksit .....30 Y.U.K . .....10 Na. Feldspat.30 +TiO_2.....20 +$MgCO_3$ .....40 +ZnO 10
	Sülyen .....35 Üleksit.....20 Y.U.K.....10 Na. Feldspat .10 K. Feldspat...10 Kuvartz .....15 +TiO_2 .....10 +$MgCO_3$.....40		Sülyen ..... 62 Y.U.K..... 11 Na. Feldspat 27 +TiO_2 ..... 25 +$MgCO_3$..... 35 +ZnO..... 5

Çizelge 4: Deri Kraklesi Sırlar 1200°C

Table 4: Crawling Glazes 1200°C

SIR	REÇETE %	SIR	REÇETE %
	Sülyen .....70 Kuvartz ..... 5 Y.U.K.....18 K. Feldspat.....7 +TiO_2 .....15 +$MgCO_3$.....35 +CoO 2		Sülyen.....10 Üleksit .....15 Y.U.K. .....20 Na. Feldspat.20 K. Feldspat ..10 Kuvartz .....25 +TiO_2.....20 +$MgCO_3$ 30
	Sülyen .....35 Üleksit.....20 Y.U.K.....10 Na. Feldspat.10 K. Feldspat...10 Kuvartz .....15 +TiO_2 .....10 +$MgCO_3$.....40 +CuO 2		Sülyen.....10 Üleksit .....20 Y.U.K. .....30 Na. Feldspat.40 +TiO_2.....10 +$MgCO_3$ .....20 +ZnO 30
	Sülyen .....80 Y.U.K.....10 K. Feldspat...10 +TiO_2 .....15 +$MgCO_3$.....20 +ZnO.....5 +CuO 2		Üleksit .....30 Y.U.K. .....10 K. Feldspat ..20 Na. Feldspat.20 Kuvartz .....20 +TiO_2.....5 +$MgCO_3$ .....10 +ZnO 5
	Sülyen.....10 Üleksit .....60 Y.U.K. .....20 Na. Feldspat.10 +TiO_2.....20 +$MgCO_3$ .....40 +CoO 2		Sülyen.....10 Üleksit .....10 Y.U.K. .....20 Na. Feldspat.15 K. Feldspat ..15 Kuvartz .....30 +TiO_2.....60 +$MgCO_3$ 80

KAYNAKÇA

Arcasoy, A., “Seramik Teknolojisi”, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Anasanat Dalı Yayınları No:2, İstanbul, 1988.

Arcasoy, Ateş, “Kalaylı Seramik Sırının Tarihsel Gelişimi”, Türk Seramik Derneği, Seramik Sırları Semineri Bildiriler Kitabı, Türk Seramik Derneği Yayınları No:7, 16-n17 Kasım 1993.

Behrens, R., “Ceramic Glazemaking, Experimental Formulation and Glaze Recipes”, Ceramics Monthly Magazine Handbook, The American Ceramic Society, Westerville, Ohio, 1976-1998.

Behrens, R., “Glaze Projects, a Formulary of Leadless Glazes”, A Ceramics Monthly Magazine Handbook, The American Ceramic Society , Westerville, Ohio, 1971-1972.

Genç, S., “Artistik Seramik Sırları-Sır Sanatı”, Boyut Yayıncılık, İstanbul, 2013.

SERAMİK KARO SEKTÖRÜNDE TAHRİBATSIZ MUAYENE METOTLARININ UYGULANMASI

THE NON-DESTRUCTIVE TESTING METHODS USED FOR CERAMIC TILE SECTOR

Elif EREN GÜLTEKİN [1], Semra KURAMA [2]

[1] Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi,
Seramik ve Cam Bölümü, Hacıbektaş-Nevşehir / TÜRKİYE
[2] Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Eskişehir / TÜRKİYE

ÖZET

Seramik malzemeler yüksek sertliğe, düşük yoğunluğa, düşük ısı ve elektrik iletkenliğine, aşındırıcı ortamlarda yüksek dayanıma sahiptirler. Son yıllarda metallerle kıyaslandığında, özellikle, sahip oldukları düşük özgül ağırlık, yüksek aşınma direnci, yüksek sıcaklıklarda bile korozyon direnci gibi özelliklerinin mükemmel kombinasyonları ile dikkat çekmektedirler. Yüksek mukavemetli seramiklerin dezavantajı ise kırılganlıklarıdır. Bu nedenle, hem plastik deformasyon nedeniyle hatalarda oluşan gerilmeleri azaltıcı yetenekleri bulunmamakta, hem de hata olasılığının artmasının bir sonucu olarak mukavemet değerleri geniş bir aralıkta dağılmaktadır. Kullanımının ve sağlamlılığının güvenilir olması, seramiklerin yapı malzemesi olarak kullanımı için belirleyici rol oynamaktadır. Güvenilirlik, kalite-güvence ölçümleri ile önemli ölçüde arttırılabilir. Bu çalışmada, seramik karo sektöründe üretim sürecinde kalite kontrol sistemlerinin geliştirilmesini sağlamak amacıyla X-ışını absorpsiyonu, ultrasonik, kızıl ötesi akustik rezonans ve görüntü işleme yöntemlerinin kullanımı incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: X-ışını, ultrasonik, kızıl ötesi, akustik rezonans, görüntü işleme, seramik karo

ABSTRACT

Ceramic materials with high hardness, low density, and low thermal and electrical conductivity, high resistance in corrosive environments possess. Compared to metals in recent years, they have low specific gravity, high wear resistance, corrosion resistance even at high temperatures with the perfect combination of such features are particularly noteworthy. High-strength ceramics are the major disadvantage of fragility and therefore not have skills to reduce the stress in faults due to plastic deformation, as well as increasing the probability of error as a result of the strength values are distributed over a wide range. Obtaining reliability of ceramics for use as building materials, are decisive. Reliability can be increased significantly with the quality assurance measurements. In this research, ceramic tile industry in production to ensure the development of quality control system, the use of X-ray absorption, ultrasonic, infra-red, acoustic resonance and image processing method was examined.

Keywords: X-ray, ultrasonic, infrared, acoustic resonance, image processing, ceramic tile

1. GİRİŞ

Kırılma mekanikleri araştırmaları yerine ve çeşidine dayalı olarak 0,1 mm'den küçük boyuttaki hataların bir malzemede hata kaynağı olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle bu kadar küçük boyuttaki hataların tespit edilmesi ve çözünürlüğünün belirlenmesi tahribatsız muayene yöntemlerine (TMY) olan talebi arttırmaktadır. Yapısal bileşen ve iç gerilmelerin oluşumu malzemenin kalitesini belirleyen faktörlerdendir. Mukavemet; mikroyapıya, tane boyutuna ve tane boyut dağılımına, gözeneklerin homojen dağılmasına ve yöne bağlı olarak değişmektedir. Bir malzemedeki bölgesel gerilmeler, iç gerilmelerin ve uygulanan yük ile oluşan gerilmelerin toplamı şeklinde ifade edilmektedir. İç gerilmelerin oluşumu nedeniyle uygulanabilecek yükler azalmaktadır. Örneğin, uygun bir şekilde yapılmayan yüzey işlemleri bölgesel gerilmelere sebep oldukları için mukavemeti % 40'a kadar düşürebilmektedir. TMY bu nedenle yapı, hatalar ve gerilmelerden oluşan üç faktör üzerine yoğunlaşmalıdır [1].

Tahribatsız muayenenin üretim aşamasında yapılması hatalı üretimin önlenmesini, üretimden sonra yapılması ise hatalı parçaların kullanım aşamasına geçmeden sınıflandırılmasını sağlamaktadır [1].

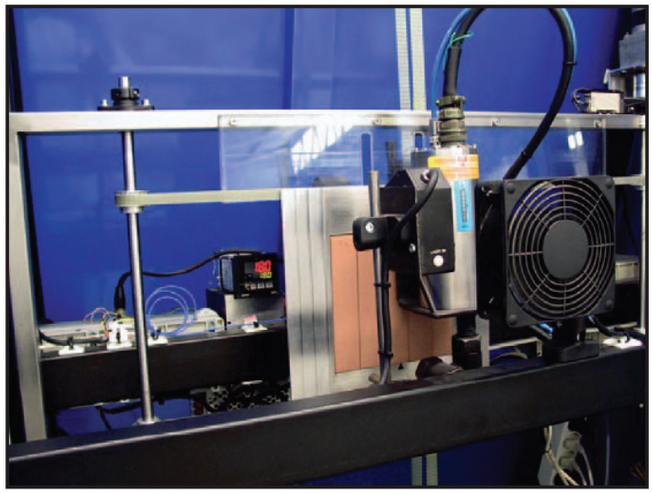
Son yıllarda endüstriyel süreçlerin otomasyonu, yüksek kaliteli ürünlerin düşük maliyetlerle üretilmesi için, önemli bir faktör haline gelmiştir. Bu durum, kaynakların sıklıkla etkin olmayan bir şekilde yönetildiği ve sürekli teknik süreçlerin uygulama zorluğundan dolayı; otomasyon sistemlerinin kullanılmasını gerekli kılan seramik endüstrisi içinde geçerlidir. Kontrollerin genellikle üretim bantları dışında yapılması durma sürelerini artırmaktadır. Durma sürelerini en aza indirmek ve üretim bandında kontrol sağlayabilmek açısından otomatik kontrol metotları önemli bir rol üstlenmektedir. Bu metotlar, yüksek üretim standartlarına izin vermekte ve insan kaynaklarının kullanımını sınırlamakta, süreç kontrolünü iyileştirmekte ve deney verilerinin modern kalite sistemleri ile kısa sürede elde edilmesini sağlamaktadır [2].

2. SERAMİK KARO SEKTÖRÜNDE KULLANILAN TAHRİBATSIZ MUAYENE METOTLARI

Seramik karo sektöründe, son zamanlarda üretim sürecinde kalite kontrol sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların temel amacı seramik endüstrisinde kalite ve esnekliğin elde edilmesidir. Süreçte farklı özelliklerin tespiti açısından çeşitli tahribatsız muayene metotları kullanılmaktadır.

2.1. X-Işını

Yoğunluk ölçümü elle ya da yarı otomatik olarak yakın zamana kadar civaya daldırma metodu ile yapılmaktaydı. Bu süreksiz, elle, tahribatla ve sağlığa zararlı yöntemin yerini alacak metotlar üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Şu sıralar X-ışını absorpsiyonunun bu amaçla kullanımı umut verici sonuçlar vermiştir. Instituto de Tecnologia Ceramica (ITC) da yığınsal yoğunluğun X-ışını absorpsiyonu ile ölçümü için bir cihaz geliştirmiş ve bu cihazın patentini almıştır (Şekil 1). Laboratuvar ölçeğindeki bu cihaz yeterli hassasiyette ölçümler yapabilmektedir [2].



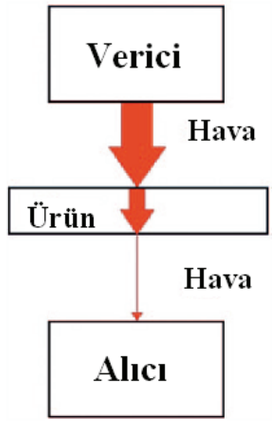
Şekil 1. Karoda X-ışını ile Yığınsal Yoğunluk Ölçümü [2]

Figure 1. Bulk Density Measurement of Tile by X-ray Inspection [2]

X-ışını absorpsiyonu ile 120 cm X 120 cm ebatlı karoların yığınsal yoğunluk haritaları ölçülmüştür. X-ışını tüpü ve dedektör bölgesi sızıntıyı önleyici bir malzeme ile kaplanmıştır. Tasarlanan sistem Lambert-Beer yasasına göre çalışmakta ve tahribatsız olarak yığınsal yoğunluğun ölçülmesini ve preslemeden kaynaklanan üretim hatalarının da tespit edilmesini sağlamaktadır. Bu metot ile aynı karonun hem ham, hem de sinterlenmiş yoğunluğunu kıyaslamaya imkân vermektedir. Bu kıyaslama presleme ve sinterleme aşamalarının sinterlenmiş karonun gözenekliliği üzerine ayrı ayrı etkilerini tanımlamayı sağlamaktadır [3].

2.2. Ultrasonik

Seramik karoların yoğunluklarının belirlenmesine; çatlak ve tabakalanma gibi hataların türünün ve yerinin tespit edilmesine yönelik çalışmalarda temassız ultrasonik test metodu kullanılmaktadır. Ölçüm sistemi verici ve alıcı olarak görev yapan iki sensörden oluşmaktadır (Şekil 2). Ultrasesin ürün boyunca ilerleme zamanı (dalga uçuş süresi) belirlenebilmekte, ultrasonik hız ve kalınlık ölçümleri yapılabilmektedir. Temassız ultrasonik test metodu üretimin ara aşamalarında, kırılgan, sıvıya hassas, gözenekli malzemelerde ya da malzemeyle temasın mümkün olmadığı durumlarda malzemelerin kalitesi ve özellikleri hakkında bilgi edinmeyi sağlamaktadır [4-10].



Şekil 2. Temassız Ultrasonik Ölçüm Sistemi [4]

Figure 2. Non-contact Ultrasonic Measurement System [4]

Üretim esnasında; ham karolarda üretim hattında ilerlerken, istenmeyen titreşimler nedeniyle mikro çatlaklar oluşmaktadır. Bu mikro çatlaklar karonun fırından çıkışında kırılmasına neden olmaktadır. Genelde çatlak tespiti için bir kimyasal ürün kullanılmakta ve bu ürün çatlak içeren bölgede renk değiştirmektedir. Bu teknik tahribatlı ve otomatik olmayan bir yöntemdir. Bu nedenle üretim bantlarında uygulanması zordur. Bu problemi çözmek amacıyla çatlakların ultrasonik olarak tespit edilmesi düşünülmektedir. Yüksek oranlarda gürültü nedeniyle, ultrasonik ölçümlerde sinyal işlemi yönteminin kullanılması gerekmiştir. Bu yöntemle mikro çatlaklar % 70 oranda tespit edilebilmiştir [6].

Elbehiery ve ark.'da (2003) çatlak içeren ham duvar ve yer karolarını incelemişlerdir. Çatlağa bağlı olarak elde edilen sinyal genişliği artmıştır. Duvar karolarının sinyal yükseklikleri yer karolarınınkinden daha düşük olarak elde edilmiştir. Çalışmada, temassız ultrasonik yöntemin kararlılığının ve tekrar edilebilirliğinin sıcaklık (kurutucuya bağlı olarak değişimler), toz, titreşim, karonun nem içeriği, yüzey pürüzlülüğü ve banttaki hareketinden etkilendiğini ortaya koymuşlardır [11].

Eren ve ark. (2008) ise yaptıkları çalışmada yığınsal yoğunluk ve görünür porozitenin ultrasonik hız üzerine etkisini incelemişlerdir. Arşimet yöntemiyle belirlenen yığınsal yoğunluk ve görünür porozite sonuçlarıyla, yığınsal yoğunluk-ultrasonik hız ve görünür porozite-ultrasonik hız kalibrasyon eğrileri çizilmiştir. Yığınsal yoğunluğun artmasıyla görünür porozite azalmakta, ultrasonik dalgalar

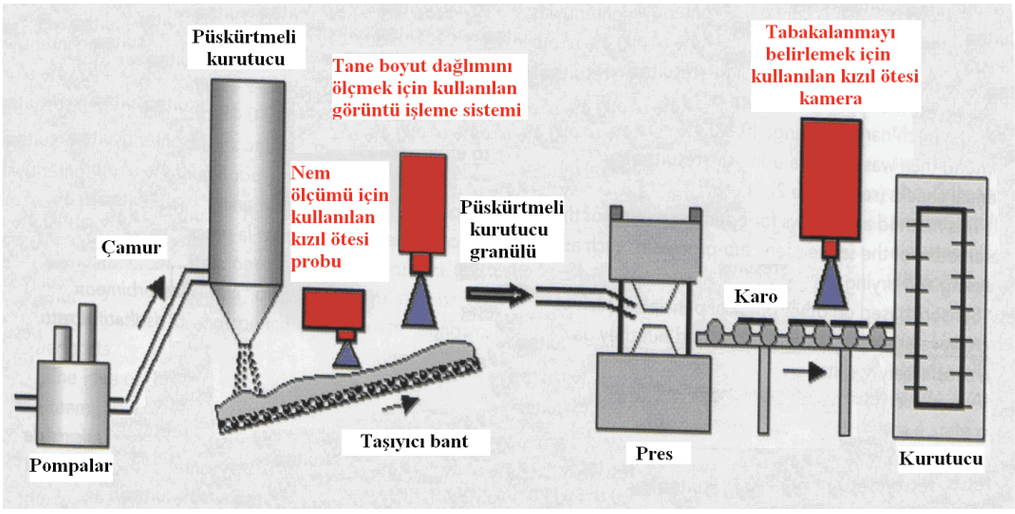
daha kolay ve hızlı ilerlemektedir. Ayrıca, numune kalınlığı boyunca dalgaların ilerlemesi daha kısa sürede gerçekleşmektedir. Kalibrasyon eğrileri ultrasonik hız ölçümü yaparak kalibrasyon eğrisine göre yığınsal yoğunluk ve görünür porozitenin belirlenmesini sağlamaktadır [12].

2.3. Kızıl Ötesi

Presleme için kullanılan granüllerin nem içeriği, son ürünün kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Yetersiz ya da fazla nem içeriği hem presleme sırasında (granüllerin akma davranışını kötüleştirme, kalıptan çıkma problemleri ya da tabakalanma), hem de sinterleme sırasında problemlere neden olabilmektedir. Granüllerin nem içeriği, çamurun akış hızı, basıncı ve hava sıcaklığı gibi püskürtmeli kurutucu parametreleri ile kontrol edilebilmektedir. Genelde nem içeriği, nem tayin cihazı kullanılarak, banttan çeşitli sürelerde (yaklaşık 1 saatlik aralıklarla) alınan örneklerin neminin ölçülmesiyle belirlenmektedir. Bu kontrol metodunun süreksiz olması püskürtmeli kurutucu parametrelerin durma zamanlarını artırmakta ve etkinliğini azaltmaktadır. Üretim sürecinde normalde % 4-7 arasında değişen normal nem içeriğinin dışında birkaç saatlik üretim yapılması bir risk oluşturmaktadır. Püskürtmeli kurutucu granüllerinin sürekli olarak kontrol edilmesi, püskürtmeli kurutma sürecinin otomasyonu için gereklidir. Kızıl ötesi ölçüm aletleri içeren temassız optik problar bunu yapabilmektedir. Bu problar kızıl ötesine yakın (750-2000 nm) bir absorpsiyon aralığına sahip olan suyun elektromanyetik radyasyonuna bağlı olarak ölçüm yapabilmektedir. Bünyede daha çok su bulunması sensöre dönen radyasyonun şiddetini azaltmaktadır. Porselen karo üretimi için farklı renklerde granüller kullanıldığında; analiz edilen her bir renge göre hassas kalibrasyonlar yapılmalıdır. Bu yöntem, nem içeriğini ölçmede % 0,2 hassasiyete sahiptir. Kızıl ötesi nem ölçüm aleti püskürtmeli kurutucunun çıkışındaki taşıyıcı banda yerleştirilebilmekte (Şekil 3), kısa sürede ve sürekli bir şekilde püskürtmeli kurutucu granüllerinin nemini ölçebilmektedir [13].

Orijinal olarak seramikler için tasarlanmamış probların seramik üretimi için seçimi, yeterli hassasiyet ve güvenilirlikle çalışması genellikle karmaşık bir süreçtir. Kızıl ötesi nem ölçüm aletleri orijinalde tütün yapraklarının nemini ölçmek için, radyo frekansına bağlı ölçüm aletleri ağaç ve alçıtaşı endüstrileri için, yoğunluk probları madencilik endüstrisinde kullanılmak için tasarlanmışlardır [2]. Modern

termokameralar sıcaklık farklılığını 0,1K ya da daha yüksek hassasiyette ölçebilmektedir [14].



Şekil 3. Temassız Probların Seramik Karo Üretiminde Kullanımı [13]

Figure 3. Ceramic Tile Production Line with Control Stations Using Non-contact Sensors [13]

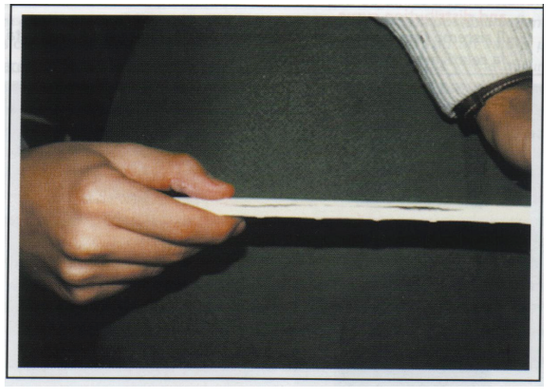
Bu metot aynı zamanda presleme ve kurutma gibi sonraki süreçlerin parametrelerini de kontrol etme amacıyla kullanılabilir.

Preslemede uygulanan basınca göre elde edilen yığınsal yoğunluk endüstriyel presleme diyagramına göre belirlenmektedir. Sistem, nem içeriğine göre çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Presleme sonrasında karonun nemi ölçülerek, nem miktarı düştüğünde yığınsal yoğunluğu sabit tutabilmek için presleme basıncını arttırmak gerekmektedir [2].

Yapısal hatalar, seramik karoların üretiminde hem pişmemiş karoların (sürecin çeşitli aşamalarında kırılma ihtimali oluşturduğu için) ve hem de son ürünlerin mukavemetlerini düşürdükleri için ciddi bir problem oluşturmaktadır. Bu hatalar çeşitli nedenlerle oluşabilmekte ve çatlaklar, kırılmalar ve tabakalanmalar olarak görülebilmektedir.

Tabakalanma porselen karo üretiminde kuru tozların basınç uygulandığında doğal olarak sebep oldukları bir problemdir. Şekil 4'te kırılmış bir karoda havanın içerde kalması nedeniyle paralel bir şekilde oluşmuş tabakalanma hatası görülmektedir. Karo gerilmeye maruz bırakıldığında; tabakalanma bir gerilme birikmesine neden olur ve bu birikim hatanın ilerlemesi sonucunda karonun kırılmasına sebep olur. Bu nedenle, karonun kullanım aşamasından önce

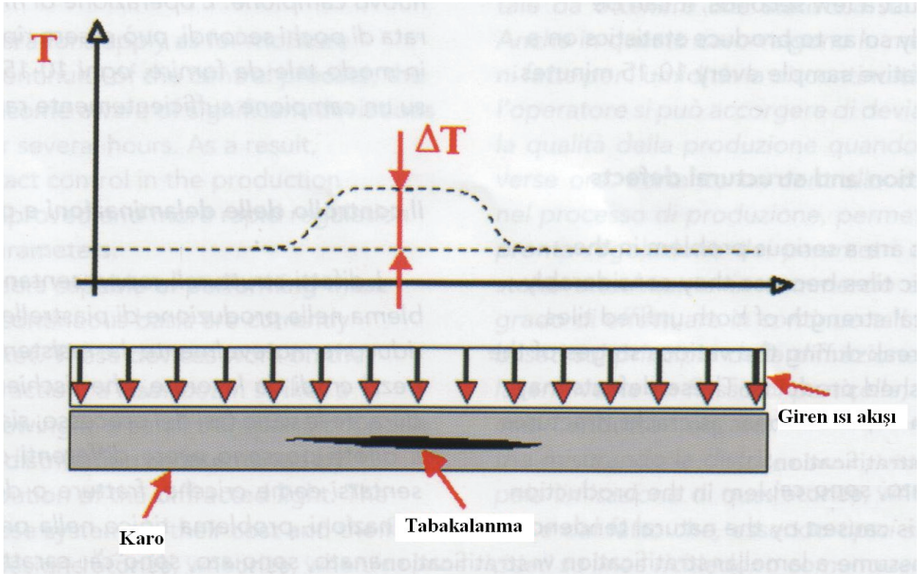
tabakalanmanın tespit edilmesi gerekmektedir. Diğer türlü karo döşendikten sonra kırılması durumunda oluşan maliyetler oldukça fazladır.



Şekil 4. Kırılmış Bir Karoda Tabakalanma Hatası [13]
Figure 4. Delamination Defect in Broken Surface of a Tile [13]

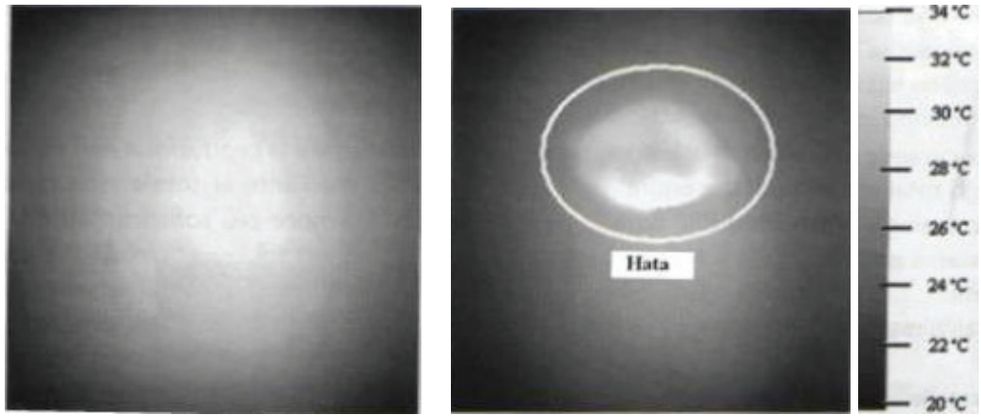
Tabakalanma birçok faktörden dolayı oluşabilmektedir. Bu faktörlerden en önemlileri toz hazırlama ve preslemedir. Toz hazırlama safhasında en ciddi problemler homojen nem içeriğinin elde edilememesi, nem içeriği hataları ve çok ince tane boyutudur. Presleme aşamasında tabakalanma, havalandırma sürelerinin yetersiz olmaları nedeniyle, bütün havanın uzaklaştırılamamasıdır. Yapısal hatalar presleme aşamasında tespit edilirlerse, daha sonraki aşamalara geçmeyip hammaddenin geri dönüşümü için kullanılabilmektedir.

Temassız probların tahribatsız olarak sıcaklık ölçeri olarak kullanılması; malzemenin içindeki ısı dalgalarının ilerlemesine bağlı olarak, alt yüzeyin karakteristiklerini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Malzeme içindeki bir süreksizlik, dalganın ilerlemesini yavaşlatarak bir sıcaklık farklılığı oluşturmaktadır (Şekil 5). Bu tekniklerin ısıtma metodu ve sıcaklık ölçme probları olarak uygulanabilirliğine yönelik talepler gün geçtikçe artmaktadır. Üretim bantlarında seramik karoların kalite kontrolü için kızıl ötesi kameralar pres çıkışına yerleştirilmektedir (Şekil 3). Problar, pres kalıpları yaklaşık 80°C'de sabit tutuldukları için, karoların soğuma sırasındaki sıcaklık dağılımını ölçmektedir. Hata içeren bölgede, sıkışıp kalmış havanın varlığı ısı geçişini yavaşlatmakta ve hatalı bölge daha yüksek bir sıcaklıkta kalmaktadır.



Şekil 5. Tabakalanma Hatasının Karonun Yüzey Sıcaklığına Etkisi [13]

Figure 5. Effect of Delamination Defect on Tile's Surface Temperature [13]



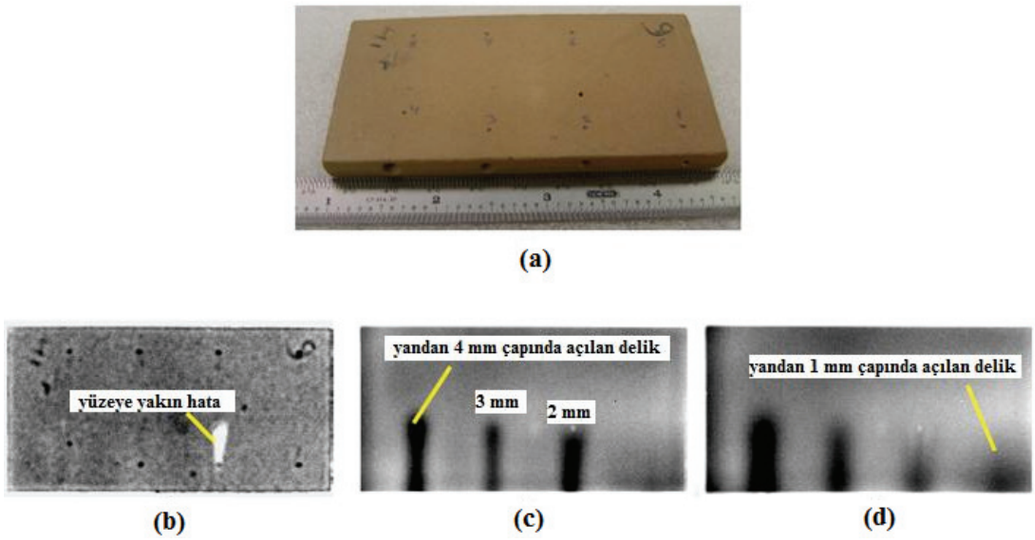
(a) **(b)**

Şekil 6. Hatasız (a) ve Tabakalanma Hatası İçeren (b) Ham Karoların Termografik Görüntüleri [13]

Figure 6. Thermografic Images of Defect-free (a) and Delamination Defect Containing Unfired Ceramic Tiles [13]

Şekil 6'da sağlam ve hatalı karoların ısıl haritaları verilmektedir. Gözle incelendiğinde tespit edilememesine rağmen, içteki hata bu haritalar yardımı ile açıkça görülebilmektedir. Otomatik olarak bu görüntüleri sınıflandıran sistem, nesneleri insan beyninin fark edebileceği şekle dönüştürmektedir. Bu sistemin dataları ölçmesi ve işlemesi bir saniyeden daha az sürmektedir. Bu kısa süre, kullanıcının bütün hatalı karoları fark etmesini ve presleme aşamasının kontrol

parametrelerini ayarlamasını sağlamaktadır. Sistem, Leonardo 1502 Ceramica firmasının üretim hatlarında denenmiş ve tabakalanmanın kontrolü açısından mükemmel sonuçlar vermiştir. Çatlaklar ve kırıklar gibi yapı hatalarının diğer tiplerinin otomatik olarak tespit edilmesi üzerinde çalışmalar yapılmaktadır [13].



Şekil 7. Yan Tarafından 4 mm, 3 mm, 2mm, 1 mm Çapında Delikler Açılmış 95 mm X 47 mm X 7 mm Ebatlarındaki Karo (a), 0,15 sn (b), 9,25 sn (c), 16,02 sn (d) Kızıl Ötesi Işınların Uygulanmasından Sonraki Görüntüler

Figure 7. Diameter with 4mm, 3 mm, 2 mm, 1 mm side Drilled Holes Containing 95 mm X 47 mm X 7 mm Sized Tile (a), Images After 0.15 sec (b), 9.25 sec (c), 16.02 sec (d) Infrared Inspection

Yapılan bu çalışmada termografi yönteminin, açık por ve hava boşluğu hatalarının tespitinde kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla 95 mm X 47 mm X 7 mm ebatlarında karo üretilmiştir. Karoyu hazırlamak için, % 4,7 nemli Graniser Granit ve Seramik San. Tic. A.Ş. granit bünye granülleri kullanılmıştır. Bu granüller, 50 mm X 100 mm ebatlarında Nasetti marka Vis 30 model hidrolik mini preste 216 kg/cm^2 basınçla şekillendirilmiştir. Farklı ebatlarda delikleri hazırlamak amacıyla çeşitli çaplarda matkap uçları kullanılmıştır (Şekil 7a). Etüvde 100°C'de kurutulan karo, Graniser Granit ve Seramik San. Tic. A.Ş.'de bulunan rulo fırında en yüksek sıcaklık 1175ºC olacak şekilde 45 dakika (soğuktan soğuğa) sinterlenmiştir. Thermal Wave Imaging tarafından karo termografi yöntemiyle incelenmiş, artan sürelerde görüntüler alınmıştır. 0,15 sn uygulandığında yüzeye yakın yerde bulunan hata tespit edilmiş olup (Şekil 7b), matkap uçları ile açılmış delikler görülememiştir.

Süre 9,25 sn olarak belirlendiğinde en küçük delik haricinde yandan açılan 2, 3 ve 4 mm çaplı delikler görülebilmiştir (Şekil 7c). 16,02 sn'de ise tüm delikler görülebilmiş olup 1 mm çaplı deliğin küresel şekilden saptığı tespit edilmiştir (Şekil 7d). Sürenin artmasına bağlı olarak artan derinliklerde yer alan hatalar görülebilmiş ve yüzeyin altındaki hataların çözünürlüğü de artmıştır.

2.4. Akustik Rezonans

Akustik rezonans analizi bir hacimde yer alan hataları hızlı ve düşük maliyetle yüzde yüz tespit etmeyi sağlayan tahribatsız bir muayene metodudur. Bir malzemede titreşim oluştuğunda, o titreşimin test parçası içindeki yayılması incelenir. Tekrar eden titreşimlerin şekli ve frekansı; o malzemenin doğal rezonansıdır. Frekans seviyelerinde değişme ve gecikme tespit edilebilmektedir.

Malzemedeki titreşimler mikrofon aracılığı ile toplanmakta ve filtrelenerek bilgisayara aktarılmaktadır. Titreşimler incelenen malzemede bölgesel olarak bilgi vermemekte, malzemenin bütünü hakkında bilgi sağlamaktadır. Çatlaklar, malzeme hataları, yapısal farklılıklar ve sertlikteki değişiklikler güvenilir olarak ve malzemeye zarar vermeden incelenebilmektedir. Süreç hızlı ve çevreyi kirletmeyen şekildedir. Malzemeler bantta ilerlerken ölçüm yapabilmek de mümkündür. Seramik karoları, kiremitleri, seramik fren balatalarını, fırın refrakterlerini test etmek amacıyla kullanılabilmektedir.

Bu metot ile yüzey hataları ya da çok küçük geometrik farklılıklar tespit edilememektedir. Bu nedenle, bu tür hataları tespit etmek amacıyla otomatik görüntü analiz sistemleri ile birlikte kullanılması önerilmektedir [15].

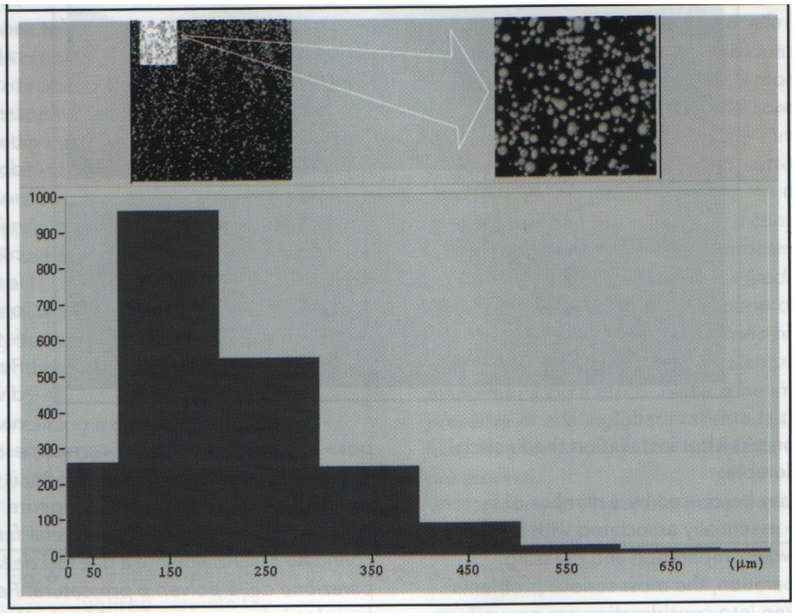
Eren ve arkadaşları (2013) tarafından yapılan bir çalışmada hatasız olarak tanımlanan karolar belirli bir basınçta şekillendirilmiş ve belirli bir sıcaklıkta sinterlenmiştir. Bu karolara göre daha düşük presleme basıncı ile preslenen ve daha düşük sıcaklıkta sinterlenen karolar ise hatalı olarak tanımlanmıştır. Daha düşük basınçta şekillendirilen karonun mukavemeti hatasız karoların mukavemet değerinin altındadır. Daha düşük sıcaklıkta sinterlenen karo ise hatasız karolara göre daha yüksek gözenek miktarına ve su emme değerlerine sahiptir. Çalışmada, öncelikle hatasız karolara ait frekans eğrileri çıkartılmıştır. Frekans eğrilerine göre belirlenen frekanslarda tüm karolar incelenmiş ve hatalı karoların frekanslarında sapma tespit edilmiştir. Frekanslarında görülen sapmalar ile hatalı karoların hatasız karolardan ayrılması gerçekleşmiştir [16].

2.5. Görüntü Analiz Programı

Karo üretimindeki bir parametre de preslenen granüllerin tane boyut dağılımıdır. Bu parametre günümüzde süreksiz olarak (birkaç saat içinde çeşitli aralıklarla) çeşitli mesh boyutlarına sahip elek serileri ile incelenen granüller için istatistiksel sonuçlar elde etmek amacıyla analiz edilmektedir. Sürecin süreksiz olarak kontrol edilmesine bağlı olarak analizi yapan kişi birkaç saat içerisinde yapılan üretim kalitesindeki önemli sapmaları göremeyebilir. Sonuç olarak, sürekli temassız kontrolün üretim süreçlerinde uygulanması püskürtmeli kurutma parametrelerinin daha iyi ve daha hızlı kontrolünü sağlamaktadır.

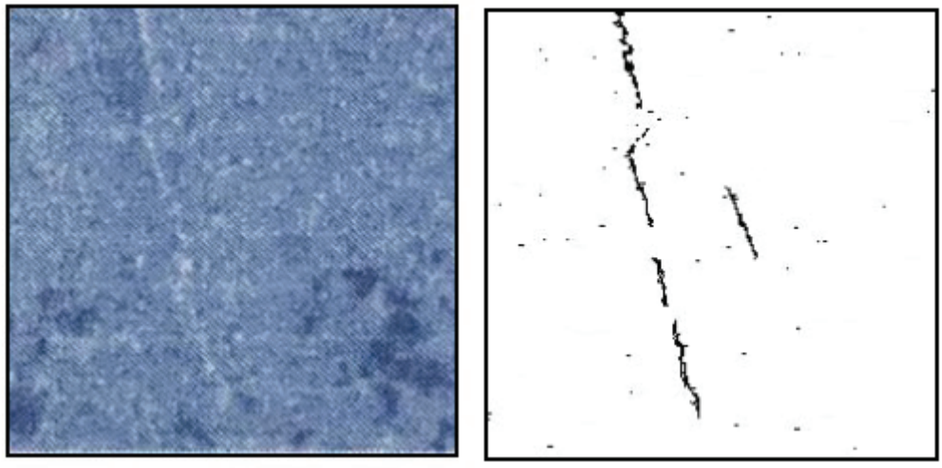
Çeşitli lazer problar da sürekli ölçüm gerektiren yerler için kullanılmaktadır. Bu aletler ışığın kırınımı prensibine göre çalışmaktadır. Sistemlerin ana sınırı maliyetli olmalarıdır. Bu nedenle, bantta kullanılmaları belli bir dereceye kadar analiz eden kişiye bağlı olduğu için laboratuvar ölçeğinde tasarlanmaktadırlar. Bu aletler mükemmel sonuç vermelerine rağmen yapılan çalışmalar aynı hassasiyete sahip, ancak daha ucuz maliyetlerde alternatifler bulmaya yöneliktir.

Paone ve arkadaşları yüksek çözünürlüklü CCD televizyon kameraları ile püskürtmeli kurutucu granüllerinin görüntülerinin incelenmesi ve bu görüntülerin yazılım aracılığı ile tane boyut dağılımını belirlenmesi amacıyla kullanılması fikri üzerine çalışmaktadır. Görüntüler televizyon kameraları ya da dijital fotografik kameralar ile elde edilmekte ve bilgisayarda işlemek için hazır hale gelmektedir. Bilgisayar programı granül tanelerini saymaya ve boyutlarını 1 saniyenin altında ölçmeye uygundur. Şekil 8'de görüntü işleme programı ile elde edilmiş tane boyut dağılımı eğrisi görülmektedir. Sistem kıyaslama amacıyla dijital bir mikroskop ile kalibre edilmektedir. Şekil 3'te görüldüğü gibi püskürtmeli kurutucunun çıkışına sistem yerleştirilebilmektedir. Ölçümler tamamlandıktan sonra granüller bantta ilerlemekte ve yeni örnekler otomatik olarak ölçülmektedir. Ölçüm birkaç saniyede tamamlandığı için, sürekli olarak yapılabilmekte ve her 10-15 dakikada temsili örnekler istatistiksel olarak takip edilebilmektedir [13].



Şekil 8. Görüntü İşleme Programı ile Elde Edilmiş Tane Boyut Dağılımı Eğrisi [13]
Figure 8. System for Measuring Particle Size Distribution: Acquired Image and Distribution Curve [13]

Görüntü analiz programları kalite kontrol aşamasında yüzeyi düz ve rölyefli karoların da iğne deliği, yüzey çatlağı gibi hatalarının algoritmalar aracılığıyla belirlenmesini sağlamaktadır. Bu algoritmalarla karonun görüntüsü, çeşitli görüntü işleme aşamalarından geçmekte ve sadece hatayı içeren son görüntü elde edilebilmektedir. Hata çeşidine göre kullanılan algoritma değişmekte ve hata belirlenmektedir. Şekil 9a'da hatalı karonun görüntü işleme programı ile incelenmeden önceki hali görülmektedir. Görüntü işleme programı ve çatlak hatası için kullanılan algoritmalar sonrasında çatlak belirgin bir şekilde tespit edilmiştir (Şekil 9b) [17].



(a) **(b)**

Şekil 9. Görüntü İşleme Programı Kullanılmayan (a) ve Kullanılan (b) Karonun Görüntüleri [17]

Figure 9. The Tile Images (a) Before Image Analyses Program and (b) After Image Processing Program [17]

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Tahribatsız muayene ile kaliteli üretim yapılması ve bir ürünün güvenle kullanımı sağlanmaktadır. Tahribatsız muayene metotları ile test edilen ürüne zarar verilmemekte, böylece test sonrasında atık malzeme oluşmamaktadır. Üretim esnasında hatalar tespit edilerek üretim sürecine müdahale edilmekte, böylece hatalı üretimden kaynaklanacak hammadde, işgücü ve enerji kayıpları önlenebilmektedir. Üretim sonunda tüm ürünlerin incelenerek kullanıcıya sunulması ise hem ürüne, hem de üretimi yapan işletmeye güven duyulmasını sağlamaktadır.

Tahribatsız muayene tekniklerinin seramik karo sektöründe kullanılmaya başlanması da üretimi kontrol altında tutmayı, hatalı üretim maliyetlerini önlemeyi sağlamaktadır. Ayrıca tahribatsız muayenenin fırın çıkışında kullanımı, enerjinin en çok kullanıldığı sinterleme aşamasından kaynaklanan sorunları tespit etmeyi ve fırına müdahale etmeyi kolaylaştırmaktadır. Fırın sonrasında kullanılan görüntü işleme programları da insan faktöründen kaynaklanabilecek hataları engellemektedir.

KAYNAKÇA

[1] Arnold W. and Reiter H., *Nondestructive Testing of Ceramic Engineering Components by X-ray and Ultrasonic Techniques*, Key Engineering Materials, Trans. Tech. Publications, 56-57, 393-410, Switzerland, 1991.

[2] Gasch, J.G.M., *Control and Automation in the Ceramic Industry: Evolution and Perspectives*, IXth World Congress on Ceramic Tile Quality, con 45-68, Castellón, 2006.

[3] Amorós, J.L., Boix, J., Llorens, D., Mallol, G., Fuentes, I. and Feliu, C., *Measurement of Bulk Density Distribution in Large Ceramic Tiles by a Non-destructive Method*, Shaping 4: Fourth International Conference on Shaping of Advanced Ceramics, s6-4, Madrid, 2009.

[4] Revel, G.M. and Tomasini, E.P., *Non-Contact Ultrasonic Sensor for On-line Density Measurement on Green Ceramic Tiles*, Proceedings of 15th World Conference on Nondestructive Testing with Exhibition, Roma, 2000. (http://www.ndt.net/article/wcndt00/papers/idn708/idn708.htm)

[5] Cantavella, V., Llorens, D., Mezquita, A., Moltó, C., Bhardwaj, M.C., Vilanova, P., Ferrando, J. and Maldonado-Zagal, S., *Use of Ultrasound Techniques to Measure Green Tile Bulk Density and Optimise the Pressing Process*, IXth World Congress on Ceramic Tile Quality, p.bc 161-174, Castellón, 2006.

[6] Rodrígues, M.A., Vergana, L. and Miralles, R., *Nondestructive Evaluation of Microcracks in Ceramics with Controlled Probability of False Alarm*, Res. Nondestr. Eval., 11, 15-24, 1999.

[7] Romagnoli, M., Burani, M., Tari, G. and Ferreira, J.M.F., *A Non-destructive Method to Asses Delamination of Ceramic Tiles*, J. Eur. Ceram. Soc., 27, 1631-1636, 2007.

[8] Revel, G.M., *Measurement of the Apparent Density of Green Ceramic Tiles by a Non-contact Ultrasonic Method*, Experimental Mechanics, 47, 637–648, 2007.

[9] Pietroni, P. and Revel, G.M., *Laser Ultrasonics for Quality Control in the Ceramic Industry*, Xth World Congress on Ceramic Tile Quality, p.bc 345-358, Castellón, 2008.

[10] Marchetti, B. and Revel, G.M., *On-line Density Meauserement on Green Ceramic Tiles: Uncertainty Analysis*, Tile and Brick Int., 19, 4-9, 2003.

[11] Elbehiery, H.M., Hefnawy, A.A. and Elewa, M.T., *Quality Control Enhancement via Non-destructive Testing for Green Ceramic Tiles*, Circuits and Systems, 3, 1130-1133, 2003.

[12] Eren, E., Kurama, S. and Cifci, M., *Porosity Characterization of Porcelain Bodies*, ASNT Fall Conference and Quality Testing Show 2008 Paper Summaries CD-ROM, The American Society for Nondestructive Testing, Inc., Charleston, 118-122, 2008.

[13] Paone, N., Revel G.M. and De Andrede, R.M., *Non-contact Sensor in the Ceramic Industry*, Ceramic World Review, 35, 136-141, 2000.

[14] Rabe, T., Rudert, R., Goebbels, J. and Harbich, K.-W., *Nondestructive Evaluation of Green Components*, American Ceramic Society Bulletin, 82, 27-32, 2003.

[15] Anonim, *Quality is Something You can Hear*, Ceramic Forum International, 84, 26-28, 2007.

[16] Eren, E., Kurama, S., Stultz, G. and Sorensen, S., *Resonant Inspection of Ceramic Tiles*, Key Engineering Materials, Trans. Tech. Publications, 544, 450-454 Switzerland, 2013.

[17] Elbehiery, H., Hefnawy, A. and Elewa, M., *Surface Defects Detection for Ceramic Tiles Using Image Precessing and Morphological Techniques*, Wold Academy of Science, Engineering and Technology, 5, 158-162, 2005.

KIRMIZI FOSFOR IŞILDAMASI SERGİLEYEN FARKLI SİSTEM PİGMENTLERİNİN KULLANIM PERFORMANSLARININ ARTTIRILMASI

IMPROVING USAGE PERFORMANCES OF THE RED LIGHT EMITTING PHOSPHORESCENCE PIGMENTS IN DIFFERENT SYSTEMS

Bekir Karasu[1,2], Tuba Aksoy[3], Şerife Yalçın Yastı[4]

[1]Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

[2]FOSFORTEK Fosfor Teknolojileri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi, Eskişehir

[3]Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Konya

[4]Selçuk Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü, Konya

ÖZET

Fosfor ışıldama yeteneğine sahip farklı renklerdeki pigmentlerin ülkemizde üretimi ancak 2011 yılında Anadolu Üniversitesi bazlı bir Ar-Ge inovasyon firması olarak kurulan FOSFORTEK San. Tic. Ltd. Şti tarafından küçük ölçekte yapılmaya başlanmıştır. Burada sunulan çalışmayla belli dalga boyundaki ışığı emerek karanlıkta yayan, uzun ışıldama süreli fosforesans özelliğe sahip kırmızı pigmentlerin sentezlenmesi, özelliklerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Dolayısıyla, $MO:Eu^{+3}$, Dy^{+3}, Pr^{+4} (M:Ca), $CaAl_4O_7:Mn^{+4}$, $Ca_3WO_6:Eu^{+3}$, $NaSr_{1-2x}BO_3:xEu^{+3}$, xM^{+} (M = Li, Na, K) ve $MLa(WO_4)_2:Eu^{+3}$ (M = Li, Na, K), sistemlerinde sentezlenmesi düşünülen kırmızı fosforesans pigmentlerin başlangıç reçetelerindeki farklı aktivatörlerin (Eu, Dy, Pr, La, Sm, Tb, Y ve Mn) ve akışkanlaştırıcı elemanların (Li, Na, K) son ürünün işlevselliği üzerine olan etkileri detaylı bir biçimde incelenmiş ve karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kırmızı Fosforesans, Pigment, Sentez, Performans, Karakterizasyon.

ABSTRACT

In Turkiye the production of phosphorescent pigments with different emission colours have been produced at small scale by FOSFORTEK Co. which was originally established in 2011 as a university base research and development firm. Hereby, the result of the studies conducted on the synthesis and the production of red light emitting phosphorescent pigment in the $MO:Eu^{3+}$, Dy^{3+}, Pr^{4+} (M: Ca), $CaAl_4O_7:Mn^{4+}$, $Ca_3WO_6:Eu^{3+}$, $NaSr_{1-2x}BO_3:xEu^{3+}$, xM^{+} (M = Li, Na, K) and $MLa(WO_4)_2:Eu^{3+}$ (M = Li, Na, K), systems. With this purpose different activators (Eu, Dy, Pr, La, Sm, Tb, Y and Mn) and fluxing agents (Li, Na, and K) have been incorporated into starting recipes. Finally, the effects of all these modifications have been researched in detail and supported by characterisation studies.

Keywords: Red Phosphorescence, Pigment, Synthesis, Performance, Characterisation.

1. GİRİŞ

Fosforesans bir yalıtkanın uyarılma (genellikle mor ötesi) olayıdır [1]. Bu gecikmiş ışık yayınımı uyarılma ile ortaya çıkan yük taşıyıcılarının (e^- ya da boşluklar) belirli hata bölgelerinde tuzaklanması ve tuzaklanmanın tekrar bozunumu yoluyla meydana gelen bir süreçtir [1-2]. Fosfor malzemesi insan gözü tarafından algılanabilecek ışık ile (yaklaşık 0,1 sn ya da daha uzun) yeterli zamanda sürekli uyarımının durdurulması sonrası ışık yaymaya devam ediyorsa, yayılan ışık fosforesans adını alır [3]. Birkaç saat boyunca oda sıcaklığında kalıcı fosforesans özelliğine sahip fosforlar, uzun ışıldama süreli veya ışık depolayan fosforlar şeklinde adlandırılırlar. Bilinen uzun süreli ışıldama etkisine sahip fosforlar; sülfürler ve oksitlerdir [4]. 2005 yılında Sho Abe ve arkadaşları, $BaMg_2Si_2O_7:Eu^{+2}$, Mn^{+2} sistemiyle geleneksel katı hâl reaksiyon yöntemini kullanarak [5]; 2008 yılında Chai Yueshang ve arkadaşları, $Sr_3Al_2O_6:Eu^{+2}$, Dy^{+3} sistemiyle aktif karbonun indirgeyici atmosferi içinde sol-jel yöntemiyle sentezleyerek [6]; 2010 yılında Zhang Yingying ve arkadaşları, $Sr_2ZnSi_2O_7:Sm^{+3}$ sistemiyle geleneksel katı hâl reaksiyon metodunu kullanıp hava atmosferinde sinterleme yaparak uzun süreli kırmızı ışık yayan fosforu elde etmeyi başarmışlardır [7]. Li ve arkadaşları 2009 yılında yüksek katı hâl reaksiyonu

yöntemiyle $LiSrBO_3:Eu^{+3}$ fosforunu 700 ^oC'de 2 saatte hava ortamında sentezleyerek lüminesans özelliklerini incelemişlerdir. $LiSrBO_3:Eu^{+3}$ fosforu morötesi (UV) yakın (401 nm) ve mavi (471 nm) ışıkla etkili uyarılabilme ve 615 nm'de de kırmızı ışık yayınımı sergilemiştir. Maksimum % 3 mole kadar artan Eu^{+3} yoğunluğu ile yayınım şiddetinin arttığı da belirtilmiştir [8]. Park ve arkadaşları $CaAl_4O_7$, Mn^{+4} ile katkılanmış sistemin lüminesans özelliklerini araştırmışlar, pişirim koşullarının, Mn miktarının ve akışkanlaştırıcının söz konusu özellikleri nasıl etkilediğini belirlemeye çalışmışlardır. $CaAl_4O_7:Mn^{+4}$ sistem tozları fotolüminesans uyarım spektrası 320-400 nm arasında kaba bir band göstermiştir. Kırmızı yayınıma denk gelen yayınım bandları ise yaklaşık 644, 656 ve 671 nm'lerde gözlemlenmiştir. Bunların içinden 656 nm'dekinin en kuvvetli olduğu belirlenmiştir. $CA_2:Mn^{+4}$'nin yakın morötesinde kullanılacak beyaz ışık yayan diyotlar (LED'ler) için iyi bir aday olabileceği belirtilmiştir [9]. Yine Zhang ve arkadaşları farklı Eu katkı konsantrasyonlarına reçetelerinde yer vererek ve katı hâl reaksiyon yöntemini kullanarak $Ca_3WO_6:Eu^{+3}$ sisteminde pigmentler elde etmiş, x-ışını kırınım analizi (XRD), taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve fotolüminesans (PL) spektra incelemeleri sonucu kuvvetli kırmızı yayınımın $^5D_2$ hâline doğru uyarım altında 565 nm'de elde edilebildiğini belirtmişlerdir [10]. 2012 yılında Huang ve arkadaşları, $Na_5La(WO_4)_4:xEu^{+3}$ (x=0, 0,05, 0,1, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0) sistemini farklı sıcaklıklar kullanarak katı hâl reaksiyon yöntemiyle hava ortamında sentezleyip kırmızı tungstenat fosforlarını üretmişler, bunları yapı, morfoloji ve lüminesans ölçümleriyle karakterize etmişlerdir. Araştırmacılar artan Eu^{+3} katkı miktarının UV soğurumunu ve dolayısıyla, kırmızı yayınımı arttırdığını, $Na_5Eu(WO_4)_4$ fosforundan güçlü kırmızı yayınım gözlendiğini fakat $Na_5La(WO_4)_4:xEu^{+3}$ fosforu için miktarın sınırlaması olmaksızın 395 veya 465 nm uyarım altında $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ dönüşümü kaynaklı 616 nm'de saf kırmızı yayınım sergilediğini, en uygun sentezleme sıcaklının da 700 ^oC olduğunu belirtmişlerdir [11]. Aynı yıl Wang ve arkadaşları, $Na_5La_{1-x}Ln_x(WO_4)_4$ (Ln=Eu, Sm) ve $Na_5Eu_{1-x}Sm_x(WO_4)_4$ sistemlerini katı hâl reaksiyonu yöntemiyle 650 ^oC'de 8 saatte sentezleyip yapı ve lüminesans özelliklerini incelemişler, Sm^{+3} katkısının 400 nm uyarım bandını genişlettiğini ve kırmızı yayınımı arttırdığını belirlemişlerdir [12]. 2013'te Li ve arkadaşları $MLa(WO_4)_2:Eu^{+3}$ (M=Li, Na, K) (Eu^{+3}= % 0,20 mol) ve $NaRE(WO_4)_2$ (RE=Gd, Y, Lu) sisteminde pigmentleri geleneksel katı hâl metoduyla 800 ^oC'de 4 saatte hava atmosferinde sentezleyerek alkali ve nadir toprak iyonlarının etkilerini gözlemlemişlerdir. $MLa(WO_4)_2:Eu^{+3}$

sisteminde alkali iyonlarında atom numarasının azalmasıyla XRD pik şiddetinin ve yayınımın arttığını bunun da atomik yarıçapların küçülmesiyle (r_{K^+}:1,51 Å, r_{Na^+}:1,18 Å, r_{Li^+}:0,92 Å) Eu^{+3}-O^{-2} uzaklığının azalmasına sebebiyet vererek kovalentlik şiddetini arttırarak daha büyük dönüşüm şiddeti yoğunluğuna yol açmasıyla açıklamışlardır [13]. Karasu ve Aksoy kırmızı fosforesans pigmentlerin geliştirilmesiyle ilgili geniş bir derleme makalesi yayımlamışlardır [14]. Burada sunulan çalışma kapsamında belli dalga boyundaki ışığı emerek karanlıkta yayan, uzun ışıldama süreli fosforesans özelliğe sahip MO:Eu^{+3}, Dy^{+3}, Pr^{+4} (M: Ca), $CaAl_4O_7$: Mn^{+4}, Ca_3WO_6:Eu^{+3}, $NaSr_{1-2x}BO_3$:xEu^{+3}, xM^+ (M = Li, Na, K) ve $MLa(WO_4)_2$:Eu^{+3} (M = Li, Na, K), sistem kırmızı pigmentlerinin sentezlenmesi hedeflenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

$CaAl_4O_7$:Mn^{+4} sistem tozlarının eldesinde 1 mol $CaAl_4O_7$, 0,001-0,3 Mn^{+4} oluşumuna karşılık gelecek ve toplamda 10 gram reçete sağlanacak şekilde $CaCO_3$, $Al(OH)_3$, $MnCO_3$ ve ağırlıkça % 5 H_3BO_3 ergitici katkısı ile başlangıç karışımları hazırlanıp etanol ortamında 1 saat öğütülmüştür. Etüvde kurutulan karışımlar 1100 ve 1400 °C'de bir taraftan katı hâl yöntemiyle hava atmosferinde 5 saat, diğer taraftan da indirgen azot atmosferinde 3 saat sinterlenerek kırmızı fosfor pigmentlerinin sentez ve üretimine çalışılmıştır.

Ca_3WO_6:Eu^{+3} sistem tozlarının hazırlanması için, 1 mol $CaWO_6$ ve 0,05 mol Eu^{+3} oluşacak şekilde $CaCO_3$, WO_3, Eu_2O_3 temel hammaddeleri tartılmış, hazırlanan karışımlar etanol ortamında 1 ve 2 saat öğütülmüştür. Daha sonra sinterleme işlemi 1300 °C'de hava atmosferinde katı hâl yöntemiyle 6 saat gerçekleştirilerek kırmızı ışıldamalı fosfor pigmentlerinin eldesine çalışılmıştır. Üretilen tozların GNR APD 2000 Pro X-ray Diffractometer cihazı ile faz analizleri yapılmıştır.

$MLa(WO_4)_2$:Eu^{+3} (M = Li, Na, K), sistem tozlarının hazırlanmasında Li_2CO_3, Na_2CO_3, La_2O_3, Eu_2O_3, WO_3 temel hammaddeleri Çizelge 1'de verilen miktarlara göre tartılıp izopropil alkol eşliğinde gezegen tipi öğütme cihazında 1 saat öğütülmüş ve çizelgede belirtilen sıcaklıklarda hava ortamında sinterlenmişlerdir. Sonrasında sentezlenmiş tozların morötesi ve gün ışığında fotoğrafları çekilmiştir.

Çizelge 1. $MLa(WO_4)_4:xEu^{+3}$ sisteminde hazırlanan reçeteler

Table 1. The recipes of $MLa(WO_4)_4:xEu^{3+}$ system

Hammaddeler Raw Materials	Tartım Miktarları (mol) Amounts (in mole)								
	MLWE1-B	MLWE1-BA	MLWE1-C	MLWE2-A	MLWE2-A1	MLWE2-A2	MLWE2-B	MLWE2-B1	MLWE2-B
a_2CO_3	2,5	5	2,5	--	--	--	1	1	1
$_2CO_3$	--	--	--	1	1	1	--	--	--
$_2O_3$	0,1	0,2	0	0,8	0,5	0,2	0,8	0,5	0,2
$_2O_3$	0,4	0,8	0,5	0,2	0,5	0,8	0,2	0,5	0,8
O_3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
şirim Sıcaklığı 1 ntering emperature 1	700 °C'de 6 saat At 700 °C for 6 h			800°Cde 4 saat At 800 °C for 4 h					
şirim Sıcaklığı 2 ntering emperature 2	700 °C'de 10 saat At 700 °C for 10 h								

$MSrBO_3:xEu^{+3}$ ve $MSrBO_3:xEu^{+3}$, xM sistem tozlarının hazırlanması için Li_2CO_3, Na_2CO_3, $SrCO_3$, H_3BO_3, Eu_2O_3 temel hammaddeleri Çizelge 2'de sunulan miktarlara göre tartılmışlardır. İzopropil alkol eşliğinde gezegen tipi öğütme cihazında 1 saat öğütülen karışımların pişirimleri çizelgede belirtilen sıcaklıklarda hava ortamında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 2. $MSrBO_3:xEu^{+3}$ ve $MSrBO_3:xEu^{+3}$, xM sistemleri için hazırlanan reçeteler

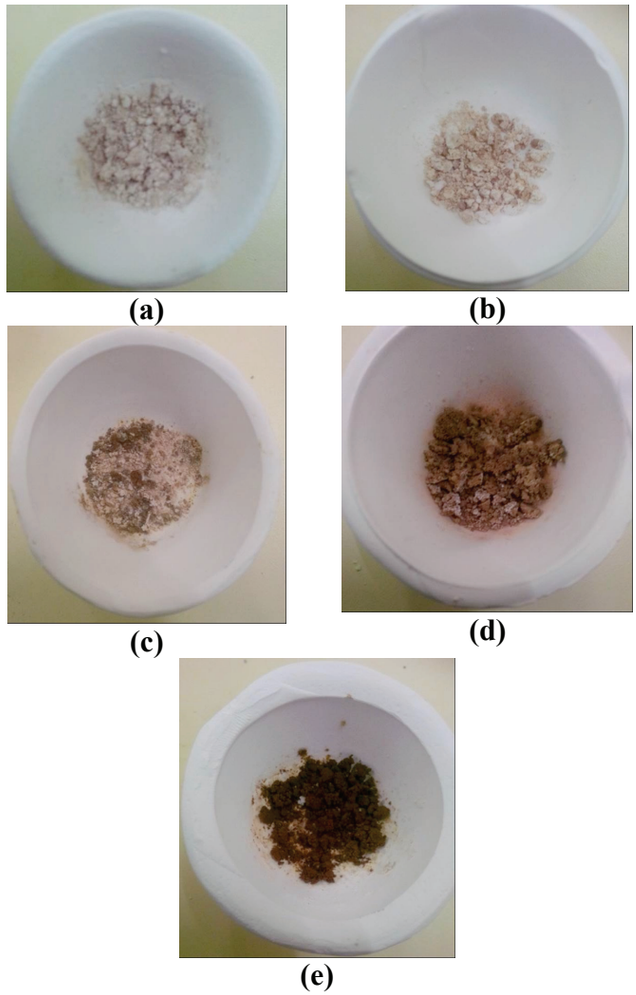
Table 2. The recipes of $MSrBO_3:xEu^{3+}$ and $MSrBO_3:xEu^{3+}$, xM systems

Hammaddeler Raw Materials	Tartım Miktarları (mol) Amounts (in mole)							
	MSBE1-A	MSBE1-B	MSBE1-D	MSBE3-A	MSBE3-B	MSBE3-D	MSBEM1-A	MSBEM1-B
Na_2CO_3	--	--	--	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Li_2CO_3	0,02	0,04	0,02	--	--	--	--	--
$SrCO_3$	1	1	1	1	1	1	0,78	0,78
H_3BO_3	1	1	1	1	1,6	1,6	1	1,6
Eu_2O_3	0,15	0,03	0,015	0,055	0,11	0,11	0,055	0,11
K_2CO_3	--	--	--	--	--	--	0,055	0,11
Pişirim Sıcaklığı Sintering Temperature	700°C de 6 saat At 700 °C for 6 h			850°C de 8 saat At 850 °C for 8 h				

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

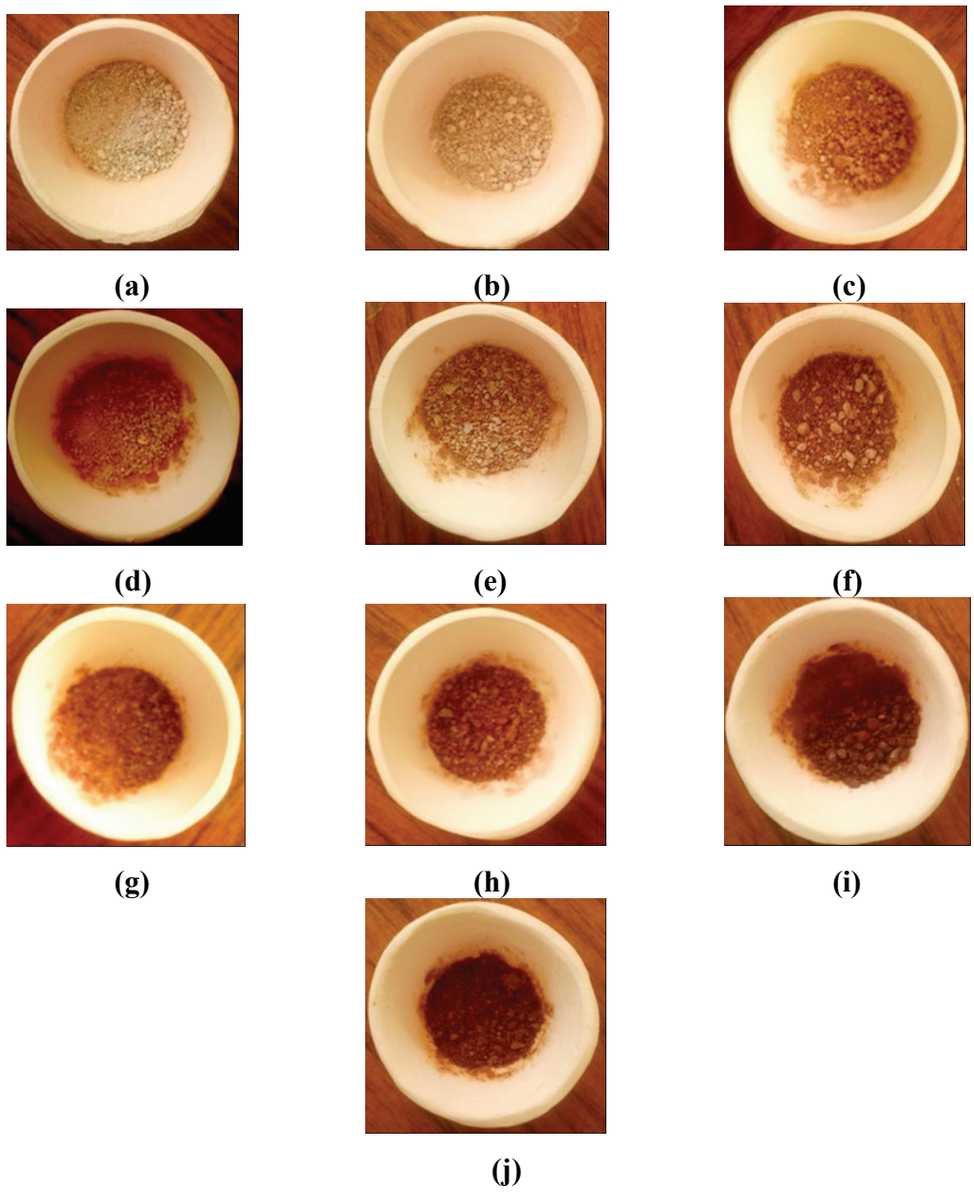
Sinterleme sonrası hem gün ışığı hem de mor ötesi ışık altında renk ve ışıldama performansları irdelenerek çalışmaların yol haritası çizilmiştir. Şekil 1'de 1100 °C'de hava atmosferinde sinterlenen $CaAl_4O_7:Mn^{+4}$ sistem tozlarının gün ışığı

altında çekilen fotoğrafları sunulmuştur. Mn^{+4} mol oranı arttıkça renk pembelikten kahve tonuna doğru ötelenmektedir.



Şekil 1. 1100 °C'de hava atmosferinde sinterlenen **a)** $CaAl_4O_7$:0,001Mn^{+4}, **b)** $CaAl_4O_7$:0,01Mn^{+4}, **c)** $CaAl_4O_7$:0,03 Mn^{+4}, **d)** $CaAl_4O_7$:0,1Mn^{+4}, **e)** $CaAl_4O_7$:0,3Mn^{+4} sistem tozlarının gün ışığı görüntüleri.

Figure 1. The day light appearences of **a)** $CaAl_4O_7$:0.001Mn^{4+}, **b)** $CaAl_4O_7$:0.01Mn^{4+}, **c)** $CaAl_4O_7$:0.03 Mn^{4+}, **d)** $CaAl_4O_7$:0.1Mn^{4+}, **e)** $CaAl_4O_7$:0.3Mn^{4+} systems powders sintered at 1100 °C in air.

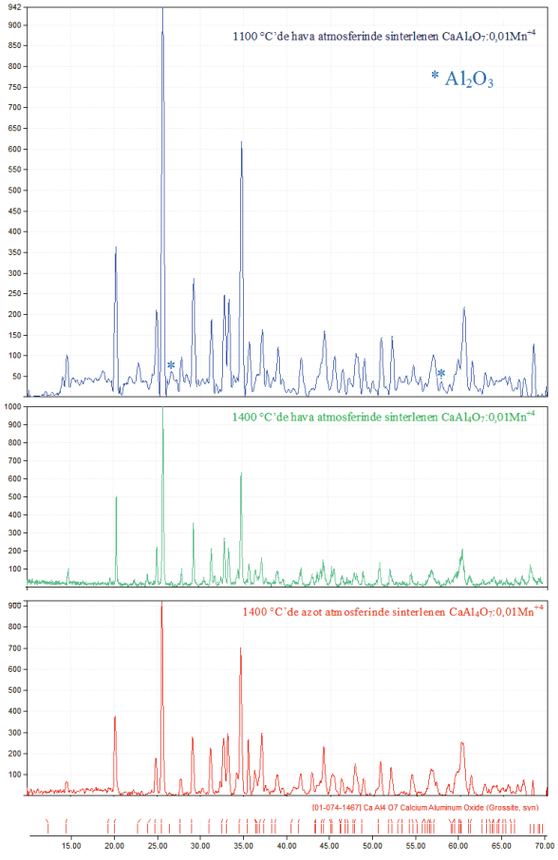


Şekil 2. 1400 °C'de **a)** hava atmosferinde **b)** azot atmosferinde sinterlenen $CaAl_4O_7$:0,001Mn^{+4}, **c)** hava atmosferinde, **d)** azot atmosferinde sinterlenen $CaAl_4O_7$:0,01Mn^{+4}, **e)** hava atmosferinde **f)** azot atmosferinde sinterlenen $CaAl_4O_7$:0,03 Mn^{+4}, **g)** hava atmosferinde, **h)** azot atmosferinde sinterlenen $CaAl_4O_7$:0,1Mn^{+4}, i) hava atmosferinde, **j)** azot atmosferinde sinterlenen $CaAl_4O_7$:0,3Mn^{+4} sistem tozlarının gün ışığı görüntüleri.

Figure 2. The day light appearences of $CaAl_4O_7$:0.001Mn^{4+} powder sintered at 1400 °C **a)** in air, **b)** under nitrogen atmosphere, **c)** $CaAl_4O_7$:0.01Mn^{4+} powder sintered at 1400 °C in air, **d)** under nitrogen atmosphere, **e)** $CaAl_4O_7$:0.03 Mn^{4+} powder sintered at 1400 °C in air, **f)** under nitrogen atmosphere, **g)** $CaAl_4O_7$:0.1Mn^{4+} powder sintered at 1400 °C in air, **h)** under nitrogen atmosphere, **i)** $CaAl_4O_7$:0.3Mn^{4+} powder sintered at 1400 °C in air, **j)** under nitrogen atmosphere.

Şekil 2'de 1400 °C'de hava atmosferinde sinterlenen $CaAl_4O_7:Mn^{+4}$ sistem tozlarının fotoğrafları incelendiğinde; 1100 °C'de sinterlenen numunelere göre daha koyu tonlarında kızıllık elde edildiği, benzer şekilde Mn^{+4} oranı arttırıldıkça rengin kahverengi tonlarına doğru bir geçişin meydana geldiği görülebilir. Azot atmosferinde sinterlenen numunelerde kızıllık daha koyu tondadır. 1100 ve 1400 °C'de hava ve azot atmosferinde sinterlenen $CaAl_4O_7:0{,}001Mn^{+4}$ tozlarında ise beyaza yakın bir renk gözlenmiştir.

$CaAl_4O_7:0{,}01Mn^{+4}$ tozuna ait XRD analizi Şekil 3'de sunulmuştur. 1100 °C'de sinterlenen numunede $CaAl_4O_7$'ün yanı sıra reaksiyona girmeyen Al_2O_3 fazına rastlanmış ve 1100 °C'nin yeterli bir sinterleme sıcaklığı olmadığı tespit edilmiştir. 1400 °C'de hem hava hem de azot atmosferinde sinterlenen tozlarda sadece $CaAl_4O_7$ fazı gözlemlenmiştir.

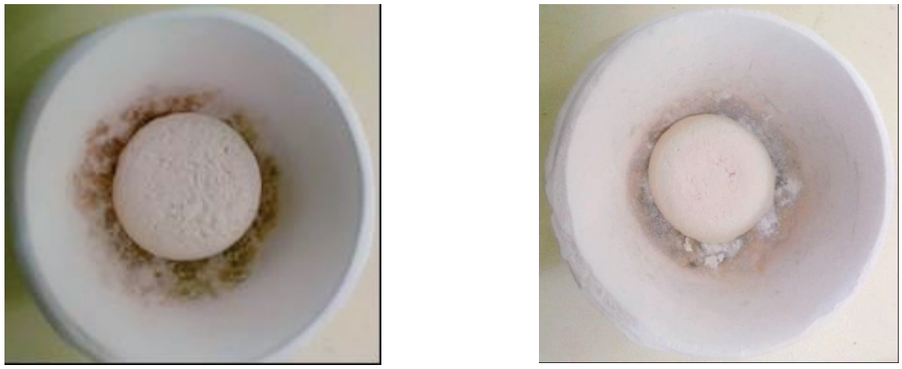


Şekil 3. a) 1100 °C'de hava atmosferinde **b)** 1400°C'de hava atmosferinde **c)** 1400°C'de azot atmosferinde sinterlenen $CaAl_4O_7:0{,}01Mn^{+4}$ sistem tozlarına ait XRD analizleri.

Figure 3. XRD analysis results of $CaAl_4O_7:0{,}01Mn^{4+}$ system powders, **a)** sintered at 1100 °C in air, **b)** sintered at 1400 °C in air and **c)** sintered at 1400 °C under nitrogen atmosphere.

Literatürde $CaAl_4O_7:Mn^{+4}$ sistemi için; Mn^{+4} iyonlarının yapıda dört yüzlü (tetrahedral) alüminyumun değil ancak altı yüzlü (oktahedral) kalsiyumun yerini aldığında sistem pigmentlerinin kırmızı lüminesans etki gösterdiği belirtilmektedir [15]. 1100 ve 1400 °C'de sinterlenen tüm tozlarda mor ötesi ışın altında bir fosfor etkisinin gözlenmemesi bu durum ile açıklanabilir. Kimyasal bileşim ve diğer ilgili parametrelerin etkilerinin araştırılmasına devam edilmektedir.

Karışımların hazırlanmasında öğütme süresinin etkisini görmek amacıyla $Ca_3WO_6:0,05Eu^{+3}$ sistem tozları 1 ve 2 saat öğütmeye tabi tutulup sonrasında 1300 °C'de hava atmosferinde sinterlenmişlerdir. Şekil 4 $Ca_3WO_6:0,05Eu^{+3}$ sistem tozlarının sürecin başında 2 saat öğütülmesinin nihai ürünün gün ışığı renginde nispeten daha doygun bir kızıllığın eldesine yol açtığını göstermektedir. Daha uzun öğütme sürelerinin etkileri araştırma aşamasındadır.

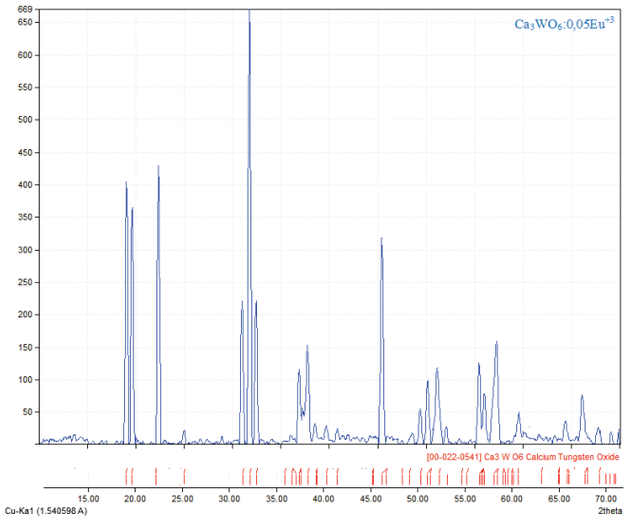


(a) **(b)**

Şekil 4. Karışım hazırlanması aşamasında **a)** 1 saat, **b)** 2 saat öğütülen ve 1300 °C'de hava atmosferinde sinterlenen $Ca_3WO_6:0,05Eu^{+3}$ sistem tozlarının gün ışığı görüntüleri.

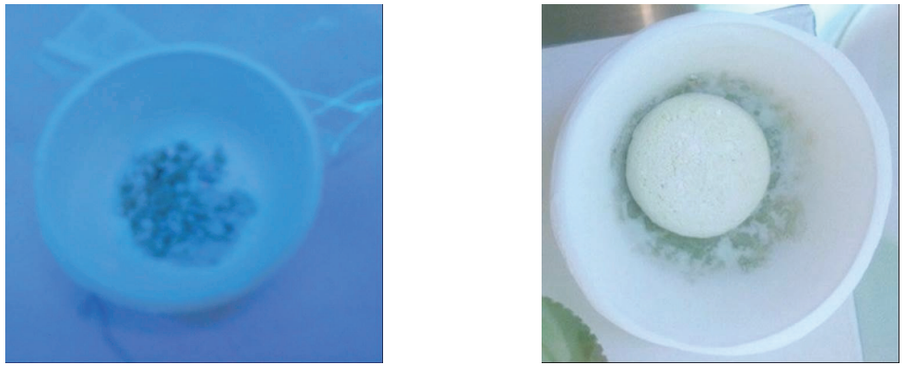
Figure 4. The day light appearences of $Ca_3WO_6:0,05Eu^{3+}$ system powdered milled **a)** for 1 hour, **b)** for 2 hours and sintered at 1300 °C in air.

$Ca_3WO_6:0,05Eu^{+3}$ tozuna ait XRD analizleri Şekil 5'de verilmiştir. 1300 °C'de hava atmosferinde sinterlenen örnekte sadece Ca_3WO_6 fazına rastlanmıştır.



Şekil 5. a) 1100 °C'de hava atmosferinde sinterlenen Ca_3WO_6:0,05Eu^{+3} sistem tozuna ait XRD analizi.

Figure 5. XRD analysis results of Ca_3WO_6:0,05Eu^{3+} system powder sintered at 1100 °C in air.



(a) **(b)**

Şekil 6. 1400 °C'de hava atmosferinde sinterlenen **a)** $CaAl_4O_7$:0,01Mn^{+4}, **b)** Ca_3WO_6:0,05Eu^{+3} tozlarının mor ötesı ışık altındaki görüntüleri.

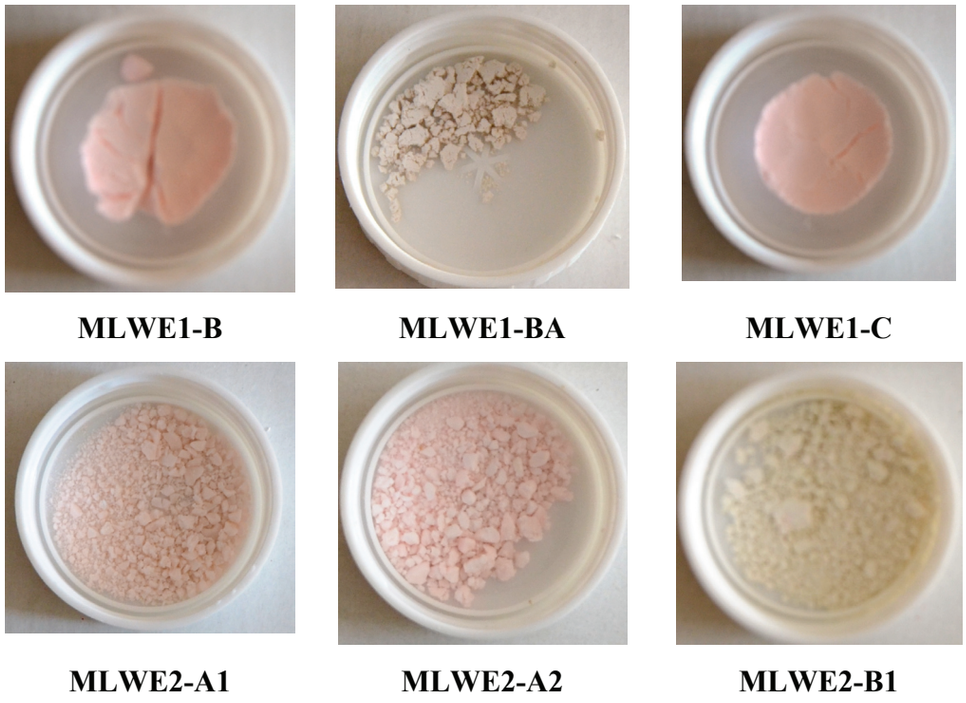
Figure 6. UV light images of **a)** $CaAl_4O_7$:0.01Mn^{4+}, **b)** Ca_3WO_6:0.05Eu^{3+} powders sintered at 1400 °C in air.

$CaAl_4O_7$:0,01Mn^{+4} ve Ca_3WO_6: Eu^{+3} tozlarının mor ötesi ışık altında incelendiğinde (Şekil 6), açık tonda bir kızıllık sergiledikleri görülmektedir. Işık altında bekleme süresi arttıkça renk yoğunlaşmaktadır. Tatminkâr bir fosforesans elde edilemediği için bu aşamada spektrofotometre ölçümleri yapılmamıştır.

Literatürde belirtildiği üzere Eu^{+3} iyonları yapıda Ca^{+2} iyonlarıyla yer değiştirerek $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ elektronik dipol geçişiyle fosfor ışımasına yol açmaktadır [10]. Araştırılan

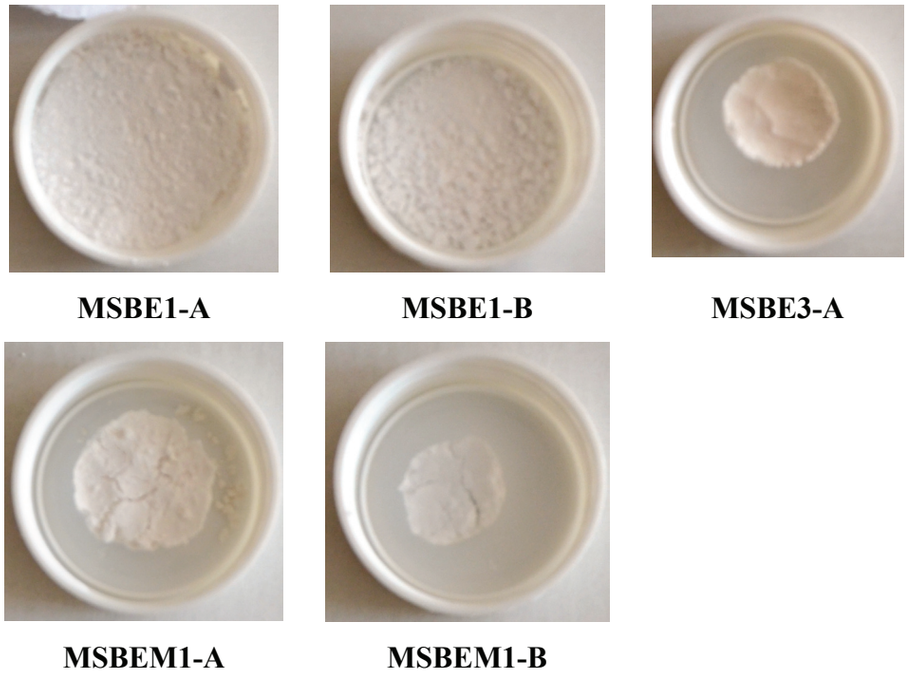
$Ca_3WO_6:Eu^{+3}$ sistem tozlarının karanlıkta fosforesans ışıma yapamamasının bahsedilen bu koşulun gerçekleşememiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

$MLa(WO_4)_4:xEu^{+3}$ sistemine ait toz karışımlarının sinterlemesi sonucu gün ışığında beyaz renk ağırlıkta olmak üzere uçuk pembe tonları elde edilmiş (Şekil 7) ancak karanlık ortamda her hangi bir fosforesans ışıma tespit edilememiştir. Morötesi ışık altındaki gözlemlerde beyaz renkli tozların pembeleştiği ve bir miktar fosfor etkisine rastlandığı, pembemsi renkli toz karışımlarında ise pembelik şiddetinin arttığı görülmektedir.



Şekil 7. $MLa(WO_4)_4:x\ Eu^{+3}$ sistem sinterlenmiş tozlarının gün ışığında çekilen fotoğrafları.
Figure 7. The photographs of $MLa(WO_4)_4:x\ Eu^{3+}$ system sintered powder samples in day light.

$MSrBO_3:xEu^{+3}$ ve $MSrBO_3:xEu^{+3},xM$ sisteminde hazırlanıp sinterlenen toz karışımlarında beyaz ve uçuk sarı tonları elde edilmiş fakat karanlık ortamda herhangi bir yayınım görülmemiştir. Şekil 8'de örneklerin gün ışığındaki fotoğraf çekimleri verilmektedir.



Şekil 8. $MSrBO_3:xEu^{+3}$ ve $MSrBO_3:xEu^{+3}$, xM sistem sinter tozlarının gün ışında çekilen fotoğrafları.
Figure 8. The photographs of $MSrBO_3:xEu^{3+}$ and $MSrBO_3:xEu^{3+}$, xM systems sintered powder samples in day light.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışma sonunda, süreç koşulları altında üzerinde çalışılan $CaAl_4O_7:Mn^{+4}$ ve $Ca_3WO_6:Eu^{+3}$ sistem tozlarının gün ışığı ve UV ışık uyarımıyla kırmızı renk tonlarını verdikleri ancak karanlık ortamda tatminkâr bir kırmızı fosforesans ışıma kapasitesi sergileyemedikleri tespit edilmiştir. $CaAl_4O_7:Mn^{+4}$ tozları için 1400 °C'nin sinterleme için yüksek 1100 °C ise yetersiz bir sıcaklık değeri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, $CaAl_4O_7:Mn^{+4}$ sistem tozlarının azot atmosferinde sinterlenmesi ile elde edilen ürünlerde kırmızı renk şiddeti daha fazladır. $Ca_3WO_6:Eu^{+3}$ sistemleri için 2 saat öğütmede elde edilen kırmızı renk şiddetinin yoğun olduğu belirlenmiştir.

$MLa(WO_4)_4:xEu^{+3}$ sisteminde x=0,8 ve 1 mol için karanlık ortam veya gün ışığındaki renk etkileşimlerinde her hangi bir farklılık gözlenmemiş olup fosfor etkisinin meydana gelmemesinin sinterleme sıcaklık ve süreleriyle ilişkili olduğu düşünülmüştür. Bu grup tozlarında tungstenat sabit tutulurken ergitici olarak katılan

Na_2CO_3 ve Li_2CO_3'ın fosforesans üzerindeki etkilerine dair çalışmalar devam etmektedir.

$MSrBO_3:xEu^{+3}$ ve $MSrBO_3:xEu^{+3}$, xM sistemleriyle gerçekleştirilen çalışmalarda sinterlenmiş toz karışımları gün ışığında genelde beyaz renk sergilemekte ancak karanlık ortamda herhangi bir fosforesans yayınım verememektedirler. Öte yandan morötesi ışık altında düşük şiddette de olsa bir pembelik elde edilmiştir. Sinterlenmiş toz karışımlarının ergitici oranlarının düşük olduğu, bunu arttırmak amacıyla daha fazla borat miktarının gerektiği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Gerçekleştirilen çalışmalarda sağlamış oldukları destekten dolayı öncelikle Anadolu Üniversitesi'ne, daha sonra sırasıyla TÜBİTAK, KOSGEB, T. C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Söğüt Seramik A.Ş. ve Eczacıbaşı A.Ş.'ne ve Remzi Dağ'a teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKÇA

[1] Clabau, F., Rocquefelte, X., Jobic, S., Deniard, P., Whangbo, M.-H., Garcia, A. and Le Mercier, T., 'Mechanism of Phosphorescence Appropriate for the Long-Lasting Phosphors Eu^{2+}-Doped $SrAl_2O_4$ with Codopants Dy^{3+} and B^{3+}', *Chem. Mater.*, 17, 3904-3912, 2005.

[2] Yen, M., W., Shionoya, S., Yamamoto, H., 'Fundamentals of Phosphors', *CRC Pres*, *Taylor & Francis Group*, 2007.

[3] Hase, T., Omotoi, S. and Ouchi, T., *United States Patent* No: 898424, 1997.

[4] Fu, J., Ochi, Y. and Uehara, S., 'Long-Lasting Phosphorescent Glasses and Glass-Ceramics', *United States Patent*, US 6.287.993 B1, 2001.

[5] Sho, A., Kazuyoshi, U., Kenji, T. and Mineo S., 'Luminescent Properties of Red Long Persistence Phosphors $BaMg_2Si_2O_7:Eu^{2+}$, Mn^{2+}', *Journal of Alloys and Compounds*, 408-412, 2006.

[6] Chai, Y., Zhang, P. and Zheng, Z., 'Eu^{2+} and Dy^{3+} Co-Doped $Sr_3Al_2O_6$ Red Long-Afterglow Phosphors with New Flower-Like Morphology', *Physica B.,* 403, 2008.

[7] Zhang, Y., Pang, R., Li, C., Zang, C., Su, Q., 'Reddish Orange Long Lasting Phosphorescence of Sm^{3+} in $Sr_2ZnSi_2O_7:Sm^{3+}$ Phosphors', *Journal of Rare Earths,* Vol. 28, No. 5, p. 705, 2010.

[8] Li, P.,-L., Wang, Z.,-J., Yang, Z.,-P., Guo, Q.,-L., 'Luminescent Characteristics of $LiSrBO_3$: Eu^{3+} Phosphor for White Light Emitting Diode', *Chin Phys. Lett.,* 26, 4, 047801, 2009.

[9] Park, J., Kim, G., Kim, Y. J., 'Luminescent Properties of $CaAl_4O_7$ Powders Doped with Mn^{4+} Ions', *Ceramics International*, Vol. 39, 623-626, 2013.

[10] Zhang, S., Hu, Y., Chen, L., Wang, X., Ju, G., Fan, Y., 'Photoluminescence Properties of $Ca_3WO_6:Eu^{3+}$ Red Phosphor', *J. of Lumin.*, 142, 116-121, 2013.

[11] Huang, D., Zhou, Y., Xu, W., Yang, Z., Hong, M., Yu, J., 'Synthesis and Luminescent Properties of Na_5La_{1-x} $Eu_x(WO_4)_4$ Red Phosphors', *J. of Lumin.*, 132, 2788-2793, 2012.

[12] Wang, Z., Zhang, Y., Xiong, L., Li, X., Guo, J., Gong, M., 'A Potential Red Emitting Phosphor with High Color-Purity for Near-UV Light Emitting Diodes',*Current Applied Physics,* 12, 1084-1087, 2012.

[13] Li, L., Liu, L., Zi, W., Yu, H., Gan, S., Ji, G., Zou, H., Xu, X., 'Synthesis and Luminescent Properties of High Brightness $MLa(WO_4)_2$: Eu^{3+} (M= Li, Na, K) and $NaRE(WO_4)_2$: Eu^{3+} (RE= Gd, Y, Lu) Red Phosphors' *J. of Lumin.*, 143, 14-20, 2013.

[14] Karasu, B., Aksoy, T.,'Kırmızı Fosforesans Işıldama Sergileyen Pigmentler (I)', *ESO Dergi*, Eskişehir Sanayi Odası (ESO), Yıl 3, Sayı 6, 82-86, 2014.

[15] Pengfei, Li, Mingying, Peng, Xuewen, Yin, Zhijun, Ma, Guoping, Dong, Qinyuan Zhang, Jianrong Qiu, 'Temperature Dependent Red Luminescence from a Distorted Mn^{4+} Site in $CaAl_4O_7:Mn^{4+}$', Vol. 21. No. 16, 2013.

YENİ SANATSAL YAKLAŞIMLAR İÇİNDE PİŞMİŞ TOPRAK; TUĞLA

TERRACOTTA WITHIN NEW ARTISTIC APPROACHES; BRICK

Yrd. Doç. Aygün DİNÇER KIRCA

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi,
Seramik ve Cam Tasarımı Bölümü,
İstanbul / TÜRKİYE

ÖZET

Tuğla, insanoğlu tarafından çok eski çağlardan beri bilinen ve kullanılan bir yapı malzemesidir. Tuğlanın basitliği içinde kullanıcıya sunduğu avantajlar, onu her çağın vazgeçilmez yapı malzemesi haline getirmiştir. Bu avantajlarını estetik uygulamalarda da koruyan tuğla, tarih boyunca mimari süsleme ve dekorasyonda kullanılan anahtar birim olmuştur. 1980'lerden sonra tuğla endüstrisinin gelişimi ve sanat dünyasındaki değişimlerle bu çevrelerde önemi artmış, daha sonra çamur, pişmiş bloklar ve farklı modüller halinde seramik ve heykel gibi sanat dallarında daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.[1] Ancak, mimari eleman olarak kullanılması ve estetik değerinin (kamusal alanda sanat eseri ya da kent mobilyası olarak kullanılmasının) yanı sıra siyasi ve sosyal yaşam içinde de bir simge durumuna gelmiş olması da gözden kaçırılmamalıdır. Bu çalışma, tuğla malzemenin farklı bakış açıları ile yeniden yorumlarını, bu simgelere vurgu yapan sanatçı eserleriyle örnekleyip, sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Tuğla, siyasi, sosyal, sanat eseri, pişmiş toprak.

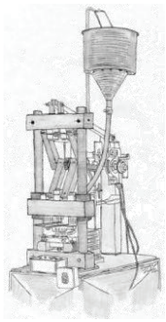
ABSTRACT

Brick has been the basic structural element that is known and being used by man since very old times. The advantages that brick offers to the user, makes it an unignorable construction material in all ages. Conservating these advantages also for aesthetic applications, brick has been the key unit used in architectural ornament and decoration. After 1980's, brick has gained more importance with the developments in industry and changes in artistic environment and was started to be used much more widely in art diciplines such as sculpture and ceramics as brick clay, fired blocks or different modules. [1] On the other hand, it should be born in mind brick has become a symbol within social and political life besides its function as an architectural element and esthetical value (art work or city-ware in public places). This study, aims at presenting the reinterpretation of brick materiel from different perspectives via examples from artists who emphasise these symbols.

Keywords: Brick, politic, social, art object, ceramics.

1. GİRİŞ

Tarih boyunca insan doğasındaki estetik anlayışının gelişmesiyle insanoğlunun tüm yaşamında yaygın olarak yer almaya başlayan sanat, zaman ilerledikçe bir ihtiyaca dönüşmüş; dinsel veya aristokrat çevreden sıyrılarak seviye ve sınıftan bağımsız, "toplumsal" bir nitelik kazanmıştır. Bu noktada insanlar yaşadıkları iç ve dış mekânlarda her zaman gördükleri tuğlanın mimari estetiğinin ötesinde plastik sanatlarda da bu avantajları sergileyebileceğini görmüşlerdir. Tek başına küçük bir birim iken, modülerlik olanaklarından faydalanılarak dev yapıların oluşturulabildiği bu nesne, ayrıca antik medeniyetlerden günümüze kadar geçen süreçte insan yaşamındaki siyasi ve sosyal gelişmelere de tanıklık etmiştir. Sosyal yaşamı derinden etkileyen endüstri devrimi sonrasında buhar gücüyle çalışan ilk makinenin, seramik üretiminde "tuğla üretim makinesi" olarak kullanılmaya başladığı bilinmektedir.



Şekil 1 Minyatür tuğla yapım makinesi, Thomas Newcomen, Staffordshire, 1719. [2]

Figure 1 Miniature brick making machine, Thomas Newcomen, Staffordshire, 1719.

Günümüzde fabrika tuğlaları (TS 705) üretim yönetimlerine göre "sinterleşmemiş tuğlalar" ve "klinker tuğlaları" olarak ikiye ayrılır:

1. Sinterleşmemiş tuğlalar, camlaşma ve su geçirmezliğin sağlanacağı sıcaklığa ulaşmamış tuğlalardır. Bu tuğlalarda pişme adımı tamamlanmamış olacağı için dayanım değerleri düşüktür, dolayısıyla yapıda "taşıyıcı" olmaktan çok "bölme" işlevini yerine getiren duvarlarda kullanılırlar.

2. Klinker tuğlalar, sinterleşmeye kadar pişirilmiş, birim ağırlığı, basınç dayanımı yüksek ve dona dayanıklı fabrika tuğlalarıdır. Açık alanlarda bu özelliklerinden dolayı klinker tuğlaların kullanımı tercih edilir.

Tuğlaların "peteksi" yapıda olması duvar örülmesinde harca iyi yapışmasını sağladığı gibi, iyi bir ısı tutucu olmasına da yarar. Tuğlanın ısı tutuculuğu; delikli yapılması, deliklerin şaşırtmalı düzenlenmesi ya da tuğla hamuruna, testere talaşı, polistren v.b. gibi pişme sırasında yanarak boşluk bırakan maddeler katılmasıyla önemli ölçüde arttırılabilir. Bunun yanı sıra, tuğlaların boşluklu üretimi hafifliği nedeniyle taşımada da kolaylık sağlar. [3]

Dolu ve düşey delikli tuğlalar yük taşıyan kesitlerinin fazla oluşu nedeniyle "yığma" yapılarda; yatay delikli olanlarsa, hafiflikleri nedeniyle daha çok "betonarme" yapılarda kullanılabilir.

Ateşe dayanıklı tuğlalar (refrakter) yanma odalarını ya da yüksek sıcaklıklı fırınların çeperlerini donatmada kullanılır.

Kaplama tuğlaları, binaların cephelerine estetik bir görünüm kazandırmaya yöneliktirler.

Tuğlanın teknik özelliklerine ait bu bilgiler, yapı elemanı olarak kullanılmasına yönelik üretildiğinin verileridir. Ancak farklı özelliklere sahip bu

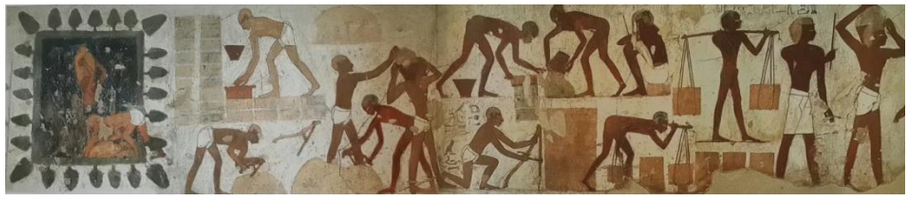
tuğla çeşitleri sanatçıların kendilerine özgü yorumları ile bambaşka özellikler kazanmışlardır.

Tuğlaların bir araya gelmesi ile duvar, duvarların birleşmesi ile mekân algısı ortaya çıkar. Bu süreci daha yakından inceleyebilmek için öncelikle tuğla, *tuğla-mekân* ilişkisi tarihsel süreç içerisinde incelenecektir. Bir sonraki bölümde, siyasi, sosyal hayat içinde *tuğla-kavram* ilişkisi ve bu ilişkinin çağdaş seramik sanatındaki yansımaları değerlendirilecektir.

2. TARİHSEL SÜREÇTE TUĞLA-MEKÂN İLİŞKİSİ

İnsanların barınma ihtiyacını karşılamak amacıyla toprağı (kili) şekillendirerek icat ettikleri ve geliştirdikleri tuğla, hammaddesinin kolay bulunabilirliği, imalatındaki basitlik, modüler niteliğinin kazandırdığı çok amaçlı kullanım avantajı, doğal estetiği ile en temel ve vazgeçilmez yapı elemanı haline gelmiştir. [4]

M.Ö. 5. binyılda, özellikle Irak'ın güneyinde, gittikçe yükselen yapılarıyla çoğu törensel amaçlı büyük inşaatlar yapılmaktaydı. Daha sonraki 3 000 yılda tuğla yapımı "kitleleri meşgul eden" [5] önemli bir kentsel iş kaynağı haline gelmiştir. Daha sonraları ise tuğlalar, çok daha dayanıklı bir yapı birimi üretmek üzere pişirildi.



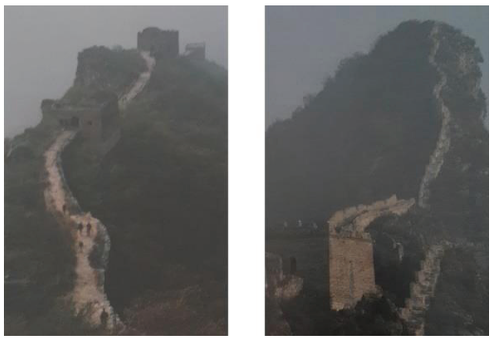
Şekil 2 Vezir Rekh-mi-Re'nin Mezarı, Mısır M.Ö. 1450**[6]**

Figure 2. Tomb of Rekh-mi-Re, vizier (BC 1450), Egypt.

1922'de arkeologlar Harappa Medeniyeti'nin İndus Vadisi (MÖ.2500-1700)'nin Pakistan kısmında yer alan geniş alüvyon ovasında yer alan 4 500 yıllık şehri Mohenjo-daro'nun büyük bir alan üzerine yayılmış kalıntılarını keşfettiler. Şehrin inşaası bazıları bugün bile ayakta olan, ilkel fırınlarda pişirilmiş milyonlarca pişmiş tuğladan yapılmıştı.

"Tuğla kullanımı Asya'da mimetik (hikaye içeren) bir yol izlemiştir. Örneğin Budizm, Hint mimarisini diğer kültürlere taşımıştır. Çin'de tuğla ilk kez savunma amacıyla yapılan duvarlarda kullanılmıştır. Budizm'e göre; evrenin mimari bir

anlatımı olan ilk tuğla pagodalar, Tang Hanedanı zamanında (MS 618-906) ortaya çıktı.”



Şekil 3 Çin Seddi, Ming Dönemi(1368-1644).

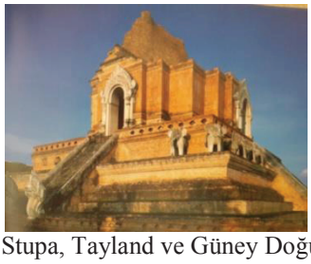
Figure 3 The Great Wall of China, Ming Period (1368-1644).

İnsan eliyle yapılmış nadir yapılardan olan 2226 senelik binlerce kilometre uzunluğundaki Çin Seddi, iki tuğla duvar arasına toprak ve taş doldurularak inşa edilmiştir. Moğol saldırılarından korunma amaçlı yapıldığı düşünülen yapının inşasına M.Ö. 7. ve 6. yy. larda başlandığı bilinmektedir. Çin uygarlığı daha sonraki çağlarda da mimaride tuğla kullanımı örnekleriyle doludur. Örneğin yapımı M. S. 1421’de tamamlanan “Yasak Kent”te toplam 3,1 milyar tuğla kullanıldığı bildirilmektedir. [7]

Yapı amaçlı kullanımlarına baktığımızda mozole, katedral, pagoda, cami ve tapınak gibi dini yapılarda, Babil Kulesinden Çin Seddi’ne kadar özellikle görkemli binalarda kullanıldığını gözlemleyebiliriz. Mekân ve tuğla kullanımları arasında biçim, konu ve çeşit paralelliği bulunmaktadır. Örneğin Babil sarayının Taht odasının duvarlarında aslan rölyefleri kraliyeti ve gücü temsilen kullanılmıştır. Darius Sarayında ise 12 okçu ile kralın korumalarını betimleyen bir rölyef bulunmaktadır. Mısır Piramitlerindeki semboller de yine dikkat çekici özellikte imgeler içermektedir.

Çizelge 1 Tuğla'nın Antik Uygarlıklardan Modern Dünyaya yapılarda kullanımı.

Table 1. Using brick from Ancient Civilizations to Modern World.

ANTİK UYGARLIKLAR **M.Ö. 10.000-500**			
	Babil Sarayının Taht Odasının Duvar rölyefi.	Susa'daki Darius Sarayı'nda Kral'ın korumalarını betimleyen rölyef	
Mısır Piramitleri ve üzerinde sembolik imgelerin bulunduğu tuğla ayrıntısı.	Uruk'ta Karaindash Tapınağı'ndan tuğla örneği.	Mezopotamya Susa'daki Darius Sarayı'ndan Rölyef örneği.	
KLASİK DÖNEM **M.Ö.500-M.S.1000**			
	Roma tuğlası, Britanya. Tubuli ve tegula tipi tuğla örnekleri.	Roma Tuğlası, mühür örnekleri.	Saminids'in Mezarı.
ORTAÇAĞ DÖNEMİ **1000-1450**			
	"Bannal" tekniği, AkSaray, İran.	Pagan Tapınağı, Burma.	
			
Stupa, Tayland ve Güney Doğu Asya.	Pagoda Örneği, Çin.	Oljeitu Mozelesi, Kuzey İran.	

3. SİYASİ VE SOSYAL YAŞAMDA TUĞLA-SANAT ESERİ İLİŞKİSİ

3.1. Kavramsal Nesne; Tuğla

Tarihsel süreç içinde incelenen tuğlanın taşıyıcı bir yapı elemanı olmanın ötesinde geçmişle aramızda köprü kuran bilgiler aktardığı görülmektedir. Siyasi ve sosyal yaşama ilişkin sembolleri de üzerinde taşıyan bu tarihi eleman, seramik bir malzeme olmanın ötesinde sanatın diğer disiplinlerinin de konusu olmuştur. Bir tuğla biriminin bir bireyi temsil ettiği, müzik alanında Pink Floyd'un, 1979 yılının son aylarında çıkmış, 23 defa platin plak ödülü almış kavramsal rock albümü The Wall (Duvar), Pink adında, sanal bir karakter üzerinden, giderek yalnızlaşan, yabancılaşan insanın korkuları ile kendi çevresine ördüğü soyut duvarı anlatır. Bu konu 1982 yılında Alan Parker yönetmenliğinde sinemaya da aktarılmıştır. [8]

(a) (b)

Şekil 4 Lisa Kristine, **(a)** Tuğla yapımcısı ayakları, Hindistan, **(b)** "Cehennem".

Figure 4 Lisa Kristine, **(a)** Brick makers feet, India. **(b)** "Inferno".

Fotoğraf sanatçılarının bazıları tuğlayı estetik açıdan ele alırken, kimisi de tuğlanın yapım sürecinde çalışan işçileri "modern dünyanın köleleri" olarak objektifine konu edinmiştir. Lisa Kristine, tuğla yapımında çalışan işçileri görüntüleyip, poster haline dönüştürdüğü çalışmalarının satışından elde ettiği gelirin %10-30' unu kölelik karşıtı bir organizasyona aktarmaktadır. Cehennem adlı çalışmada tuğla işçileri Nepal'de (32^{o}C) sıcaklıkta, Hindistan'da ise (49 ^{o}C) sıcaklıkta çalışmaktadır. Her bir tuğla ise yaklaşık ~2 kg. ağırlığındadır. [9]

(a) (b)

Şekil 5 Tulika Ladsariya**, (a)** "Zarif Taşıyıcı", yapay tuğla panel.üzerine karışık teknik.

Figure 5 Tulika Ladsariya**,** (a) "Graceful Burden", mixed media on faux brick panel.

Hindistan asıllı sanatçı ressam ve heykeltıraş Tulika Ladsariya, işçiliğin ve edebiyatın dinamiklerini tuvaline yansıtmak için resimlerini tuğla ile bütünleştirerek, "hepimizin bireyliğine ve tekliğine vurgu yapmakla birlikte aslında duvarda yalnızca birer tuğla olduğumuzu" ifade eder. [10] Daha birçok sanatçı tuğlayı kendine sanatsal ifade aracı olarak seçmiştir. Bu da seramik bir nesne olan tuğlanın disiplinler arası kavramsal anlatımda kendine yer bulduğunun göstergesidir.

3.2. Çağdaş Seramik Sanatında; Tuğla

Tuğlayı sanatçılar için cazip hale getiren birçok özelliği vardır. Bunlardan biri tarihsel verileri günümüze taşıyabilmesidir. Genelde anıtsal tuğla heykelleri ile tanınan seramik sanatçısı Ulla Viotti, pek çok kamu kuruluşundaki anıtsal çalışmalarının arasında, tuğla romanlarını yaratmıştır ve birçoğunun üzerine pişirilmeden önce bir cümle kazımıştır. Sanatçının edebiyatla bağlantısı çok açıktır. Geçmişimiz hakkındaki bilgileri kitaplardan öğreniriz, arkeolojik buluntular, gelişmenin devamlı ilerlemesi için de her şeyin nasıl hızla değiştiğini bize gösterir" [11] demektedir. Kuzey Carolina'da bulunan bir parkta dev bir kitaba tırmanan üç çocuk figürünün yer aldığı tuğla heykelde de bu özelliği göze çarpmaktadır.

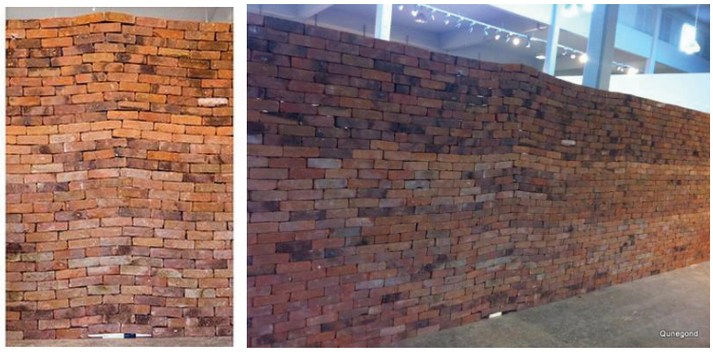
(a) (b)

Şekil 6 (a) Ulla Viotti, "Staffanstorps Konsthall", İsveç, 1997 **(b)** Tuğla Heykel, Kuzey Carolina.

Figure 6 (a) Ulla Viotti, "Staffanstorps Konsthall", Sweeden, 1997 **(b)** Brick Statue, NC. [12]

Jorge Méndez Blake'in yapıtlarına, sanatını biçimlendiren iki ilgi alanı arasındaki gerilim damgasını vuruyor: mimari ve edebiyat. Sanatçının birçok enstalasyonunda karşımıza inşa etmeye yönelik bir ihtiyaca –hatta bir dürtüye– işaret eden yapılar çıkıyor. İlk bakışta sağlam gibi görünseler de, sanatçının yapıtlarındaki tuğla duvar veya bariyerlerin temeli veya bağlayıcı bileşeni yok, bu da görünürde kalıcı olanın geçiciliğine dair mecazlar üreten bir durum yaratıyor. İçkin bir kırılganlığı gizleyen bu yapıların temelinde, her zaman dengeleyici ve denge bozucu etmenlerin çifte rolünü üstlenen bir veya daha fazla sayıda kitap yer alıyor. Kitaplar yapıtın içinde aynı zamanda mimari ve edebiyat arasında dolambaçlı bir bağlantı da kuruyor: Edebiyat (ve kitaplar) sadece fiziksel bir mekân olarak değil, farklı ve birbirinden uzak dünyalar arasında sanal bağlantılar kurulmasını mümkün kılan bir mekân olarak da kütüphaneye göndermede bulunuyor.

Şato [El Castillo] (2007) adlı yapıtında Méndez Blake, Franz Kafka'nın 1922 tarihli aynı adlı romanını, bir odayı bir uçtan diğerine kesen tuğla bir setin en altına yerleştirerek, duvarın bünyesine bir yapısal zaaf unsuru zerk ediyor. [13]

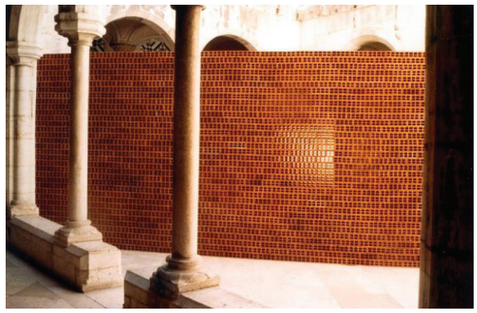


Şekil 7 Jose Men dez Blake, "Şato", 2013 , 13. İstanbul Bienali.

Figure 7 Jose Men dez Blake, "Chateau", 2013 , The 13th. Istanbul Biennial.

Jacques Kaufmann tuğlanın dünya çapında kültürler arası bir malzeme olduğunu vurgular. "...Görsel olarak tuğla bir cismi algılamamızı değiştirebilir; harçla birleştirildiğinde bir katılık (sertlik) hissi, üst üste konulduğu zaman da bir kırılganlık (zayıflık) hissi, bir yapı elemanı olarak — bir birim olarak — yabancılaşma, koruma, dayanıklılık ve kırılganlık hissi verir" .

Burada sanatçı, tuğlaların yapı elemanı olarak bir araya geldiklerinde oluşturdukları bütünün anlamının, insan algısına göre nasıl değişebileceğini ifade etmiştir. Örneğin; bir sarayın yüksek duvarları her ne kadar içeridekileri dışarıdakilerden koruma hissi uyandırsa da, aynı zamanda içeridekileri dışarıdakilerden ayırarak bir yabancılaşma hissi de uyandırabilir. "Duvar" kavramının içerdiği sertliğin yanında üst üste yerleştirilmiş tuğlalardan bir "yığının" verdiği bozulabilirlik hissi, tuğla bütününün çoklu algılanmasına örnektir. [14]



Şekil 8 Jaques Kaufmann, tuğla enstalasyon çalışması, Azulejos Müzesi, Lizbon, Portekiz 1998 (Sanatçının arşivinden).

Figure 8 Jaques Kaufmann, ,installation of brickwork, Musée Azulejos, Lisbon, Portuqal, 1998 (From archive of artist).

Bir diğer seramik sanatçısı Burcu Öztürk Karabey ise, daha önceki çalışmalarımda; göçebelik, göçebe ruhlu olma, göçebeliğin yaşandığı pastoral yaşam, doğanın bir parçası olma, doğaya saygılı olma gibi kavramlarından yola çıkarak mekân kavramını sorgulayan çalışmalar yapmıştır. Tuğlaya yaklaşımı, yaşadığımız kentler, kent yaşamı, betonarme binaların unutturduğu tuğla yapılar, eski tuğlaların dokuları, yuva, ev kavramı ve dört duvar içerisinde yaşanan yaşantılar, sevinçler, hüzünler, mutluluklar yani "yaşancalar" üzerinden şekillenmiş ve tuğlalardan oluşturduğu kendi çalışmalarını "İzler" olarak isimlendirmiştir. Tuğlalar üzerinde ki yaşanmışlık duygusunu yansıtmak için Raku Pişiriminin artistik efektlerini kullanan sanatçı, kent yaşamı içerisinde yaşanan sürekli devinim ve değişimi göz önüne sermektedir. [15]

(a) (b)

Şekil 9 Burcu Öztürk Karabey, **(a)** Zagreb'ten bir duvar (Fotoğraf: Burcu Öztürk Karabey)
(b) "İzler 2" (Sanatçının Arşivinden)

Figure 9 Burcu Öztürk Karabey, **(a)** A wall from Zagreb. . (Photograph: Burcu Öztürk Karabey)
(b) "Traces 2" .(From archive of artist).

"Hod Leaners" Danimarka Uluslararası Seramik Araştırma Merkezi'nin duvarında bulunan bir heykeldir. Seramik sanatçısı Richard Launders'ın projesi göçmen istatistikleri ile ilgilidir: Danimarka'da temsil edilen birçok ülke, bu ülkeye gelen göçmenler, aitlik, yurtsuzluk.. hepsi birer renk ile temsil edilmiştir. Örneğin; kırmızı, yurtsuzluk gibi.. [16]

Şekil 10 Richard Launder, "Kimin kime ihtiyacı var?" (Hod Leaners)", 2003.
(Fotoğraf: Aygün Dinçer Kırca)

Figure 10 Richard Launder, "Who needs who? (Hod Leaners)", 2003.
(Photograph: Aygün Dinçer Kırca)

Robert Arneson, seramikçi ve sanatçı olarak sanat ve zanaat arasındaki yapay sınırları göstermek için bir sembol olarak tuğlayı mükerrer defalar kullanmıştır. Batı uygarlığının temellerinin bir sembolü olarak da tuğla malzemeden yararlanmıştır. Sanatçının en ünlü eserlerinden biri, "Batı Medeniyeti'nin Parçaları" (1972), kültürel ve tarihsel bir sahnenin sergilendiği, tuğla parçaları yığınından oluşan bir heykel olarak sunulmuştur.

Şekil 11 Robert Arneson, "Batı Medeniyeti'nin Parçaları", 1972.
Figure 11 Robert Arneson, "Fragment of Western Civilization", 1972.

Alman sanatçı Klaus Schultze, 1969 yılından beri yaptığı tuğla heykellerinde Mısır ve Mezopotamya'daki antik kültürlerin heykellerinde bulunan temel ve bozulmamış basitliği yeniden yaratmayı amaç edinir. Bu nedenle yaptığı figürler küçük kafalı, çok geniş kolları ile orantısız vücut ölçüleri olan tanrı ve tanrıçalara benzer. [17]

Şekil 12 Klaus Shultze, "Kutsal El" yarı-sırlı tuğla heykel, Fransa, 1975[18]
Figure 12 Klaus Shultze, "The Divine Hand" half glazed brick sculpture, France, 1975.

Danimarka Skælskør'daki heykel parkında yer alan ikinci büyük heykel Amerikalı sanatçı Robert Harrison'a aittir. "Skælskør Yığını" adını verdiği çalışma iki endüstri ürünü seramik nesnenin asamlaj heykelinden oluşmaktadır. Bu heykel endüstri ve sanatı birbiriyle örtüştürmektedir. [19]

Şekil 13 Robert Harrison, "Skælskør Yığını", 2003, Uluslararası Seramik Sanat Müzesi, Danimarka. (Fotoğraf: Aygün Dinçer Kırca)

Figure 13 Robert Harrison, "Skaelskor Stack" Museum of International Ceramic Art, Guldagergaard, Skaelskor, Denmark; 2003. (Photograph: Aygün Dinçer Kırca)

Bazı şehirler seramik kenti olarak anılır. Bunlardan biri de Hollanda'da bulunan Delft şehridir. Seramik sanatçısı Christina Linaris Coridou, 2011 baharında Delf'teki bir seramik galerisi olan Galeri Terra'nın 25. Yıldönümü dolayısıyla bir çalışma tasarladı. 300 seramik kaldırım taşı üzerinde yedi farklı dilde yazılmış "Terra" kelimesinin yer aldığı bant, şehir merkezinde geleneksel mavi-beyaz renkte seramik döşeme taşları ile bir rota, bir iz olarak yer aldı. [20] Ertesi yıl bu bant genişletilmiş şehir merkezinden Royal Delft'te uzanan bir kolidor oluşturmuştur. [21] Şekil 14 (b)'de verilen fotoğrafta bu taşların "kutsal hatıra" olarak sergilenmesi yer almaktadır. Kaldırım taşı yerine yerleştirilen bu sırlı seramik tuğlalar kültürel birer simge olarak kullanılmışlardır.

(a) (b)

Şekil 14 Christina Linaris Coridou, **(a)** Delft, Hollanda,2013 (Fotoğraf: Aygün Dinçer Kırca) **(b)** Galeri Terra.

Figure 14 Christina Linaris Coridou, **(a)** Delft, Netherlands. (Photograph: Aygün Dinçer Kırca) **(b)** Gallery Terra.

Türkiye'de ise tuğlanın anlamı eğitimin yapı taşı olarak bir simge olmuştur. İlkokul öğretmeni yetiştirmek üzere 17 Nisan 1940 tarihli ve 3803 sayılı yasa ile Köy Enstitüleri adı verilen okullar açılmıştır. Tamamen Türkiye'ye özgü olan bu eğitim projesini 28 Aralık 1938 tarihinde milli eğitim bakanı olan Hasan Âli Yücel bizzat yönetmiştir. [22] 2014'te Bükreş'te yapılacak olan eğitimde "Trans-form" kavramı ile gerçekleştirilen sergi için hazırlanan "Nar gibi kızarmış Dört Tuğla" adlı çalışmada; Mustafa Kemal Atatürk, Hasan Âli Yücel, İsmail Hakkı Tonguç ve Cahit Orhan Tütengil gibi aydınların Köy Enstitülerinin kurulma amaçlarını dile getiren sözlerinin yer aldığı el yapımı tuğlalar kullanılmıştır. "Zayiat" adlı çalışmada ise; biri kaba seramik, diğeri porselen iki endüstri ürünü seramik nesne bir arada kullanılmış, tuğlanın sinterleşme derecesinin üzerine çıkartılarak tarihi buluntulara gönderme yapılmıştır.

(a) (b)

Şekil 15 Aygün Dinçer Kırca, **(a)** Nar gibi kızarmış Dört Tuğla, 2014(Fotoğraf: Aygün Dinçer Kırca). **(b)** Zayiat, 2013 (Fotoğraf: Derya Kılıç)

Figure 15 Aygün Dinçer Kırca (a) Four Red Hot Bricks, 2014(Photograph: Aygün Dinçer Kırca). **(b)** Casualties, 2013 (Photo Derya Kılıç)

1995 yılında Amerika'da genç siyahi bir kolej öğrencisinin otobüs durağında beklerken silahla öldürülmesine tanıklık eden seramik sanatçısı Keith W. Smith, "Gunpoint" adlı projesi ile toplumsal bir bilinç oluşturma ve hükümetin toplum politikalarında bir farkındalık yaratmayı amaçlamaktadır. Kırık tuğlalar gettoları (varoş) temsil etmektedir. Karşılıklı birbirine silah tutan figürler ise, diğer elleriyle bir yandan kendi boğazlarını sıkarak insanlıklarını öldürmektedirler. [23]

Şekil 16 Keith W. Smith, "Namlu", 1999 (Fotoğraf: Allen Cheuvrant).
Figure16 Keith W. Smith, "Gunpoint", 1999 (Photograph: Allen Cheuvrant).

Seramik sanatçısı Elif Aydoğdu Ağatekin'in "Şehitler Ölür" adlı çalışması, Türkiye'de uzun yıllardır yaşanan terör ve şehit cenazeleriyle ilgili olarak; yaygınlaşan ölümü yüceltme kültürüne eleştiri niteliğinde gelişmiştir. "Şehitler ölmez!" denilerek teselli bulunmaya çalışılan bir duruma tepki olarak hazırlanan düzenlemede sanatçının Bilecik bölgesindeki şehitliklerden edindiği gerçek isimler bilgisayar ortamında aynı yazı karakterleri kullanılarak refrakter tuğlalar üzerine uygulanmıştır. Tuğlaların üst kısmında ise Türk bayrağına sarılı tabutlar yer almaktadır. [24]

Şekil 17 Elif Aydoğdu Ağatekin, "Şehitler Ölür", 2010 (Fotoğraf: Serhat Özdemir)
Figure 17 Elif Aydoğdu Ağatekin, "Martyrs are Mortal", 2010 (Photograph: Serhat Özdemir)

Seramik tuğla Héctor Zamora'nın yapıtlarında sık sık karşımıza çıkan bir motif, ayrıca gündelik ve evrensel doğası ile mütevazı ama muazzam bir kültürel ve tarihsel zenginlik barındıran temel bir inşaat malzemesi. 13. İstanbul Bienali'nde sergilenen Maddesel Değişkenlik'te tuğlalar dinamik bir canlı performansın odak noktasını oluşturmaktadır. Bu yapıt için 35 tuğlacı Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi'nin İstanbul'un merkezindeki modernist binalarından birinin salonunu kullanarak, sürekli bir döngü halinde tuğlaları elden ele geçirmektedir.

Performansçıların bu tekrarlanan hareketlerine şarkı formunda seslendirdikleri bir şiir eşlik etmekte, bu bilindik eylem işçilerin verimliliğini arttırmakta, sıkılmalarını engellemekte ve aralarında bir dayanışma ruhu yaratmaktadır. Tüm dünyada süregelen kentsel dönüşümlerin yanı sıra, Maddesel Değişkenlik, Zamora'nın binaların ve toplumların inşasında oluşan bedensel dizilimin mahremiyetine, fizikselliğine ve hassasiyetine vurgu yaptığı bir inşaat koreografisidir[25].

Şekil 18 Hector Zamora "Maddesel Değişkenlik", 2012.
Figure 18 Hector Zamora, "Inconstância Material", 2012.

Hector Zamora, Sao Paulo'dayken, Gezi Parkı protestoları[26] ile ilgili olayları, insanların elden ele taşları taşıyarak nasıl barikatlar yaptıklarını, birlikte bir makine gibi çalışarak bir şeyler inşa ettiklerini görmüş ve kendi çalışmaları ile paralellik kurmuştur.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bilinen ilk pişmiş toprak yapı malzemesi ve aynı zamanda sanayi ürünü olan tuğla, günümüze kadar geçen süreçte kendine yapı malzemesi olmasının ötesinde sembolik olarak da bir yer edinmiştir. İlk çağlarda insanoğlunun siyasi ve sosyal yaşamı hakkında bize, kullanıldığı görkemli yapılar ve üzerindeki rölyefler ile bilgi aktaran tuğla, günümüzde de siyasi ve sosyal yaşam hakkında sanatçıların anlatım dili olma özelliğini korumaktadır. Bu çalışmada; tuğlanın birim olarak ve bir araya gelerek oluşturduğu kompozisyonlara, farklı sanatçılar tarafından farklı anlatım biçimleri ile nasıl ortaya konulduğuna siyasi ve sosyal yaşamın konu alındığı çalışmalar çerçevesinde yer verilmiştir. Tuğla, yapı malzemesi ya da dekoratif bir malzeme olmanın ötesinde sanat alanında kullanılan bir ifade biçimidir.

KAYNAKÇA

[1] Dinçer, A., *Yapı Elemanı olarak Kullanılan Tuğlanın Sanat Eserine Dönüştürülmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2004.

[2] http://www.btinternet.com/~historical.engines/newcomen.htm, 24.03.2012

[3] Yılmaz G., Özsoy, E., A.,Erginel, N. *Çok kriterli karar verme analizi ile tuğla seçimi,* 3. Uluslararası Pişmiş Toprak Sempozyumu,211-212, Eskişehir, 2003.

[4] Dinçer Kırca A., *Plastik Sanatlarda Tuğla Uygulamaları ve Sanatçılardan Örnekler,* Seramik Türkiye, No.16, sf.110., Temmuz-Ağustos 2006.

[5] Leick, G., Creating the Yellow Brick Road Symposium-1999 İnternet Sitesi, http://nt.headland.co.uk/ruff_planet/yellow/yellow.htm

[6] Champbell James W.P., *Brick A World History*, Thames&Hudson, 2004.

[7] A.g.k.

[8] http://tr.wikipedia.org/wiki/The_Wall_(alb%C3%BCm)

[9] Lisa Kristine, http://lisakristine.com/shop-image-collection/modern-day-slavery/

[10] Tulika Ladsariya, http://tulika.ladsariya.com/blog/

[11] Nicklasson, K., *Ulla Viotti,* Ceramic Arts and Perception, No:20, 47.

[12] http://www.itv.se/viotti/helsida/0603.html).

[13] Jaques Kauffman, elektronik posta ile görüşme, 2004.

[14] Maria Inés Rodriguez, http://13b.iksv.org/tr

[15] Burcu Öztürk Karabey, elektronik posta ile görüşme, 2014.

[16] http://ceramic.dk/sculpture-park-activities/sculpture-park/

[17]Heeney, Gwen, Brickworks, The University of Pennsylvania Press/Philadelphia, 2003.

[18]A.g.k.

[19] http://ceramic.dk/sculpture-park-activities/sculpture-park/

[20] Christina Linaris Coridou, http://www.skpd.nl/Tracks.html

[21] Christina Linaris Coridou, http://www.38cc.nl/sou02CL.html

[22] Köy Enstitüleri, http://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6y_Enstit%C3%BCleri

[23] Elif Ağatekin, https://www.behance.net/gallery/12224999/Martyrs-are-Mortal

[24] Schwartz, Judith, S., Confrontational Ceramics, The University of Pennsylvania Press/Philadelphia, 2008.

[25] Rieke Vos, http://13b.iksv.org/tr

[26] Gezi Parkı Protestoları, http://tr.wikipedia.org/wiki/2013_Taksim_Gezi_Park

SANATSAL İFADE ARACI OLARAK İNKJET TEKNOLOJİSİ

INK-JET TECHNOLOGY AS AN EXPRESSION TOOL OF ART

Tuba KORKMAZ*

*Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Seramik Bölümü, İstanbul / TÜRKİYE

ÖZET

Geçmişten bugüne seramik karo sanayisinde üretim teknolojileri ilerledikçe ürünler ve bunların tasarımları da değişim göstermiştir. Ilk zamanlarında fırça ile dekorlanan karolar daha sonra sırasıyla düz elekler, tambur elekler, rotocolor ve bugün inkjet baskı teknolojisinin sunduğu olanaklar dahilinde daha geniş sınırlar içinde uygulanmaya başlanmıştır. Seramik fuarlarında da izlenmektedir ki inkjet teknolojisinin sunduğu olanaklar ile karolar artık görünümleri itibariyle ahşap parke, mermer veya doğal taşların çok iyi birer uyarlaması olarak yaşam alanlarımızda yerlerini almışlardır. Bu teknoloji dakikada 57 metretül karoyu 360 dpi çözünürlükte üretme imkanı sağlamaktadır. Bunun yanında üretim kolaylıkları açısından da seramik karo sanayisinde büyük bir devrim kabul edilmektedir.

Seramik karo sanayisinde kullanılan üretim teknolojileri yahut ürünler zaman zaman sanatçıların kendini ifade aracı olarak kullandıkları bir alan olmuştur. Bu makale ile günümüz inkjet teknolojisinin sanatsal ifade aracı olarak kullanım olanakları araştırılmış ve uygulama sırasında yaşanan deneyimler aktarılmıştır. Aynı zamanda bu teknolojinin sanata ve doğaya katkıları olumlu ya da olumsuz olarak değerlendirilerek paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Seramik, İnkjet, Karo

SANATSAL İFADE ARACI OLARAK İNKJET TEKNOLOJİSİ
INK-JET TECHNOLOGY AS AN EXPRESSION TOOL OF ART

Tuba KORKMAZ*
*Marmara University, Fine Arts Institute, Ceramic Department, İstanbul / TÜRKİYE

ABSTRACT

From past to nowadays due to the developments of production technologies at ceramic tile industry, products and design of them have changed. At beginning the decoration of tiles brush application has started and continued in a wider range by the potentials of screen printing, rotary screens, rotocolor and today ink-jet printing technologies, respectively. As seen from the ceramic fairs by the utilities of ink-jet printing technololgy, now tiles take part in our living spaces with their appereances as a very good imitations of wood, marble and natural stones. This technology provides production of tile at 57 m^2/ min. and 360 dpi resolutions. Also due to the many conveniences it is accepted as a revolution in the ceramic tile industry.

The products or production technologies in the ceramic tile industry is occasionally used as a tool for expressing themselves of artists. In this paper, usage of ink-jet machines as an alternative expression tool for artistic production is discussed and the experiences at application is described. At the same time the positive and negative contributions of this technology for nature and art were explained.

Keywords: Ceramic, Tile, Ink-Jet

1.KARONUN TANIMI VE KISA TARİHÇESİ

Karo ‘döşeme ya da duvar kaplaması oluşturmak üzere yan yana dizilerek kullanılan ve çeşitli biçimlerde üretilen genellikle seramik küçük levha’ (Büyük Larousse, s:6448) olarak tanımlanır. Fransızca ‘careau’ sözcüğünden türetilmiştir. Günümüzde yaşadığımız tüm mekanlarda, alışveriş merkezlerinden bahçelerimize kadar, her alanda görebileceğimiz kullanışlı bir kaplama malzemesi olan karo, estetik ve aynı zamanda dayanıklıdır.

Bir yapı malzemesi olarak seramiğin insan hayatına girmesi de oldukça eski bir geçmişe sahiptir. ‘Uygarlık evresinin ilk çağlarından başlayarak taş ve ahşabın zor elde edildiği Mezopotamya, Sind ve Harzem gibi bölgelerde yapıların gerek taşıyıcı duvar, gerekse örtü sistemlerinde kullanılabilecek bir malzeme olmaları nedeniyle önce kerpiç, sonrasında da tuğlanın ilk çağlardan başlamak üzere yaygın bir kullanım alanı olduğu görülür.’ (Tutal O., Gökaltun E., s:7) Tuğla, bir süre sonra insanların estetik beğenilerine göre renkli tuğlaya dönerek yapılarda taşıyıcı ana malzeme olmanın yanısıra hem dayanıklı hem estetik bir kaplama malzemesi olarak yerini almıştır. 'Sırlı tuğlanın ortaya çıkışı çini sanatının başlangıcı olarak kabul edilir.' (Görsel Büyük Genel Kültür Ansiklopedisi, S:2438) Renkli tuğla kullanımının en güzel örneklerinden biri İştar kapısı’dır. ‘2. Nebukadnezar Dönemine ait (M.Ö.605-562) yazlık sarayın ön kısmında bulunan İştar Kapısı’nı süsleyen boğa, aslan ve ejderha rölyefli, sırlı tuğla bezemelerde ünlüdür.’ (Çil S., s: 115) Anadolu'da sırlı tuğla geleneği ise Selçuklular dönemiyle başlamıştır. ‘Selçuklular henüz Anadolu’ya yerleşmeden önce, İran’da mimaride sırlı tuğla geleneğini başlatmış, özellikle türbelerde turkuaz sırlı tuğlalara yer vermişlerdir. Tek renkli sırlı levhaların kesilmesiyle ya da desene göre hazırlanmış parçaların sırlanmasıyla oluşturulan çini-mozaik tekniği de Anadolu’da yaygın olarak kullanılmıştır.’ (Seramik Tanıtım Komitesi, s. 56) Osmanlı dönemine geçtiğimizde ise kaplama malzemesi olarak çiniyi görebiliriz. ‘Gerçekte bir keramik türü olmasına karşılık daha çok mimarlık için üretilen ve duvarların kaplanmasında kullanılan çiniye, bu ad Çin’den dünyaya yayıldığı için verilmiştir.’ (Görsel Büyük Genel Kültür Ansiklopedisi, s:2438) İznik ve Kütahya çinileri ile dönemin en güzel örneklerini Topkapı sarayı duvarlarında izleyebiliriz. '16. ve 17. yy.’da Osmanlılarda seramik sanatı doruk noktasına ulaştı. Mimarlıkta geniş bir kullanım alanı bulan bu dönem seramikleri teknik ve estetik olgunlukları bakımından dikkat çekicidir.’ (Görsel Büyük Genel Kültür Ansiklopedisi, S:7873)

Sırlı tuğla ile başlayıp mozaikler ve çini ile günümüze gelen seramik kaplama malzemeleri için bugün yeni bir tanımlama yapmak gerekir. 'Seramik kaplama malzemeleri kil, kaolen, feldspat, mermer, kuvars gibi inorganik hammaddelerin belirli oranlarda hazırlanıp öğütülmesi ve plaka halinde şekillendirildikten sonra sırlı veya sırsız desenli veya desensiz olarak bir veya birden fazla

pişirilerek sertleştirilmesi suretiyle elde edilen yer ve duvar kaplamasında kullanılan seramik malzemelerdir. (Bayer, Z., s:1)

2.TÜRKİYE'DE SERAMİK KARO ÜRETİMİNİN TARİHİ

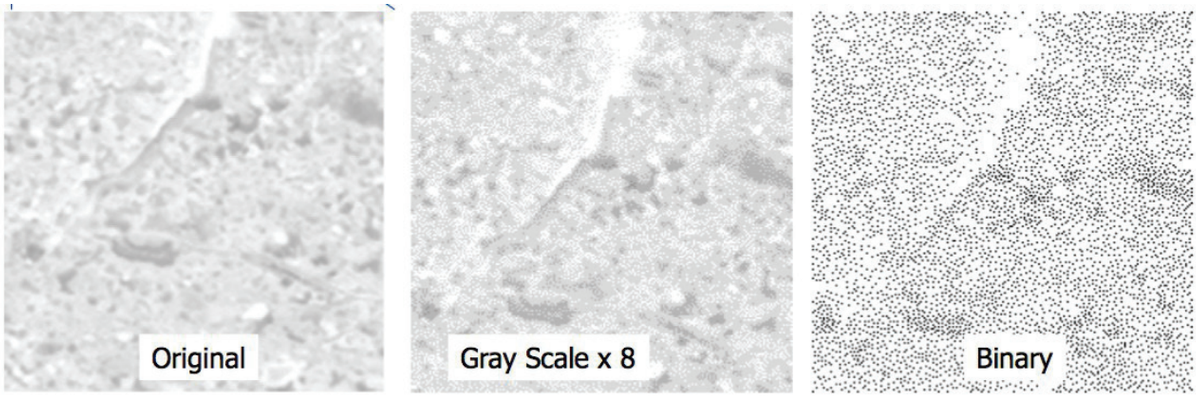
Günümüzde, sanayinin hatrı sayılır bir bölümünü oluşturan 'Türk karoları ilk olarak 1945 yılında devlet tarafından kurulan firmalar ile daha sonraları 1955 yılında özel firmalar ile tekrar önem kazanmaya başlamıştır.' (Sazcı H., s:131) 'Muhtemel talepleri karşılamak ve yeni teknolojileri Türkiye'ye getirmek amacıyla yeni bir atılım olarak 1955 yılında devlet tarafından Bozüyük Seramik Fabrikaları kuruldu.' (Sazcı H., s:133) İlk özel seramik karo fabrikası ise Çanakkale'nin Çan ilçesinde kurulmuş olan Çanakkale Seramik Fabrikaları'dır. '1957 yılında Çanakkale Seramik Fabrikaları A.Ş. ile temelleri atılan Kale Grubu, Türkiye'de seramik sektörünün kuruluşuna öncülük etmiş, bu alandaki yatırımları ile bir dünya devi haline gelmiştir.' (www.kale.com.tr)

Üretime başladığı ilk yıllarında düz beyaz bir kaplama olarak hayatımıza giren seramik karo, yıllar ve gelişen teknoloji ile birlikte sırasıyla ipek elekler, tanbur baskı, rototif baskı ve günümüzde ise inkjet teknolojisi ile çok çeşitli dekorlama ve baskı yöntemleriyle üretilebilmektedir. Bu yöntemler tek tek yahut bir arada kullanılabilir. Böylece karolar dayanıklı ve hijyenik olmanın yanında estetik görünümleri sebebiyle de tercih sebebi olmaktadırlar.

3.İNKJET BASKI TEKNOLOJİSİ NEDİR?

Çalışma prensibi açısından inkjet makineleri mürekkep püskürtmeli bir yazıcı gibi çalışır. 'Farklı renkteki mürekkeplerin baskı kafasından püskürtülmesi ve oluşan damlacıkların istenen çözünürlükteki deseni oluşturmasına dayalı bir sistemdir. Sistem bileşenleri arasında desen, baskı makinesi,renk verici bileşenler ve dekor uygulanan altlık yer almaktadır.' (Güngör Leyla, 8.seramik kongresi (2012) bildirisi) Doğru ısıda, doğru vizkoziteye sahip iyi pigmentlerden yapılmış mürekkep rezervuardan geçer ve buradan da bilgisayar ortamında belirlenmiş renk miktarlarını ve grafiğini karo yüzeyine aktarır. Bu aktarım sırasında yazıcı kafalarında farklı pikolitrelerde mürekkep atılabilir. Mürekkep tane boyutlarının belirlendiği bu baskı sistemleri 'Gray Scale' ve 'Binary' olarak ayrılır. Desene ve işletme çalışma şartlarına bağlı olarak seçilen bu yöntemlerden biri ile desen uygulanır. Gray Scale modunda farklı tane boyutundaki mürekkepler deseni oluştururken Binary modunda tek tane boyutu mürekkep kullanılır. Dolayısıyla desenin hassas olduğu şartlarda genellikle Gray Scale

moddaki bir mürekkep atışı tercih edilir. Makinelere göre farklılık göstermekle birlikte genellikle 3 ya da 5 ayrı tane boyutuna sahip konfigürasyonlar kullanılarak Gray Scale mod kendi içinde çeşitlenir.



Şekil 1. İnkjet Baskı Modu Farkları

Figure 1. Differences of the Inkjet Printing Mode

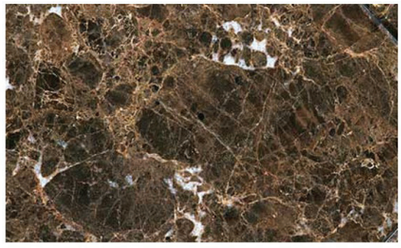
İnkjet dijital baskı makineleri ilk kez 2000 yılında İspanya Cevisama fuarında sergilenmiştir. O zamandan bu zamana dek oldukça hızlı bir gelişim göstermiş olan bu teknoloji bugün üretim verimliliği açısından fabrikaların hemen hepsinin tercih ettiği bir yöntem olmuştur. Günümüzde dijital makinelerin mürekkepleri, yazıcı kafaları, elektronik aksamları gibi yan sanayisi de oldukça gelişmiştir. Bugün artık karo üzerine altın platin gibi dekor malzemeleri ve reaktif malzeme uygulanabilmekte ve hatta astar ve sır uygulamalarından bahsedilmektedir.

Baskıdan önce imajlar bilgisayar ortamında Photoshop programında CMYK ve istenirse bir ya da birçok kanal eklenerek oluşturukan multichannel modunda hazırlanır. Dijital makineye göre değişmekle birlikte tiff, rip ya da psb formatlarında inkjet makineye yüklenir. Markalarına göre değişen ara yüz programlarıyla baskıya uygun hale gelen imajlardaki mürekkep miktarları makineden seramik karoya aktarılır. Sır üzerine ya da sır altına uygulama yapılabilir. Fırın çıkışında gerekirse renk revizyonları makine üzerinden yahut ayrı bir bilgisayar üzerinden düzeltilebilir.

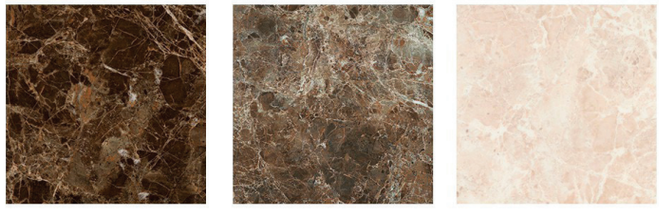
Şekil 2. Cretaprint Marka Üretim Bantları İnkjet Baskı Makinesi
Figure 2. Cretaprint Brand Inkjet Printing Machine for Producing Lines

Seramik sanayinde hat verimliliğini maksimum seviyeye çıkaran bu yeni teknoloji birçok avantaj sağlamıştır. Bunlardan en önemlisi imajların mutlak kararlılığıdır. Sır, ısı yahut masse değişimi olmadığı sürece renk ton oynaması en az seviyede görülmektedir. Daha önce kullanılan roto yahut tamburlu elekler ile kullanılan pasta, pigment ve sır miktarları da bu yeni teknoloji ile azalmıştır. İşletmeler açısından en önemli avantajı daha düşük maliyetli test olanakları sağlamış olmasıdır. Her deneme için yeni pasta ve sır hazırlamak ve hatta bantı deneme süresince üretimden kesmek yerine bilgisayar ortamında renk müdahalesi yapılmış yeni imaj ya da imajlar makineye yüklenip, üretimi kesmeden deneme alınabilmektedir. Bu sayede ürün geçişleri daha hızlı ve kolay olmaktadır. Mükemmele yakın doğal görüntülerin yakalanması ise dekoratif alanda bu üretim teknolojisinin sağladığı bir yeniliktir. Bu yeni teknoloji ile artık taş, mermer ve ahşap gibi doğal dokular taklit edilebilmekte ve yüksek keskinlikte görüntüler alınabilmektedir. Bu sayede örneğin nadir bulunan bir mermerin yerine mermer görünümlü seramik karo çok daha uygun fiyata alınabilmektedir. Seramik olmasının sağladığı avantaj ile de mermerlere yapılması gereken bakımların karolarda gerekmemesi ve aşınma dayanımının mermerden yüksek olması tercih nedenleri arasında sayılabilir. Bugün

insan trafiğinin fazla olduğu alanlarda tercih edilen ahşap yerine, artık ahşap görünümlü seramik karo tercih edilmektedir. Bu gibi örneklerin de gösterdiği gibi maliyet, tasarım ve bakım gibi nedenlerle seramik karonun avantajları nihai alıcıyı seramiğe yönlendirmektedir.



emprador mermeri



emprador mermeri görüntüsünde seramik karo alternatifleri

Şekil 3. Doğal mermer ve İnkjet Baskı ile Yapılmış Mermer Görünümlü Karo

Figure 3. Natural Marble and Marble Effect Tile by Inkjet Printing

İnkjet makinelerin işletmeler için sağladığı bir diğer kolaylık da rölyefli yüzeylere baskı yapabilme becerisini sağlamış olmasıdır. Elek baskı ve ya roto baskı ile neredeyse imkansız olan bu özellik inkjet makinelerde rahatlıkla uygulanabilmektedir.

Kısaca bu yeni teknoloji sayesinde fikirden ürüne giden yol oldukça kısalmıştır. Zamandan ve emekten sağlanan tasarruf en büyük avantajı olarak hızlı ve yeni tasarımların çıkmasını sağlamaktadır. Bu sayede arz-talep ilişkisindeki müşteri memnuniyeti yükselmiş nihai alıcı, artık çok çeşitlilik içinden ürününü seçebilmektedir.

Şekil 4. Rölyefli Karo Üzerine İnkjet Baskı

Figure 4. Inkjet Printig on the Tile with Relief

Şekil 5. Ahşap Görünümlü Karo

Figure 5. Wood Effect Tile

4.SERAMİK SANATINDA ALTERNATİF BİR İFADE ARACI OLARAK INKJET TEKNOLOJİSİ KULLANMA DENEMELERİ

Inkjet teknolojisi seri üretimde sağladığı kolaylıklar ve maliyeti nedeniyle sanayide kullanılan bir sistemdir. Seri üretime uygun olması sebebiyle sanat alanında kullanımına rastlanmamıştır. Inkjet teknolojisini sanatsal çalışmalarda yaparken once bilgisayar ortamında imajların oluşturulması sonra inkjet makinelerinde bunların karo yüzeyine basılması gerekmektedir.

Örnek olarak yapılan çalışmalarda öncelikle fotoğraf, çizim gibi malzemeler toplanmış daha sonra bunlar photoshop programıyla düzenlenerek engop, sır gramajları ve yoğunlukları işletme standartları bozulmadan kullanılarak karolara aktarılmıştır.

Öncelikle preslerde sırlı granit massesiyle 420kg/cm2 basıçla şekil verilen karolar nemini atmasını sağlayan dikey kurutuculardа yaklaşık 130-150 derecede 45-55 dk bekletilmektedir. Daha sonra bantlarda ilerlemeye başlayan karolar önce 8-10 gr su atılarak yüzeyi biraz nemlendirilir ve sırasıyla engop, sır ve varsa üst sırdan geçer. Genel bir aralık vermek gerekirse 1180-1200 arası sıcaklıklarda 46-49 dakika pişirme süresinde doğalgazlı kontinyu fırınlarda tek pişirim yapılır.

Çalışmalarda karo özellikle seçilmiştir. Kimliğime dair veriler içeren bu çalışmalar bir evin kimliğini belirleyen aksesuarlarından en önemlisi olan seramik karo üzerine yapılmıştır ki bu bağlamda şahsi kimliğim ve karonun kimlik belirtme eşleşmesi kullanılmıştır. Yüzeyler zaman zaman düz zaman zaman rölyefli karolar da tercih edilmiştir.

4.1. HİÇBİRŞEYİM OLANA KADAR HERŞEYİM OLUR MUSUN?

Şekil 6. ‘HİÇBİRŞEYİM OLANA KADAR HERŞEYİM OLUR MUSUN?’
160X60 cm / porselen karo üzerine ink-jet baskı / 2013
Figure 6. 'COULD YOU BE MY EVERYTHING UNTIL NOTHING?
160X60 cm / Inkjet printing on porcelain tile / 2013

Bu çalışmamda fikirlerim dâhilinde ve boşanmış bir kadın deneyiminin verdiği taraflılık duygusuyla evlilik hakkındaki fikrimi kendi evlilik fotoğrafımla imledim. Boşanma sonrasında aradaki bağın 'hiçbir şey'e dönüşmesi ve o ana dek 'her şey'immiş sandığım adamla aramızdaki kopukluğu Rumi'nin evlilik duasıyla düştüğü çelişkiyle destekleyerek gösterdim. Dua şöyledir: ' İkiniz de birbirinize o kadar layıksınız ki, sizi sizden başkası için düşünemem. Siz öyle bir bütün olun ki; gül ile gül kokusu, süt ile şeker gibi olun. Birbirinize anlam ve değer katın. O kadar iç içe ve uyumlu olsun ki bu evlilik sizi birbiriniz olmadan düşünemesin hiç kimse.'

Bu çalışmada teknik olarak preslenmiş ham karo üzerine engop atıldıktan sonra daha önce bilgisayar ortamında hazırlanmış dijital görüntü inkjet teknolojisi ile aktarılmıştır. 1400 yoğunlukta 45 gr engop disk kullanılarak yüzeye atılmıştır. Sonrasında 1600 yoğunlukta 45 gr olarak mat sır yine disk ile uyguanmıştır. Dijital baskısı inkjet makine ile yapıldıktan sonra düşük yoğunluk ve gramajda (1250/15 yoğunluk/gr) atılan üst sır ile mürekkeplerin korunması sağlanmıştır. 1180-1190 derece aralığında yaklaşık 45-49 dakika arası doğalgazlı kontinyu fırında pişilmiştir. 40x60 cm ebatındaki 4 adet karonun düzenlenmesinden oluşan çalışma sanayi nesnesinin çoklu sayıda üretim yapabilirliğini de kullanmak amacıyla birden fazla sayıda kullanılmıştır.

4.2. BABAM VE KIZIM: YOLCULUK

'Yola koyulan ve aslını bilendir yolcu. Yoldaki uğraklarda eğleşmeyen, kolayca geçendir. Dumansız ateş gibidir, benliği yakandır.' Bu çalışmada Şebüstri'nin bu dizelerinde de belirttiği gibi yolculuk bütün hayatımızı kaplayan bir kavram olarak ele alınmıştır. Babamın ve kızımın el ele yürürken arkalarından çektiğim bu fotoğrafları insanların genlerinin nesilden nesile, babadan/anneden, oğula/kıza ve oradan da toruna yaptığı genel yolculuğu, dolayısıyla sonsuz ölümsüzlüğü simgelemektedir. Geleneksel bir motifin tam ortasında hüzünlü bir kayboluşla, aslında zamanda kaybolmamakta olduklarını göstermeyi amaçlamıştır.

60x60 karoya çalışılmış bu baskıda 1400 yoğunlukta 45 gr miktarında vela ile uygulanan engobun ardından yine vela ile 1780 yoğunlukta 45 gr parlak sır kullanılmış, üzerine inkjet baskı yapıldıktan sonra 1300 yoğunlukta 110 gr üst sır atılmıştır. 1185-1200 derece arası 47-49 dk doğalgazlı kontinyu fırında pişmesinin ardında makinelerde üzerindeki bir miktar sır alınarak parlatma işlemi görmüştür.

Şekil 7. 'BABAM VE KIZIM: YOLCULUK' Detay
60X60 cm / porselen karo üzerine ink-jet baskı / 2013
Figure 7. 'MY DAD AND MY DAUGHTER: JOURNEY' Detail
60X60 cm / Inkjet printing on porcelain tile / 2013

4.3. 'BABA BENİ DUYUYOR MUSUN?'

Yeni çağda iletişim araçları ve yolları oldukça gelişmiş durumda olsa da, insanlar arası iletişim ters orantılı olarak zayıflamış durumdadır. Birbirimizin hayatını uzaktan uzağa takip ederken, akıllı telefonlarımızla her anımızı iletişim ağımızdaki herkesle paylaşırken aslında kendimizi anlatma çabamızı ortaya koyuyoruz. Muhatabımıza kendimizi anlatma çabamız esnasında karşımızdaki insanda aynı çabada olduğu için aslında bireylerin karşılıklı olarak birbirlerini anlamadıklarını düşünüyorum. Bu fikrimi iletişimin aslında en güçlü olması gerektiği noktadan yani aile içinden örneklendirmek istedim. Babamın bağırırken çektiğim fotoğrafını sesi simgelemek için ok işaretleriyle destekledim. Ağzından çıkan oklar tam ters yönde kendisine geri dönmektedir.

Şekil 8. 'BABA BENİ DUYUYOR MUSUN?'
90X120 cm / porselen karo üzerine ink-jet baskı / 2013
Figure 8. 'DAD, DO YOU HEAR ME?'
90X120 cm / Inkjet printing on porcelain tile / 2013

Şekil 9. ‘BABA BENİ DUYUYOR MUSUN?’ düzenlemesinden bir ayrıntı
Figure 9. 'DAD, DO YOU HEAR ME?' detail from the arrangement

Bu çalışmada 30x60 ebatında 6 adet karo kullanılmıştır. İmgenin daha güçlü görünmesi adına çoğaltım yapılmıştır. Engop, mat sır ve dijital baskı kullanılarak standart sırlı granit pişirim şartlarında nihai haline ulaşan karo sanatsal anlatımda bir kez daha ifade aracı olarak kullanılmaya çalışılmıştır.

4.SONUÇ

Yaşadığımız bu yüzyılda teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, değişen üretim tekniklerinden sanat alanları ve sanatçılarda etkilenmektedir. Yeni üretim teknikleri ve yöntemleri içerisinde sanatçılar da kendi ifade biçimlerini oluşturmaktadır. Küreselleşen dünya düzeni içinde, sanat da farklı disiplinleri içinde barındırarak alışık olmadığımız üretim yöntemleri ve düzenlemeler ile karşımıza çıkar.

Yapılan bu çalışmalarda günümüzde seramik sektöründe revaçta olan inkjet teknolojisi ve bu teknolojinin sanatsal üretim aracı olarak kullanım olanakları araştırılmıştır. İnkjet standart bir baskı yöntemi olmasından öte sanatçının kendisini ifadesi için bir yöntem olarak kullanılabilirliğini görmek için denemeler yapılmıştır. Seramik sektöründe kullanılan bu yüksek teknolojinin, bir sanatçının kendini ifade etmesine de olanak tanıdığı görülmüştür. Sanatçının anlatmak istediği mesaj bilgisayar ortamında görselleri ile birlikte yeniden hazırlanır. Sonrasında standart işletme şartlarını kullanarak hazır seramik karoların üzerine uygulamalar yapılır. Amaç, sanatsal ifade olanaklarını farklı yöntemlerle zenginleştirmektir. İsterse sanatçı karoları bir yüzey olarak farklı konseptte düzenleyebilir. Bu bağlamda İnkjet teknolojisinin sanatsal anlamda kullanılabilirliği denenmiş ve görsellerle anlatılmıştır.

KAYNAKÇA

Büyük Larousse Sözlük ve Ansiklopedi, Interpress Basın ve Yayın, İstanbul

Görsel Büyük Genel Kültür Ansiklopedisi, Yazır Matbaacılık, 1999

Öztürk Bayer, Z., Porselen Karoların Üretim Koşullarının ve Teknik Özelliklerinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2012.

Sazcı, H., Türkiye Cumhuriyetinde Seramik Karo ve Endüstrisinin Gelişimi, Anadolu Sanat, Mart 2001, Eskişehir.

Tutal O., Gökaltun E., Türk Mimarisinde Tuğla, 2. Uluslarası Pişmiş Toprak Sempozyumu, 2002.

Çil S., Tuğlanın Mimaride Kullanımı, 2. Uluslarası Pişmiş Toprak Sempozyumu, 2002.

Seramik Tanıtım Komitesi, *Turkiye'de Seramik: Toprakla Atesin Oykusu*, Grup 7 İletişim Hizmetleri, İstanbul 2003, http://www.actaturcica.com/sayi7/IV_02.pdf

Güngör Leyla, 8.Seramik Kongresi, Afyon, 2012. Bildirisinin Sözlü Sunumundan Alınmıştır.

http://www.kale.com.tr/tr/kurumsal/hakkimizda

http://yurtbay.com.tr/tr/urunler/

KIBYRA'DAN BİR GRUP MÜHÜRLÜ PİŞMİŞ TOPRAK UNGUENTARIUM

Seyhan AKGÜL ÖZARSLAN[1]

[1]Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, GMYO, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Mimari Restorasyon Programı Burdur/Türkiye

ÖZET

Çalışma konusu, Kibyra antik kentinden ele geçmiş olan ve Geç Roma-Erken Doğu Roma Dönemi'ne ait bir grup mühürlü unguentariumu kapsamaktadır. Hellenistik ve Roma Dönemi'nde sıklıkla rastlanılan bu kap formu kullanımının, Geç Antik Çağda da (kullanım alanları, değişikliğe uğrasa da) kesintisiz olarak devam ettiği ele geçen bulgulardan anlaşılmaktadır.

2006 yılından bu yana Kibyra antik kentinde devam eden kazı çalışmalarında ele geçen mühürlü unguentariumlar, yoğunlukla Odeion, Agora kazı alanlarından ve yüzey buluntusu olarak ele geçmiştir. Bu buluntular, seramik grupları arasında oldukça önemli bir yer tutmaktadır.

Yaklaşık olarak ele geçen 9500 unguentarium ve parçalarından 1720 adedi mühürlüdür. Buluntular yalnızca sayısal çoklukları bakımından değil, tipolojik zenginlikleriyle de dikkat çekicidir. Pek çok kentte örneklerine rastlanan mühürlü unguentariumların, bilinen örnekler içerisinde nicelik olarak bu denli yoğun olanına ve mühür tipi zenginliğine bugüne değin rastlanılamamış olması Kibyra buluntularını daha da önemli kılmaktadır.

Söz konusu mühürlü unguentariumların tipoloji çalışması halen yapılmakta olup, mevcut haliyle dört ana başlık altında gruplandırılmıştır. Bunlar; monogram baskılılar, figür baskılılar, yazıt baskılılar ve haç baskılılardır. Bu çalışmada her grubu temsilen örnekler sunulacak olup, bu örnekler üzerinden de kentte özellikle bu formun üretimine yönelik dikkate değer bir atölyenin varlığına işaret edilmeye çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Kibyra, Unguentarium, Monogram, Mühür*

A GROUP OF STAMPED TERRACOTA UNGUENTARİUM FROM KIBYRA

ABSTRACT

This article is about a group of stamped unguentariums which is belonged to Kibyra Late Roman-Early Eastern Roma. Findings indicate that the usage of this form-even if functions and area of usage are different- which is frequently encountered in Hellenistic and Roman epoch was uninterruptle continued Late Antique period. Stamped unguentariums, in the excavations that has been held since 2006, have been usually found around Odeion, Agora areas. These materials are also found as to be surface remnants. These remnants are very crucial among ceramic groups.

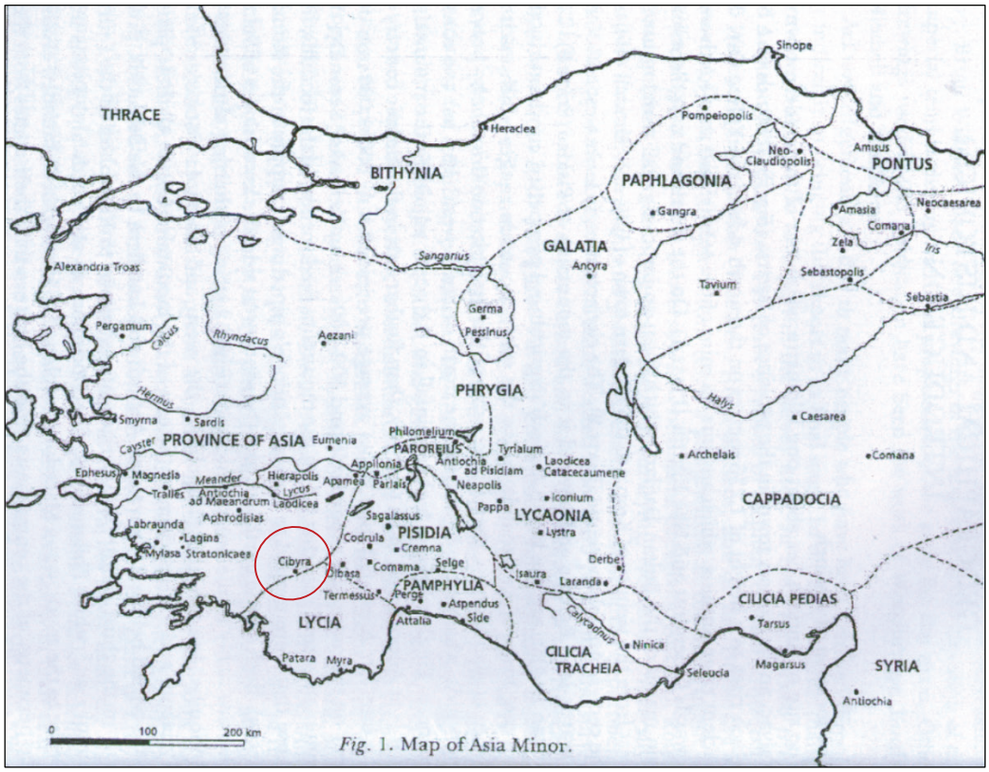
Around 9500 unguentariums and pieces have been found so far. 1720 of unguentariums and pieces are stamped. These findings are not only important by their considerable quantity but these are also attractive by their scales of typological features. Eventhough these stamped unguentariums have been found in various antique sites, Kibyra unguentariums are unique by considerable abundancy and various scale of findings that make these stamped unguentariums important.

Aforementioned unguentariums' typological categorization has being continued and currently, these unguentariums have been tried to categorize under four main titles which are monogram stamps, figured stamps, scripted stamps and cross stamps

In this article, representing some examples of every group, I will try to indicate the exitence of a considerable workshop of the city in which especially this form was produced.

Keywords: *Kibyra, Unguentarium, Monogram, Stamp*

Günümüzde Burdur'un Gölhisar İlçesi'nin batı kesimindeki hakim konglomera tepeler üzerinde konumlanan Kibyra, antik dönemde; Frigya, Pisidya, Likya ve Karya kültür bölgeleri arasında (Şekil 1[Mitchell-Waelkens, 1998,1]) bir geçiş noktasında yer almaktaydı [1,2,3].



Şekil 1: Kibyra Bölge Haritası

Figure 1: The Map of Kibyra District

Bu nedenle kültür karakteri olarak, bu dört bölgenin ortak izlerini taşımakla birlikte kendi lokal özelliklerini yansıtır [4,3].

Kent, Gölhisar Ovası'nı uçtan uca kat eden Dalaman (İndus) Çayı'nın yanı sıra Böğrüdelik ve Deliyaraz Yaylaları'ndan gelen su kaynaklarına sahip, tarım ve hayvancılığa elverişli, aynı zamanda geniş bir orman örtüsüne sahiptir [5].

Antik yazarlardan Strabon Kibyra'lıların aslen Lidyalı olup buradan göç ederek Kabalis Bölgesine geldiklerini aktarır [6,7]. Antik coğrafyada Kabalis olarak isimlendirilen bölge Pers egemenliği sırasında Sardes satraplığına bağlı olup, Roma İmparatorluk Dönemi'nde Kibyra'nın politik bir güç olmasıyla beraber Kibyratis olarak anılmaya başlar [1]. Kibyra, Boubon (İbecik-Dikmen Tepesi), Balboura (Altınyayla, Karaçulha Köyü) ve Oinoanda (İncealiler Köyü)'dan oluşan dörtlü ortak meclisin, "Kabalis Tetrapolisi'nin, yörenin politik tarihinde önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir [6,2,3]. MÖ 84 yılında Roma'nın Tetrapolise son vermesinden sonra Kibyra Asia eyaletine dahil edilmiş, Tetrapolisi oluşturan diğer kentlerden Boubon ve Balboura ise Likya'ya bağlanmıştır [3].

Antik kaynaklardan ve yazıtlardan elde edilen bilgilere göre; Kibyra özellikle demir kakmacılığı, dericilik ve at yetiştiriciliğinde ünlüdür [6]. Kentteki kamu yapılarında Roma yönetiminin gücü mimariye yansırken, bu etki Erken Roma İmparatorluk Dönemi'nden itibaren yerel üretim yoğunlukta olmak üzere seramikte de kendini gösterir [8].

Kentin Hellenistik Dönem'deki etkin kimliğine dair yeni bilgiler, epigrafik ve arkeolojik verilerin değerlendirilmesiyle henüz yayınlanmıştır [3].

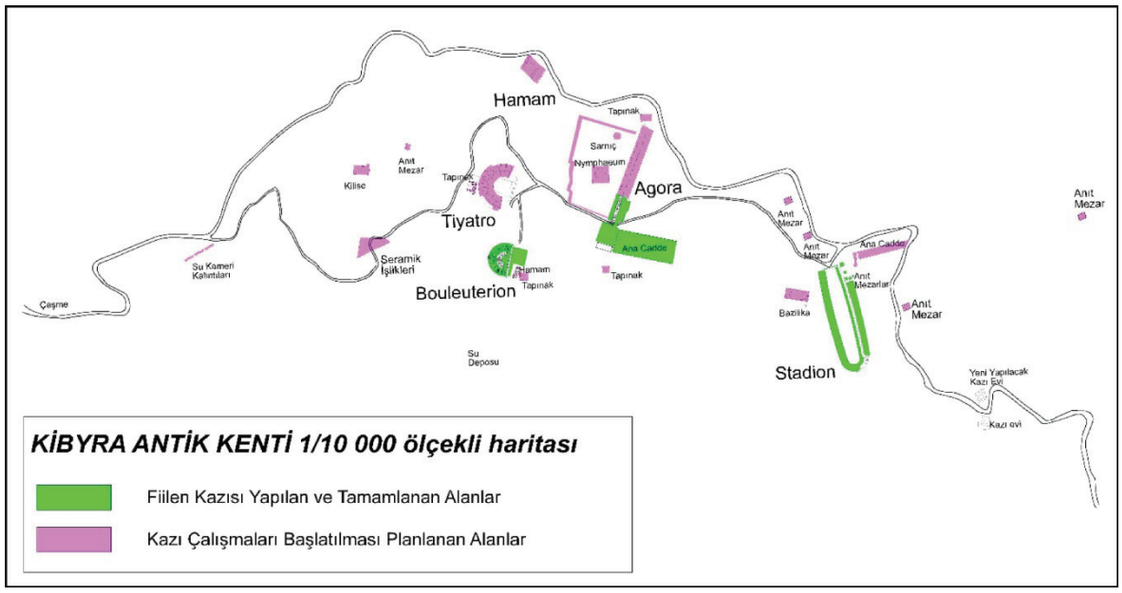
Kentte güçlü ve aktif bir ekonomik hayatın olduğu antik kaynakların yanı sıra, son yıllarda yapılan bilimsel kazılarda Agora'nın dükkanlarından ele geçen çeşitli cam ve metal curuflardan, zanaatkarlarla ilgili ele geçen yazıttan ve mimari dokudan da anlaşılmaktadır [9]. Kentte bulunan ve üzerinde kimi çalışmalar yapılan Agora bu canlılığın en önemli göstergelerinden birisidir (Dükkanlarda sürdürülen çalışmalarda, üzeri monogramlı cam, bronz ve kurşun kalıplar ele geçmiştir. Ele geçen mühürlü unguentariumlarla birebir aynı olan kalıba henüz ulaşılmamışsa da, devam eden çalışmalarda, geniş bir repertuara sahip unguentarium mühür kalıplarına da rastlanılacağı öngörülmektedir).

Bu canlı ticaret hayatına çömlekçilik de eklenmelidir. Çünkü Tiyatro tepesinin güney yamaçlarında hemen göze çarpan akıntı seramik parçalarının türü, yapısı ve yoğunluğu başkaca yorumlanamaz [2,3]. Ayrıca Odeion'da yürütülen kazılarda açığa çıkartılan Geç Roma İmparatorluk Dönemi dükkanları arasındaki seramik işliği ve seramik dinlendirme havuzu kentte çömlekçiliğin bir gelenek olarak devam ettiğinin ispatıdır. Kentteki araştırmalar ve elde edilen bulgular sonucunda, Kibyra seramik atölyelerinin,

Hellenistik Dönem içlerinden başlayarak Doğu Roma İmparatorluk Dönemi içlerine kadar (MS 5-7 yy.) aktif üretim yaptıkları öngörülmektedir.

Kent MS 23 yılında gerçekleşen depremde yerle bir olur, ancak İmparator Tiberius vergi aflarıyla kentin yeniden inşasına katkı sağlar. Bu tarihten itibaren kentin adı, İmparatora şükran borcu olarak, 'Caesarea Cibyra' olarak değiştirilir [10, 11, 12, 13,3].

MS 3. yüzyılda Got akınlarından nasibini alan kent yavaş yavaş küçülmeye başlar ve MS 7. yüzyılda büyük oranda terkedilir [14]. En parlak dönemini MS 2. yüzyılda yaşayan kentin Geç Bizans Dönemi'ne kadar iskan gördüğü, ele geçen bulgulardan ve mevcut mimari kalıntılardan anlaşılabilmektedir [4].



Şekil 2: Kibyra Kent Planı

Figure 2: The City Plan of Kibyra

2006 yılında başlayan bilimsel kazılarda bu güne kadar Stadion, Odeion, Agora ve Nekropol alanlarında çalışmalar yürütülmüştür [2,15,16,17,18,19,20,3]. Kentteki yapılar kamu, sivil ve dini yapılar olmak üzere belli bir aks üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 2 [Kibyra Kazı Arşivi]). Bu yapıları üç tepecik üzerinde konumlanan Nekropolis çevreler.

Makaleye konu olan malzemenin çoğunluğu, bilimsel kazı çalışmaları büyük

oranda tamamlanmış olan Odeion'dan ele geçen mühürlü unguentariumlardır ve Geç Roma - Erken Doğu Roma İmparatorluk Dönemleri arasında tarihlendirilmektedir.

Unguentariumların, MÖ 4. yüzyıldan MS 7. yüzyıla kadar, formu ya da kullanım amacı değişse de, tüm Akdeniz havzasında yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir [21]. Oldukça geniş bir kullanım alanına sahip unguentariumların Erken Hellenistik Dönem'den Geç Antik Dönem'e kadar pek çok kentte ele geçtiği bilinmektedir. Hellenistik Dönem'de genellikle mezarlardan ele geçen unguentariumlar, Roma İmparatorluk Dönemi'yle beraber günlük hayat alanlarında da görülmeye başlanır. Bu kap formuyla ilgili literatür incelendiğinde; Atina [22,23], Korinth [24], Filistin[25,26], İspanya [27] Kıbrıs [28] gibi merkezler öne çıkmaktadır. Fakat son yıllarda ülkemizde bilimsel kazı çalışması yapılan birçok kentte ele geçen unguentariumlar araştırılıp yayınlanmışlardır. Bunlar arasında Ephesos [29,30], Miletos [31,32], Constantinapolis [33], Tralles [34], Sagalassos [35,36], Hierapolis [37], Limyra [38], Patara [39], Myra [40,41,42], Kelenderis [43,44], Stratonikeia [45,46], Laodikeia [21], Perge [47], Side [48,49], Tarsus [50], Parion [51], Amaseia [52], Küçükçekmece Göl Havzası [53]'nı örnekleyebiliriz.

Bu kap formunun kullanım amacına yönelik tartışmalar henüz devam etmektedir. Ortaya çıktığı Hellenistik Dönem'den itibaren, mezarlarda sıklıkla rastlanılan ölü hediyeleri arasında yer alması, bu kabın mezar ritüelleri ile ilişkilendirilmesine ve ölen kişinin ardından yaşanan üzüntünün, tutulan yasın sembolik bir ifadesi olarak, mezar sahibi için dökülen gözyaşlarının biriktirildiğine inanılmıştır [23]. Kutsal alanlara sunu olarak bırakılması da sık rastlanılan bir gelenek olarak karşımıza çıkmaktadır [54]. Yaygın kabul gören öneri ise, ortaya çıktıkları dönemde, içerisinde çeşitli parfümeri, sıvı aromalar ya da kozmetik amaçlı kremlerin muhafaza edildiği yönündedir [55]. Geç Roma İmparatorluk Dönemi'nden itibaren ise kabın kullanımında işlevsel değişimler görülmekte olup, zeytinyağı muhafaza edildiğine dair kimyasal analiz sonuçları söz konusudur [54]. Laodikeia'dan ele geçen Geç Antik Çağ unguentariumlarının içerisine de bitkisel içerikli sıvıların konulduğu, ele geçen organik tortuların kimyasal analizleri sonucunda anlaşılmıştır [21]. Myra'da bulunan Aziz Nikolaos Kilisesi'nden ele geçen unguentariumları inceleyen M. Türker, bu unguentariumların Aziz Nikolaos'un röliklerine değen mür yağıyla şifa bulacağına inanan hacılar tarafından alındığını ve yurtlarına dönerken bu yağın unguentariumlarda muhafaza edildiği görüşünü bildirmiştir [56]. Hatta

yağın kutsandığı şapele yakın olan bir havuz yapısını, mersin otu yapraklarından elde edilen bu yağın çıkarıldığı alan olarak nitelendirir [56].

Antik literatürde Kibyra, Karya Eyaleti'ne bağlı bir piskoposluk merkezi olarak aktarılmıştır (I.322, III.277, VIII.374, IX.282, XIII.244) [57,58]. Mühürlü unguentariumların Hıristiyanlık Dönemi'nde, özellikle pisikoposluk merkezlerinin bulunduğu kentlerde ele geçmiş olması, bu kap formunun sadece liturjik amaçlı kullanımıyla açıklanamaz. Unguentariumların içerisinde kutsal su, yağ bulunabileceği gibi, şifa verici bitkisel sıvılar da bulunabilir. Dolayısıyla, ele geçen buluntuların üzerindeki mühürler, onun dinsel yönü ya da kabı imal eden ustanın bir arması olmanın ötesinde, faydalı olacağı düşünülen iksiri hazırlayan otacıların bir tür farmakolojik imzası da olabilir (Otacılık geleneği, Gölhisar ilçesinde hala sürmekte olan bir gelenektir. Yerel nebatatın özelliklerini bilen ve bunlardan faydalı ilaçlar yapmaya çalışan pek çok insan bulunmakta, ve bu insanlar yörede olçumcu olarak bilinmektedir).

Son yıllarda yapılan kazılar göstermiştir ki pek çok kentte buluntu alanlarını, gündelik hayatın geçtiği konutlar, agora, dükkan yapıları gibi genel kullanım alanlarından oluşan mekanlar oluşturmaktadır [49].

Kibyra'da 2006 yılında başlayan kazı çalışmalarında, kentte yapılan yüzey araştırmaları esnasında Tiyatro ve Odeion'un yaslandığı tepenin hemen güney yamacındaki alanda, yağmur sularının sürüklediği dere yatağına birikmiş oldukça yoğun seramikler hemen dikkatleri buraya çekmiştir. Yüzey buluntusu olarak alınan bir grup seramik içerisinde kentteki hemen her grup seramiği temsil edebilecek nitelikli örneklere rastlanmıştır. Bunlarla ilgili Yerel Kırmızı Astarlı Seramikler [8], bezemeli Megara Kase ve Kalıpları [59], Mühürlü Unguentariumlar [55] ilk dikkati çekenlerdir. Çoğunluğu bu alandan toplanan seramiklerle yapılan yayınlar, bu kadar lokal bir alanda bu denli yoğun, nitelikli ve pişim hatalı, amorf malzemelerinde ele geçmiş olması, bu alanda henüz kazı çalışmaları yapılmamasına rağmen bir seramik atölyesinin varlığına dair şüphe bırakmamıştır.

2008 yılında bu alandan ele geçen mühürlü unguentariumların E. Dündar tarafından incelendiği yayında [55] 17 örnek ele alınarak değerlendirilmiştir. Ancak 2009 yılında Odeion'da başlayan kazı çalışmalarında bir seramik işliği ve işlikle bağlantılı eklentili yapılar olarak seramik dinlendirme havuzu ve Geç Dönem Dükkan Yapıları açığa çıkartılmıştır [18,20]. Seramik grubu içerisinde buluntu yoğunluğunu çok sayıda ele geçen mühürlü ve mühürsüz unguentariumlar oluşturmuştur (Şekil. 3).

Şekil 3: Unguentarium Örnekleri

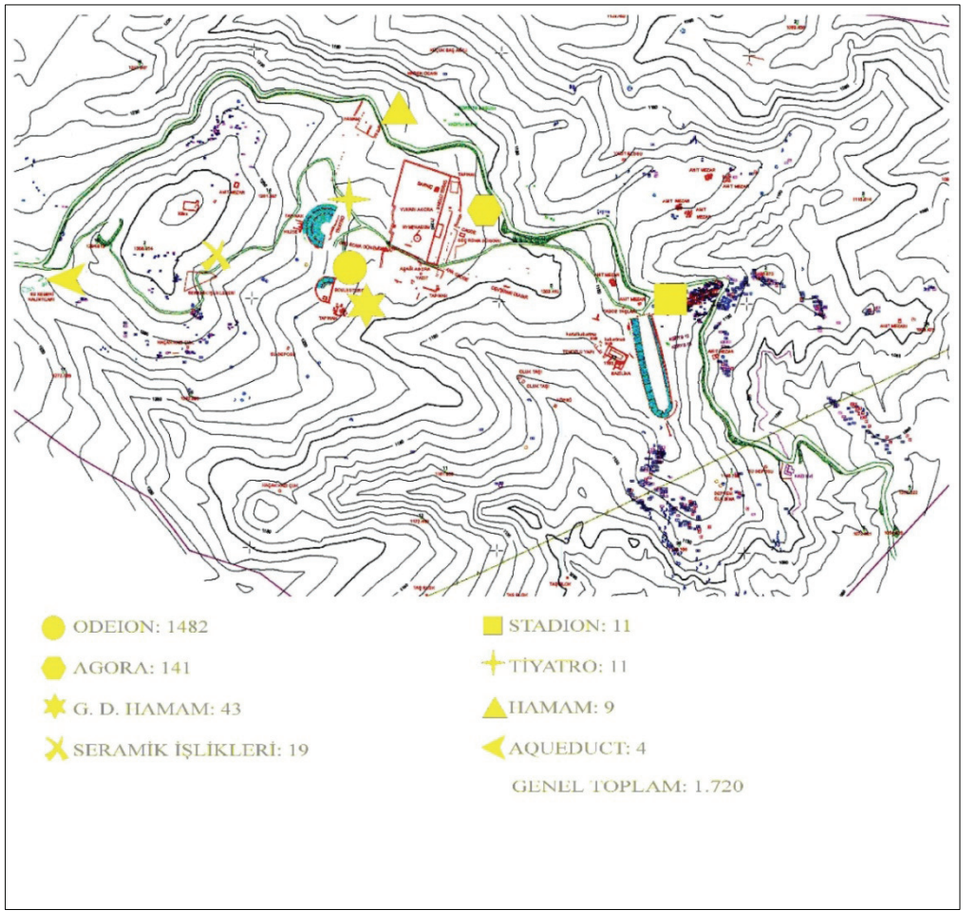
Figure 3: Unguentaria Samples

Ayrıca çapları 1.5 cm ile 2.00 cm arasında değişen çok sayıda unguentarium tıpası mevcuttur (Şekil 4).

Şekil 4: Unguentarium Tıpa Örnekleri

Figure 4: The Samples of Unguentaria Cork

Kentte devam etmekte olan kazı çalışmalarında, farklı sektörlerden ele geçen mühürlü unguentariumların sayısal çokluğu ve geniş bir yelpaze oluşturan monogram repertuarı, konuyu tekrar ele almaya değer kılmıştır. 2014 yılı itibariyle ulaşılan mühürlü unguentarium sayısı 1.720'i bulmuştur. (Şekil 5: [Kibyra Kazı Arşivi])



Şekil 5: Mühürlü Unguentariumların Kent İçerisindeki Buluntu Alanları ve Yoğunluğu.

Figüre 5: The Finding Area and Density of Stamped Unguentaria within the City

Her geçen gün artan sayı ve mühürlerin çeşitliliği bu konuda özel bir çalışmayı gerektirmiştir. Bu konuda halen devam etmekte olan çalışmalar önümüzdeki yıllarda kitap olarak yayınlanacağı için, bu çalışmada, oluşturulan tipleri temsilen birer örnek tanıtılacaktır. Yapılan yoğun tipoloji çalışmaları sonucunda 241 farklı mühür tipi tespit edilmiş olup, bunlar 4 ana grup altında toplanmıştır. Kimi zaman birbirinden çok az farkla ayırt edilebilen mühür tipleri çalışmayı zorlaştırmış olsa da bu denli zengin bir repertuarı değerlendirmek ve Kibyra'nın Geç Antik Çağ'da mühürlü unguentarium ticaretinde önemli bir merkez olduğunu tanıtmak, çalışmanın katalizörü olmuştur.

1. 1. GRUP: MONOGRAMLILAR

Bu gruba dahil edilen 211 tip monogram olup, tipler içerisindeki en yoğun grubu oluşturmaktadır. Bu monogramlar kendi içerisinde gösterdikleri bir takım ayrılıklara göre sınıflanarak bir alt gruba daha ayrılmış ve beş ana grupta toplanmıştır.

1.2. M1: Tek Harfliler: Bu gruba giren on bir farklı mühür tipi tespit edilmiştir. Monogramlar daire ve kare ile sınırlandırılmış mühür bloğu içerisinde yer alırlar. Şekil 7'de daire ile sınırlandırılmış mühür bloğu içerisinde merkezde tek bir harf "B" yer almaktadır (Şekil 7: a-b-c) . Aynı monogram baskılı unguentariumdan dokuz adet ele geçmiştir.

1.3. M2: Çift Harfliler: Bu gruba giren on beş farklı mühür tipi tespit edilmiştir. Monogramlar daire, kare ve dikdörtgen ile sınırlandırılmış mühür bloğu içerisinde yer alırlar. Şekil 8'de dikdörtgen ile sınırlandırılmış mühür bloğu içerisinde merkezde iki bir harf yer almaktadır. Bu harfler alt alta yerleştirilmiş olan N ve A harfleridir (Şekil 8: a-b-c). Aynı monogram baskılı unguentariumdan iki adet ele geçmiştir.

1.4. M3: Tek Harf Merkezli Şekillendirilenler: Bu gruba giren yetmiş dokuz farklı mühür tipi tespit edilmiştir. Monogramların çoğunluğunu daire ve kare içerisine yerleştirilmiş mühürler oluştursa da üç adet örnekte monogramı sınırlayan çerçeve üçgendir, bir adedinde herhangi bir çerçeve kullanılmamıştır. Bir adedin de ise diğer tüm tiplerden farklı olarak harfler matara biçiminde şekillendirilmiş bir bloğun içerisine yerleştirilmiştir. Benzer form ve monogramın Patara'dan da ele geçtiği görülmektedir (Lev. 25.7-26.1) [39].

Bu gruba dahil monogramlarda ikiden çok harf kullanılmış olsa da, kullanılan harfler merkezde bir ana harfin etrafına eklemlenerek oluşturulmuştur. Merkezde "π" harfi etrafında A, B, N, Y harfleri okunabilmektedir **(Şekil 9: a-b-c)**.

Efes'ten ele geçen benzer bir monogram söz konusudur (s. 81, 104, Nr.15 Kat. 18, Taf. 2) [30]. Bu monogramın yarısı koruna gelmiş olup harfler A, N, P, O olarak okunmuştur. Ancak muhtemelen tipler aynıdır.

Burada ele almadığımız bazı mühür tiplerinde olduğu gibi, bu tipte de, aynı harflerle oluşturulmuş monogramın çok yakın benzerleri söz konusudur. Bu benzerlik kullanılan harflerin aynılığı ve aynı şekilde organize edilmişliğidir. Yalnız, monogramı sınırlayan çerçeve; daire, kare ya da dikdörtgen olarak değişebilmektedir. Monogramı

sınırlayan çerçeveyi ve harf büyüklüklerinin az farklarla değişimini saymazsak, bu mühürler birbirleri ile aynıdır. Bu da bize mühür sahibinin, temsil ettiği aidiyetin ya da atölyenin aynı olduğunu, uzun süre kullanım görmüş ve eskiyen mühürlerin farklı kalıplarının oluşturulduğunu göstermektedir.

Örneğin Şekil 9'da incelediğimiz tipin şimdilik üç ayrı kalıbının olduğu tespit edilmiştir. Bu kalıplardan iki adeti kare, bir adeti yuvarlak çerçeve ile sınırlar. Harfler ve organize edilişleri birebir aynı olup, ölçüleri farklıdır.

Burada incelediğimiz örneklerin farklı kalıplarını saymazsak, aynı mühür baskılı unguentariumdan yüz elli iki adet ele geçmiştir.

1.5. M4: Çok Harfli Şekillendirilenler: Bu gruba giren doksan dokuz farklı mühür tipi tespit edilmiştir. Monogramların çoğunluğunu daire ve kare içerisine yerleştirilmiş mühürlerden oluşur. Bunlardan iki adeti üçgen çerçeveye, bir adeti, sekizgen çerçeveye alınmıştır. Bir adetinde ise herhangi bir çerçeve kullanılmamıştır.

Bu gruptaki monogramlarda da birden çok harf kullanılmış olmasına rağmen harfler, merkezi baskın bir harf etrafında olmayıp, harf büyüklükleri birbirine daha yakındır. Şekil 10'da K, P, A, Y, Φ ,E, harfleri okunabilmektedir (Şekil 10: a-b-c). Aynı monogram baskılı unguentariumdan otuz altı adet ele geçmiştir.

Mühür tiplerinin en yoğun olduğu grubu bu grup oluşturmaktadır. Ele geçen örnek sayısı ile de en yoğun gruptur. Beş yüz yetmiş iki adet örnek ele geçmiştir. İkinci kalıp kullanımları bu gruba dahil edilen tipler arasında da sık görülmektedir.

1.6. M5: Kompozit Şekillendirilenler: Bu gruba giren yedi farklı mühür tipi tespit edilmiştir. Kare ve daire ile sınırlandırılmış monogramlardır. Bu gruba harflerle beraber bezeme ve figürlü anlatımın beraber kullanıldığı örnekler dahil edilmiştir.

Şekil 11'de ele alınan örnekte; bir çelenk içerisinde iki figür ve ortalarında haç yer alır. Kesimde; Y, Γ, I harfleri okunabilmektedir (Şekil 11: a-b-c). Aynı monogram baskılı unguentariumdan dört adet ele geçmiştir.

2. 2. GRUP: FİGÜRLÜLER

Bu gruba giren on beş farklı mühür tipinin varlığı tespit edilmiştir. Figür baskılı mühürlerin çoğunluğu daire ile sınırlandırılmıştır. Bunların dışında bir adedinde sekizgen çerçeve, bir adedinde ise dikdörtgen çerçeve kullanılmıştır. Toplamda altmış sekiz örnek ele geçmiştir. Burada incelediğimiz tip ise bir adettir.

Ele geçen örneklerde yaban domuzu, pelikan, kuş gibi betimlerin yanı sıra, başları haleli aziz/azize betimleri de bulunmaktadır. Hayvan betimlilerinin benzerleri başka kentlerde de görülür [26,60,21,53,]. Burada farklı olarak Şekil 12'de değerlendirilen örnekte ise; bir aziz betimi ele alınmıştır. Hayat ağacı önünde ayakta duran başı haleli figürün sol elinde haç, sağ elinde kitap vardır. Figürün, hayat ağacının önünde bulunan seramik grubunun (unguentarium?) üzerine doğru sol elindeki hacı uzatmış olması, bu seramiklerin içindeki sıvılarla ilgili bir kutsama yapıldığını düşündürmektedir. Sağ boşlukta yer alan yazıtta okunabilen harfler; Φ , I, V, I, K, O (Şekil 12: a-b).

3. 3. GRUP: YAZITLILAR

Bu gruba giren on yedi farklı mühür tipi tespit edilmiştir. Yazıt damgalı mühürlerin tamamı, daire içerisine sınırlandırılmıştır. Tek bir örnekte herhangi bir çerçeve bulunmaz. Hamur yaşken sivri uçlu bir nesne yardımıyla yazılmış olmalıdır. Toplamda iki yüz yetmiş üç adet yazıt baskılı mühür tespit edilmiştir.

Şekil 13'de değerlendirilen yazıt baskılı mühür üzerinde, daire ile sınırlandırılan alan içerisinde, alt ve üst merkezde haç yer almaktadır. Ortada bulunan yazıt ise C, E, Y, H, P, I, A, O, V - E, Π, I, C, K, O olarak okunmuştur (Şekil 13: a-b-c).

Constantinopol'den ele geçmiş benzer örnekte bu yazıt Σευεριανοῦ ἐπισκ[όπου] olarak okunmuş, bunun bir piskopos ismi olduğu belirtilmiş, kabın içerisine de tedavi edici bir maddenin konulduğuna işaret edilip, bir kilisenin topraklarından geldiği savlanmıştır

Kibyra'dan ele geçen tüm mühürlü unguentariumlar içerisindeki en yoğun tipi oluşturan bu yazıtlı mühürün aynısından iki yüz otuz dokuz adet ele geçmiştir. Buda bize bir seri üretim olduğunu düşündürmektedir. Baskılar bazen düz, bazen 180 derecelik açıyla ters basılmıştır. Hamur renklerinde kırmızımsı sarı, kahverengi ve grinin tonlarına kadar geniş bir renk yelpazesi söz konusudur (Çalışmada hamur rengi tanımları için Munsell Soil Color Charts 2000 kullanılmıştır).

4. 4. GRUP: HAÇLILAR

Bu gruba giren iki farklı tip mühür tespit edilmiştir. Şekil 14'de ele alınan örnekte daire ile sınırlandırılmış alan içerisinde merkezde haç, hacın etrafındaki boşluklarda birer nokta yer alır. Hacın etrafını da nokta bezekler çevreler. Başka kentlerden ele geçmiş benzerleri söz konusudur [26,60]. Efes'te bulunmuş olan benzer mühür örneği ile aralarındaki ölçüler ise birebir aynıdır (87 Nr.42 Kat. Nr.50; Taf.2) [30].

Diğerlerinden farklı olarak bu tipte ele geçen beş örnekte de mühür üç kez basılmıştır. Unguentariumun etrafı çevrelenecek şekilde, arada ortalama bir boşluk bırakılarak, aynı mühür üç kez yan yana basılmıştır (Şek. 14: a-b-c). Bunun ele geçen beş örnekte de böyle yapılmış olması bilinçli bir şekilde, atölyenin, ya da mühür sahibinin imzası olarak algılanmalıdır.

Ele geçen bulgular göstermiştir ki Kibyra antik dönemin, önemli seramik atölyelerine sahip kentlerinden birisi olmalıdır. Özellikle unguentarium imalatında, kentin ticaret yollarının kavşak noktasındaki konumu da göz önüne alınarak, buradan çeşitli kentlere ihracatının olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Bugüne kadar diğer kentlerde ortaya çıkartılan yayınlanmış hemen hemen tüm mühürlü unguentarium tipleri Kibyra'da mevcuttur. Bu mevcudiyetinin yanı sıra nicel olarak da oldukça çok sayıda unguentariuma ulaşılmıştır. Aynı tiplerin sayısal çokluğu ve farklı tip özellikleri kentte bu sektörün oldukça geliştiğini ve ekonomilerinde önemli bir yer işgal etmiş olduğunu düşündürmektedir. Amorf ele geçen birçok seramik parçasının yanında, üzerine mühür basılmış pişim hatalı pek çok parça da ele geçmiştir. (Şekil 6)

Şekil 6: Amorf Örnekler

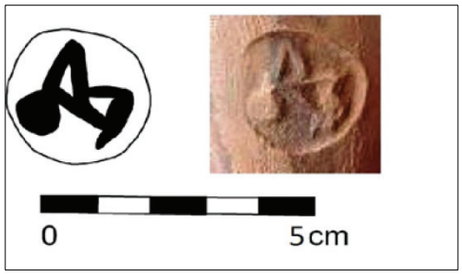
Figure 6: Amorphous Samples

Tüm bu buluntular, Kibyra'nın bu malzemeyi burada ürettiğini kesinleştirmekle birlikte, kentte ihracat için seri üretim yapıldığını da kanıtlamaktadır.

Bu bilgiler ışığında Kibyra, Geç Roma-Erken Doğu Roma mühürlü unguentarium üretim merkezi ya da merkezleri arasında yer almalı, hatta şu an ki bilgilerimizle en büyük üretim merkezi olarak görülmelidir. Bu ön kabul, antik dönemde Akdeniz havzasında süren ticaret yollarını ve ticaret biçimlerini daha da netleştirecek kimi bilgilere ulaşmak için iyi bir nirengi noktası olabilir.

Şekil 7 : a-b Monogram damgalı unguentarium parçası, 1. Grup: M1. Tek Harfliler

Figure 7: a-b The Monogram Stamped Unguentarium Piece 1st Group: M1 With Single Letters



Şekil 7 : c Monogram detay.

Figure 7: c The Monogram Detail

Buluntu Yeri : Odeion, Proscene, 3.- 4. Kemerler arası

Seviye : -90 cm

Ölçüler : Y. 9.6 cm D.Ç. 1.3 cm

Mühür : Ç. 1.3 cm.

Hamur : 2.5 YR 6/8- 7.5 YR 6/3 kırmızımsı gri-açık kahverengi

Boya : 2.5 YR 4/4 kırmızımsı kahverengi

Tanım : Dibe yakın kısımdan kırık ve eksik monogram damgalı unguentarium parçası fusiformludur. İyi pişmiş sert dokulu, az gözenekli, az mika katkılı hamur. Dış yüzeyde kırmızımsı kahverengi akıtma boya izleri. Yuvarlak bir çerçeveyle sınırlanan monogram içerisinde "B" harfi.

Şekil 8: a.b Monogram damgalı unguentarium parçası. 1. Grup: M2. Çift Harfliler

Figure 8: a.b The Monogram Stamped Unguentarium Piece 1st Group: M2 with Two Letters

Şekil 8: c Monogram Detay

Figure 8: c The Monogram Detail

Buluntu Yeri : Odeion, Dış Cephe, A3

Seviye : Yüzey

Ölçüler : Y. 6.6 cm D.Ç. 1.5 cm

Mühür : 1.5x1.2 cm.

Hamur : 2.5 YR 5/6 kırmızı

Astar : 10 R 5/8 koyu kırmızımsı gri, kırmızı

Tanım : Dibe yakın kısımdan kırık ve eksik monogram damgalı unguentarium parçası fusiformludur. İyi pişirimli, sert dokulu, az gözenekli, az mika katkılı hamur. Dış yüzeyde koyu kırmızımsı gri astar. Dikdörtgen sınırlanan monogram içerisinde üstte "N", altta "A" harfi.

Şekil 9: a-b Monogram damgalı unguentarium parçası, 1. Grup: M3: Tek Harf Merkezli Şekillendirilenler

Figure 9: a-b The Monogram Stamped Unguentarium Piece, 1st Group: M3 Those that are Formed to be a Single Letter Centered.

Şekil 9: c Monogram Detay

Figure 9:c The Monogram Detail

Buluntu Yeri : Odeion, İç Kısım, 3.- 4. Kemer arası

Seviye : -98

Ölçüler : Y. 10.00 cm D.Ç. 1.8 cm

Mühür : 1.2 x 1.2 cm.

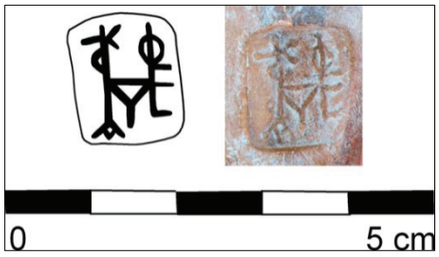
Hamur : Kil 1 4/N, koyu gri.

Boya : Kil 2 3/10B çok koyu mavimsi gri

Tanım : Dibe yakın kısımdan kırık ve eksik monogram damgalı unguentarium parçası fusiformludur. İyi pişirimli, sert dokulu, hava kabarcıklı. Koyu gri hamur. Dış yüzeyde koyu mavimsi gri akıtma boya izleri. Kare ile sınırlanan monogram bloğu içerisinde merkezde "π" etrafında "A", "B", N", Y" harfleri okunabilmektedir.

Şekil 10: a-b Monogram damgalı unguentarium parçası, 1. Grup M4: Çok Harfli Şekillendirilenler

Figure 10: a-b The Monogram Stamped Unguentarium Piece, 1st Group M4: Those that are formed with Plural Letters.



Şekil 10: c Monogram Detay

Figure 10: c The Monogram Detail

Buluntu Yeri : Odeion, İç Kısım, 4. Kemer Önü

Seviye : -120/-136 cm

Ölçüler : Y. 5.4 cm D.Ç. 1.6 cm

Mühür : 1.5 x 1.3 cm.

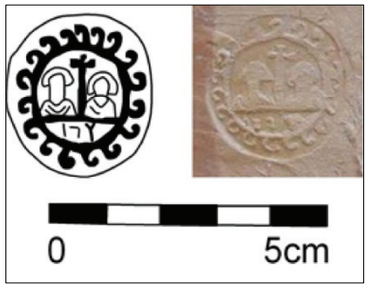
Hamur : 5 YR 6/6-Kil 1 5/N, kırmızımsı sarı-siyah

Boya : 5 YR 4/2 koyu kırmızımsı gri

Tanım : Dibe yakın kısımdan kırık ve eksik monogram damgalı unguentarium parçası fusiformludur. İyi pişirimli, sert dokulu, az gözenekli, az mika katkılı hamur. Dış yüzeyde koyu kırmızımsı akıtma boya. Dikdörtgenle sınırlanan monogram bloğu içerisinde okunabilen harfler; K, P, A, Y, Φ ,E.

Şekil 11: a-b. Monogram damgalı unguentarium parçası, 1. Grup M5: Kompozit Şekillendirilenler

Figure 11: a-b The Monogram Stamped Unguentarium Piece, 1st Group M5: with Composit Forms.



Şekil 11:c Monogram Detay

Figure 11: c The Monogram Detail

Buluntu Yeri : Odeion, İç Kısım, 3. – 4. Kemer Arası

Seviye : -120/-154 cm

Ölçüler : Y. 5.1 cm D.Ç. 2.3 cm

Mühür : Ç. 1.3 cm.

Hamur : 5 YR 6/6-Kil 1 5/N, kırmızımsı sarı-siyah

Boya : 5 YR 4/2 koyu kırmızımsı gri

Tanım : Dibe yakın kısımdan kırık ve eksik monogram damgalı unguentarium parçası fusiformludur. İyi pişirimli, sert dokulu, az gözenekli, az mika ve kuvarz katkılı. Dış yüzeyde koyu kırmızı akıtma boya. Yuvarlak monogram bloğu içerisinde çelenk. Çelenk içerisinde iki figür, ortalarında haç, kesimde; Y, Γ, I harfleri okunabilmektedir.

Şekil 12: a-b Figür damgalı unguentarium parçası 2. Grup: Figür Baskılılar

Figure 12: a-b Figured Stamped Unguentarium Piece, 2nd Group: Figured Stamped

Buluntu Yeri : Odeion, Stoa Önü, Doğu Sınırı

Seviye : Dolgu

Ölçüler : Y. 8.3 cm D.Ç. 1.5 cm

Mühür : Ç. 1.3 cm.

Hamur : 2.5 YR 6/8 açık kırmızı

Boya : 2.5 YR 5/8 kırmızı

Tanım : Dibe yakın kısımdan kırık ve eksik figür damgalı unguentarium parçası fusiformludur. İyi pişirimli, orta sert, gözeneksiz, az mika katkılı. Dış yüzeyde akıtma boya. Yuvarlak monogram bloğu içerisinde figür baskısı.

Hayat ağacı önünde ayakta duran başı haleli, uzun elbiseli figürün sol elinde haç, sağ elinde kitap vardır. Figürün, hayat ağacının önünde bulunan seramik grubunun (unguentarium?) üzerine doğru sol elindeki hacı uzatmış olması, bu seramiklerin içindeki sıvılarla ilgili bir kutsama yapıldığını düşündürmektedir. Sağ boşlukta yer alan yazıtta okunabilen harfler; Φ , I, V, I, K, O.

Şekil 13: a-b. Yazıt damgalı unguentarium parçası, 3. Grup: Yazıt Baskılılar.
Figure 13: a-b Scripted Stamps Unguentaum Piece, 3rd Group: Scripted Stamps

Şekil 13: c Yazıt Detay

Figure 13: c The Detail of Script

Buluntu Yeri : KBR'12 Odeion - Tiyatro Yolu, A1

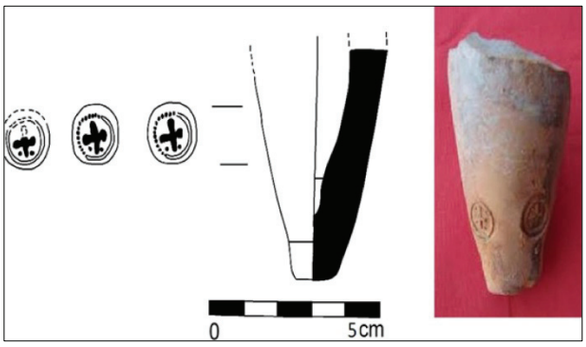
Seviye : +30/+20 cm

Ölçüler : Y.: 22.00 cm D.Ç.: 1.7 cm A.Ç.: 1.7 cm

Mühür : Ç. 1.3 cm.

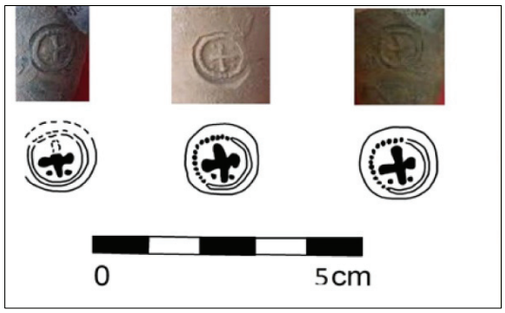
Hamur : Kil 1 4/N koyu gri Boya: 10 YR 7/2 açık gri

Tanım : Tam ve sağlam, yazıt damgalı unguentarium fusiformludur. İyi pişirimli, sert, gözeneksiz. Dış yüzeyde akıtma boya. Yuvarlak monogram bloğu içerisinde yazıt. Mühür soldan sağa doğru yazılmış fakat, çamur üzerine basıldığı için harfler ters yönde olmuştur. Alt ve üst merkezde haç yer almaktadır. Ortada bulunan yazıt ise C, E, Y, H, P, I, A, O, V - E, Π, I, C, K, O.



Şekil 14: a-b Haç damgalı unguentarium parçası. 4. Grup: Haç Baskılılar.

Figure 14: a-b A Cross Stamped Unguentarium Piece, 4th Group: Cross Stamped



Şekil 14: c Haç damgalı unguentarium detay.

Figure 14: c The Detail of Cross Stamped Unguentarium

Buluntu Yeri : Odeion, Oturma Sıraları, Basamaklar

Seviye : Yüzey

Ölçüler : Y.: 5.3 cm D.Ç.: 1.2 cm

Mühür : Ç. 1.4 cm.

Hamur : Kil 1 4/N koyu gri

Boya : 5 YR 5/6 sarımsı kırmızı

Tanım : Dibe yakın kısımdan kırık ve eksik haç damgalı unguentarium parçası fusiformludur. İyi pişirimli, sert, gözenekli, hava kabarcıklı. Dış yüzeyde akıtma boya. Daire ile sınırlandırılmış alan içerisinde merkezde haç, hacın etrafındaki boşluklarda birer nokta yer alır. Hacın etrafını da nokta bezekler çevreler. Damga tüm örneklerde üçer kez yan yana vurulmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yayınlamama ve tipolojinin oluşturulmasında fikir ve görüşleriyle destek olan değerli hocam Kibyra Kazı Başkanı Yrd. Doç. Dr. Ş. Özüdoğru'ya, tipolojiye dahil ettiğimiz örneklerin çoğunluğunun geldiği Odeion yapısının alan sorumluluğunu yürüten Araş. Gör. D. Tarkan'a, Agora alan sorumlusu Arş. Gör. İ. Baytak'a, Depo çalışmalarında yoğun emek sarf eden Ark. B. Kavak ve A. Yurdakul'a, yaptığım çizimleri dijital ortama aktaran Ark. E. Sayın'a ve tüm Kibyra emekçilerine gönülden teşekkürler.

KAYNAKÇA

[1] Hall A.S., *Milner N.P., An Epigrafical Survey in Kibyra– Olbasa Region,* The British Institute of Archaeology Monograph 24, Ankara, 1998.

[2] Ekinci, H.A-Özüdoğru, Ş.-Dökü, E.-Tiryaki, G., Kibyra Kazı Çalışmaları 2006, Anmed 5, 2007, 22-28.

[3] Özüdoğru, Ş., Kibyra'dan Hellenistik Dönem'e ait Yeni Veriler Üzerine Değerlendirmeler, Cedrus II 2014, 171-188.

[4] Başer, S.S., 1988-89 Yılları Kibyra Kurtarma Kazıları, Müze Kurtarma Kazıları Semineri 19-20, 1991, 235-260.

[5] Aksu F., *Gölhisar Ovası ve Yakın Çevresinde Fiziki Coğrafya Araştırmaları,* Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 1998.

[6] Strabon, Geographika, Antik Anadolu Cografyası, XII-XIII-XIV. (Çev. A. Pekman), 2000.

[7] Dökü, F.E., Uylupınar Yerleşmesi (Erken Kibyra) ve Çevresi Yüzey Araştırmaları 2012, ANMED 11, 2013, 239-249.

[8] Uygun, Ç.- Dökü, E., Kibyra Yerel Kırmızı Astarlı Seramiklerden ÖrnekleR, Adalya XI, 2008, 133-163.

[9] Dökü, E., Özüdoğru, Ş., *Kibyra Agorası ve Kibyra'daki Diğer Ticaret Yapıları,* 51-58, III. Ulusal Mimarlık&Taş Sempozyumu, Antalya, 2009.

[10] Magie, D., *Roman Rule in Asia Minor I* , 1966, 500.

[11] Akşit, O., *Roma İmparatorluk Tarihi*, 1976, 77.

[12] Bean, G.E., *Eskiçağda Lykia Bölgesi*, 1997, 168.

[13] Karagöz, Ş., Eski Anadolu ve Ege Uygarlıklarında Deprem İzleri, Mimarlık Dergisi, 2002/303, 43-49.

[14] Bayburtluoğlu, 2004: 187.
[15] Ekinci, H.A.-Özüdoğru, Ş.-Dökü, E.-Tiryaki, G., Kibyra Kazı Çalışmaları 2007, Anmed/6, 2008, 35-41.
[16] Ekinci, H.A.-Özüdoğru, Ş.-Dökü, E., Kibyra 2008 Yılı Kazıları, Anmed/7, 2009, 32-39.
[17] Özüdoğru, Ş.-Dökü,E., Dikbaş, G.,-Vanhavarbeke, H., Kibyra 2010, Anmed/9, 2011, 36-43.
[18] Özüdoğru, Ş.,-Dökü, E., Kibyra 2011, Anmed/10, 2012, 46-52.
[19] Özüdoğru, Ş.-Dökü, E., Kibyra 2012 Yılı Kazı Çalışmaları, Anmed/11, 2013, 47-54.
[20] Özüdoğru, Ş.,-Dökü, E., 2013 Yılı Kibyra Çalışmaları, Anmed/12, 2014, 55-61.
[21] Şimşek, C.-Duman, B., Laodikeia'da Bulunan Geç Antik Çağ Unguentariumları, Adalya X, 2007, 285-307.
[22] Robinson, H.S. *The Athenian Agora, Pottery of The Roman Period,* Athenian Agora V, Princeton, 1959.
[23] Thompson, H.A., Two Centuries of Hellenistic Pottery, Hesperia 3, 1934, 311-480.
[24] Wright, K.S.,-Jones, R.E., A Tiberian Pottery Deposit from Corinth, Hesperia/49, 1980, 135-177.
[25] Lapp, P.W., *Palestinian Ceramic Chronology 200 B.C.-A.D.70*, 1961.
[26] Hayes, J.W., A New Type of Early Christian Ampulla, BSA 66, 1971, 243-248.
[27] Forti, L., Gli unguentari del primo periodo ellenistico, RendNap 37, 1962, 143-157.
[28] Diederichs, C., Ceramiques Hellenistiues, Romaines et Byzantines, Salamine de Chypre IX, 1980.
[29] Gassner, V., *Ds Südtor der Tetragonas-Agora: Keramik und Kleifunde*, FiE 13/1/1, Wien, 1997.
[30] Metaxas, S., Frühbyzantinische Ampullen und Amphoriskoi aus Ephesos, F. Krinzinger(Hrsg.), Spaetantike und mittelalterliche Keramik aus Ephesos, Archaeologische Forschungen 13, Wien, 2005, 67-123.
[31] Pfrommer, M., Milet 1983-1984. Klassische und hellenistische Keramik aus dem Heroon 111", İstMitt 35, 1885, 39-58.
[32] Yaşar, A., *Milet Müzesinde Bulunan Konik Kaideli Bir Grup Unguentarium,* 687-700, 4.Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiri Kitabı, 2010.
[33] Hayes, J. W., "A Seventh-Century Pottery Group", DOP 22, 203-216.

[34] Saraçoğlu, A., Hellenistic and Roman Unguentaria From the Necropolis of Tralles, Anadolu/Anatolia 37, 2011, 1-42.

[35] Degeest, R., Some Late Roman Unguentaria in Sagalassos", M. Walkens, -J. Poblome(ed.). Sagalassos II. Report on the Third Excavation Campaign of 1992, Acta Archaeologica Lovaniensia Monographiae 6, Leuven: Leuven Unıversity Press. 183-189.

[36] Degeest, R.,-Ottenburgs, R.,-Kucha, H,-Viane, V.,-Degryse, P.,-Waelkens, M., The Late Roman Unguentaria of Sagalassos, BaBesch 74, 1999, 247-262.

[37] Cottiga, D., Ceramiche Bizantine Dipinte ed Unguentari tardo antichi dalla ' Casa dei Capitelli Ionici' a Hierapolis, RdA XXI, 1998, 81-90.

[38] Eisenmenger, U., Late Roman Pottery in Limyra (Lycia)", C. Abadie-Reynal (ed.), Les céramiques en Anatolie aux époques héllenistique et romaine. Actes de la Table Ronde d'Istanbul, Varia Anatolica XV, 2003, 193-196.

[39] Dündar, E., *Patara Unguentariumları*, Patara IV.I, Ege Yayınları, 2008.

[40] Türker, A.Ç., *Derme-Myra Aziz Nikolaos Kilisesi Kazılarında (1989-2000) Ortaya Çıkarılan Bizans Dönemi Sırsız Seramikleri*, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, 2004, Ankara.;

[41] Türker, A.Ç., Myra'da Aziz Nikolaos'un Yağ Kültüyle İlişkili Seramik Kaplar, Adalya VIII, 2005, 311-328.

[42] Türker, A.Ç., Myra Seramik Hamur Guruplarının Kap Tipleri İle Değerlendirilmesi, Adalya IX, 2006, 117-148.

[43] Zoroğlu, L., Kelenderis Mezar Buluntuları, AnadoluAraş X, 1986, 455-466.

[44] Tekocak, M., Kelenderis Batı Nekropolünden Bir Mezarın Buluntuları Üzerine Değerlendirmeler, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 27, 2012, 305-315.

[45] Baldıran, A., Stratonikeia'dan Unguentariumlar, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi , 4, 1999, 335-356.

[46] Civelek, A., Stratonikeia-Akdağ Nekropolis'inden Bir Mezar, Anadolu/Anatolia 30, 2006, 47-64.

[47] Fırat, N., Perge Konut Alanı Kullanım Keramiği" C. Abadie- Reynal (ed.), Les céramiques en Anatolie aux époques héllenistique et romaine. Actes de la Table Ronde d'Istanbul, Varia Anatolica XV, 91-95.

[48] Özhanlı, M.-Şen, Z., Side'den Geç Roma Unguentariumları, Ege Üniversitesi Arkeoloji Dergisi X, 2007/2, 141-155.

[49] Özhanlı, M.-Fırat, M., Side Unguentariumları Işığında Dinin Kapların Kullanım Alanları Üzerindeki Etkileri, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi 23, 2011, 7-30.

[50] Yurtseven, F., Tarsus Köylü Garajı Mezarı Buluntuları, Anadolu/Anatolia 31, 2006, 91-121.

[51] Aydın-Tavukçu, Z., *Parion Nekropolü 2005 Yılı Buluntuları*, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Erzurum, 2006.

[52] Laflı, E., *"Güney Karadeniz Kıyılarında Hellenistik ve Roma Dönemleri Seramik Arkeolojisi: Araştırmaların Ulaştığı Nokta ve Genel Değerlendirmeler"*, 169-188, Karadeniz Araştırmaları Sempozyum Bildirileri 16-17 Nisan Ankara, 2004.

[53] Aydıngün, Ş.-Aslan, A.-Kaya, D., Küçükçekmece Göl Havzası (Bathonea?) Kazılarında Ele Geçen Unguentariumlar, İstanbul Araştırmaları Yıllığı, 2, 2013, 1-14.

[54] Laflı, E., Güney Anadolu Müzeleri Antik Dönem Seramikleri 2001 Çalışma Raporu-İlk Sonuçlar, Arkeoloji ve Sanat 108, 2002, 33-45.

[55] Özüdoğru, Ş.-Dündar, E., Kibyra Geç Roma-Erken Doğu Roma Mühürlü Unguentariumları, Olba XV, 2007, 145-164.

[56] Ötiken, S.Y., 2002 Yılı Demre-Myra Aziz Nikolaos Kilisesi Kazısı ve Duvar Resimlerini Koruma-Onarım ve Belgeleme Çalışmaları, Adalya VIII, 2005, 263-285.

[57] Hierokles, Gustavi Parthey (ed), *Synekdemos* Amsterdam, 1967a.

[58] Hierokles, Gustavi Parthey (ed), *Notitia Graecae episcopatuum*, Amsterdam, 1967b.

[59] Saygılı, B., *Kibyra Kalıp Yapımı Kaseleri*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayımlanmamış Yüksek Lisan Tezi, İzmir, 2011.

[60] Hayes, J. W., Excavations at Saraçhane in İstanbul 2, The Pottery, Princeton, 1992.

[61] Grünbart, M.-Lochner-Metaxas, S., Stempel(n) in Byzanz, Wien, W. Hörandner – J. Koder – M. Stassinopoulou (Hrsg.), Wiener Byzantinistik und Neogräzistik. Beiträge zum Symposion 40 Jahre Institut für Byzantinistik und Neogräzistik der Universität Wien im Gedenken an Herbert Hunger. Wien 4.-7. Dezember 2002. (Byzantina et Neograeca Vondobonensa 24). Wien, 177-189.

SERAMİK ÜRETİMİNDE ÇAĞDAŞ BİR BİÇİMLENDİRME YÖNTEMİ OLARAK ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR
3D PRINTERS AS A CONTEMPORARY SHAPING METHOD IN CERAMICS PRODUCTION

Adile Feyza ÖZGÜNDOĞDU

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik ve Cam Bölümü, Samsun / TÜRKİYE

ÖZET

70'li yıllarda icat edilen üç boyutlu yazıcılar (*3D printers*) 90'lı yılların ortalarından itibaren ticari amaçla plastik prototip üretmek üzere kullanılmaya başlanmıştır. Üç boyutlu baskı, ya da bir başka ifadeyle üç boyutlu çıktı, birçok farklı prosese sahiptir. Bu yöntem ile metal, plastik ve fotopolimetrik (ışıkla sertleşebilen) materyal basılabilmektedir. Günümüzde üç boyutlu baskı makineleri, seramik hammaddesini diğer seramik ürünlerin sahip olduğu aynı estetik kalitede basabilmektedir. Daha sonraki işlemler geleneksel yöntemlerdeki gibi bisküvi ve sır/dekor pişirimi şeklindedir. Araştırmacılar bu üretimi daha da öteye taşıyarak, bu makinelerle sır ve dekoru porselen bünyeye uygulayıp aynı zamanda 1200C'de pişirme işlemini de gerçekleştiren fonksiyonlar da kazandırmışlardır. Çalışmalar üretim süresini daha da kısaltıp, iş gücü ve enerjiden tasarruf etme yönünde yeni uygulamalar ortaya koymaktadır: Mısır pastası'ndan ilham alınarak üretilen kendinden sırlı kompozisyonu üç boyutlu olarak basarak tek pişirimle sonuç alma yönünde uygulamalar yapılmaktadır. Aynı zamanda bu sayısal çıktı yöntemi CNC üretim yöntemini ileriye taşıyarak inşa edici farklı varyasyonlar da önermektedir. Endüstri tasarımcıları bu yönteme zaman, iş gücü kazancı ve maliyet açısından bakarken, sanatçılar da bu yöntemlerin estetik potansiyel yönüne odaklanmakta olsalar da seramikte üç boyutlu çıktı yönteminin mühendislikte ileri teknoloji parçalarının üretiminde ve biyolojik uyumlu implantların üretilmesinde kullanılıyor olması heyecan verici bir başka yöndür. Bildiride bu biçimlendirme yöntemine dair

tasarım, üretim, sanatsal kullanım ve hedefler açısından panoramik bir bakış açısı sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler:
Eklemeli üretim, üç boyutlu çıktı, üç boyutlu yazıcılar, seramik üretimi

ABSTRACT

3D printers which were invented in 1970's, were started to be used for commercial purposes, namely for producing plastic prototype. 3D press, in other words 3D printout has many different processes. Thanks to this method metal, plastic and photopolymeric material can be printed. Today 3D printing machines can print ceramic raw material with the same aesthetic quality as other ceramic products have. The latter processes are as biscuit and glaze/decor caking. Researchers carried this production further and redounded functions to these machines so as to apply glaze and decor to the porcelain body and perform caking operation at 1200oC. The studies are introducing new applications so as to decrease the production period and save work power and energy: There are applications where self glazed composition which was produced with the influence of corn cake, was printed as 3D and obtain result with single caking. At the same time this numerical printout method carries the CNC production method further and suggests different building variations. While industrial planners consider this method from the work power benefit and cost point of view, artists also focus on the aesthetic potential way of these methods. On the other hand the 3D printout method in ceramic being used in production of advanced technology parts in engineering and implants with biological adaptation is another exciting issue. In the paper a panoramic point of view has been introduced regarding this shaping method in terms of design, production, artistic usage and targets.

Keywords: Additive manufacturing, 3D Printing, 3D Printers, ceramics production

1. GİRİŞ

Üç boyutlu çıktı ya da üç boyutlu baskı (*3D printing*) geleneksel üretim yöntemlerinden farklı olarak son yıllarda üretim teknolojilerinde sıklıkla bahsedilen, prototip üretiminde tercih edilen ve sanayide yer almaya başlayan "eklemeli üretim" (*additive manufacturing*) için kullanılan bir terimdir. Yüzyıllardır kullanılagelen kesme, delme, kalıba dökme, yapıştırma, vidalama vs. gibi ana malzemeden kullanılacak parçaları çıkararak ürün elde etme yöntemine ise bu nedenle "çıkarmalı üretim" (*substractive manufacturing*) adı verilir. Eklemeli üretimde nihai ürün, sayısal ortamda tasarlanan üç boyutlu modelin yazıcıya gönderilerek hammaddenin katmanlar halinde birbiri üzerine yığılmasıyla ya da toz zerreciklerinin sertleştirilmesiyle somut hale gelir. Plastik ya da toz yapıda olsun ana maddenin çeşitli yöntemlerle birbirine eklenmesi söz konusu olduğundan bu yöntem eklemeli üretim adını alır.

Tasarlanan model, bilgisayar destekli bir tasarım programı ile çizilebileceği gibi aynı zamanda üç boyutlu tarayıcılar vasıtasıyla, yazdırılacak objenin şeklini bilgisayarın okuduğu bir veri türüne dönüştürerek de oluşturulabilir. Ardından bu model, yine bilgisayar ortamında ince"dijital katmanlar" haline dönüştürülür. Sonrasında bir platform üzerine, en alttaki katmandan başlayarak, sıvı, toz, ya da ince yaprak yapısındaki malzemeler üst üste, kesitler halinde yığılarak parçanın ortaya çıkması sağlanır. Son olarak, bilgisayar destekli bir tasarım programındaki modelin dijital kesitlerine denk gelen bu katmanlar birbirlerine eklenerek, ya da yığma esnasında kaynaştırılarak parçanın son haline ulaşılır.

Bu üretim teknolojisinin geliştirilmesi ve ilk örnekleri 70'lerin ortalarına dayanıyor olsa da, ticarileştirilmesi ve patentli üretimi 1984'dedir. Üç boyutlu yazıcılar günümüzde hem prototipleme hem de sanayi üretim amacı ile kullanılmakta, mimari, inşaat, endüstriyel tasarım,otomotiv, havacılık, uzay, savunma, mühendislik, dişçilik, medikal, biyoteknoloji (yapay doku), moda, ayakkabı, mücevher, aksesuar, eğitim, gıda gibi bir çok alanda yer bulmaktadır.

Üç boyutlu yazıcılar ile günümüzde yaygın olarak polimer, seramik ve metal malzemeler üretilebildiği gibi, amaca yönelik gıda ve organik bileşenler ile de üretim yapılabilmekte, tasarımcılar bu üretim teknolojisinin sınırlarını genişletmeye yönelik alternatif malzeme ve ürün arayışına devam etmektedir.

2. ÜÇ BOYUTLU ÇIKTI TÜRLERİ, MALZEMELER VE YAZICILAR

Kırk yılı aşkın bir süredir eklemeli üretim adı altında çok farklı biçimlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Temelde hemen hemen hepsi katmanların inşası şeklinde gerçekleşiyorsa da, tasarıma ve malzemeye bağlı olarak inşa edilecek maddenin katılaştırılması ve katmanların bağlanması açısından farklı pek çok yöntem vardır. Genel olarak üç boyutlu çıktı işlemleri iki ana grup olarak sınıflandırılabilir. Birinci grup (*binding processes*) yazıcı başlığın z ekseninde katman katman serilen tozu her bir defasında x ve y eksenlerine göre sinterleyerek ya da ergiterek sertleştirmesi esasına dayanır. Malzeme yığma (*deposition processes)* şeklinde tarif edilebilir diğer üretim sınıfında ise yazıcı başlık ekstruderden çıkan malzemeyi katmanlar halinde birbiri üzerine biriktirerek yığar. Seramik üretiminde her iki gruptaki üretim şekillerinden de kullanılmaktadır.

2.1. Sertleştirme İşlemi İçin Kullanılan Yazıcılar

Birinci gruptaki toz zemini sertleştirme esasına dayanan yöntemlere şunlar örnek verilebilir: Steryolitografi (*Stereolithography, SLA*), Seçici Lazer Sinterleme (*Selective Laser Sintering, SLS*), İnkjet Toz Baskı (*Inkjet Powder Printing, 3DP*), Tabakalı Cisim Üretimi (*Laminated Object Manufacturing, LOM)*. İkinci grupta yer alan yöntemler ise; Birleştirmeli Yığma ile Üretim (*Fused Deposition Modelling, FDM*), Çamur Ekstrüzyon (*Paste Extrusion*), *Polyjet* olarak sınıflandırılabilir.

Steryolitografi'de kullanılan malzeme, ışığa maruz kaldığında sertleşebilen reçine benzeri bir likid polimer türüdür. Bir havuzda bulunan malzemeye lazer ışınının x ve y ekseninde katmanlar halinde uygulanarak kesitin sertleştirilmesi esasına dayanır. Aynı zamanda hızlı prototipleme olarak da bilinen bu yöntem son derece ince detayların verilebilmesini mümkün kılmaktadır.

Seçici Lazer Sinterleme pudra halindeki malzemenin güçlü lazer ışınına maruz kalarak ısıyla sertleştirilmesi yöntemidir. Bu üretimde pudra haline getirilebilen ve yüksek lazer ışınıyla sertleşebilen her malzeme kullanılabilir: Kompozit materyaller, naylon, metaller, seramik türleri, cam, alçı ve kum gibi. Bu yöntemin ticari olarak endüstride yaygın bir yer buluyor olmasının yanı sıra ileri ufuklu deneysel uygulamalar aynı zamanda dikkat çekicidir: Alman tasarımcı Markus Kayser'in "*Solar* Sinter" adlı projesi çöl kumlarını güneş ışınlarıyla sinterleme uygulamasıdır.

Bir havuz içinde bulunan silika kumu partiküllerini çöl güneşinde özel bir düzenekle 1400 C'nin üzerinde bir ısıya maruz bırakarak ürün elde etme uygulaması ilgi çekicidir. Bundan başka Avrupa Uzay Ajansı'nın da dahil olduğu araştırma grubunun yürüttüğü bir araştırma seçici lazer sinterleme yönteminin üretimi hakkında fikir verir: Yaşanılabilir Ay Yerleşkesi (*Habitable Lunar Settlement*) projesi ile ay toprağı 'regolit'i sertleştirerek yapı elemanları üretme çalışmaları yapılmaktadır. Buna yönelik olarak üç boyutlu yazıcıların üretim süresini kısaltan ve yapıyı hafifleten süngersi dokudaki yapı birimlerinin bu yöntemle çıktıları alınmaktadır.

İnkjet Toz Baskı, Seçici Lazer Sinterleme'ye benzer bir üretim yöntemidir. Ancak pudra formundaki malzemenin lazerle ergitilerek sertleştirilmesi yerine toz baskıda bir tür sertleştirici partikülleri yapıştırmak üzere toz zemin üzerine püskürtülür. Bu işlem kağıt üzerine baskıda kullanılan inkjet yazıcılara çok benzer ve bu yazıcılardaki başlığın aynısı kullanılır. Bu nedenle püskürtülen yapıştırıcıya boya katılarak ürün renklendirilebilir. İnkjet toz baskı diğer ergitmeli ve sinterlemeli üretimlere göre direnci daha düşük bir sonuç verir. Dolayısıyla ürün çeşidi farklıdır: Fotogerçekçi portre ya da figürlerin üretimi için ideal bir üretim şeklidir. Alçı benzeri pudra malzeme istenilen renkte hazırlanan sertleştirici sayesinde dayanıklı hale gelir ve bu şekilde üç boyutlu gerçekçi fotoğraf baskıları alınmaktadır. Diğer taraftan çok yakın bir zamanda seramik ve cam üretimini mümkün kılan inkjet toz baskıya uygun malzeme kompozisyonları da geliştirilmiştir. Bu üretimlerde kil ya da cam bünye kompozisyonu bir tür sertleştirici sayesinde inkjet toz baskıyla mekanik dayanıklılık kazandırılarak biçimlendirilmekte ve ardından fırına girmeye hazır hale gelebilmektedir. Endüstride çeşitli üretimleri mümkün kılan bu baskı türü ileri seramik malzemeler için mühendislik alanında pek çok yeni araştırmayla geliştirilmeye devam etmekte ve bir diğer taraftan bu yöntemin özgün sanatsal sonuçları izleyicileri etkilemektedir. İngiliz tasarımcı Adam Nathaniel Furman'ın *Identity Parade* adlı sergisindeki seramikler bu üretim tekniği için serbest tasarımlara verilebilecek örneklerdendir.

Bir diğer üretim şekli tabakalı cisim üretiminde (*Laminated Object Manufaturing, LOM*) ise kağıt türü malzeme ısıya ve basınca duyarlı bir yapıştırıcı ile kaplanır. Bir rulodan beslenen malzeme istenilen formda lazerle kesilerek, ısıtılmış bir silindir yardımıyla bir önceki tabakaya yapıştırılır. İşlem parça bitinceye kadar devam eder.

2.2. Malzeme Yığma İşlemi İçin Kullanılan Yazıcılar

Malzeme yığma şeklinde çıktı veren yazıcılar sıvılaştırılmış ya da plastik hale getirilmiş malzemeyi yazıcı başlığındaki bir ekstruder yardımıyla katman katman inşa eder. Sertleştirme (*binding*) esasına dayanan diğer gruptaki yöntemlerde ürünün inşa edilirken pudra formundaki hazneye gömülü olması ve dolayısıyla destek gerektirmemesinin aksine, malzeme yığma üretiminde ürün zemin üzerinde katmanlar halinde oluşurken çökmeden ayakta kalabilmesi için ayrıca destek gerektirir.

Eritilmiş Malzeme Yığma (*Fused Deposition Modelling, FDM*) lif halindeki termoplastik malzemelerin eritilmesiyle oluşturulan tabakanın aniden soğutulup bir önceki tabakaya ile yapıştırılması esasına dayanan bir sistemdir. Deneysel araştırmalar, termaplastik sertleştirici malzemeler karıştırılarak ahşap, metal ve seramik ile kompozit hale getirilebilen modelleme çalışmaları da yürütmektedir.

Macun ekstrüzyon (*Paste extrusion)* olarak da ifade edilebilen bu teknik özellikle atölye tarzı sanatsal ve deneysel seramik uygulamaları çalışan tasarımcılar tarafından en yaygın kullanılan üretimdir. Bu teknikte kullanılan malzeme plastik kıvamdadır. Ürün, eritilmiş malzeme yığma yöntemine benzer olarak enjeksiyon benzeri bir uçtan (*nozzle*) malzemenin basınçla çıkmasıyla kat kat yığılır. Ancak macun ekstrüzyonda malzemenin eritilerek bir önceki katmana yapışmasından farklı olarak, burada kullanılan malzeme tamamen ya da kısmen soğuktur. Bu üretim çeşitli malzemeler ile yapılabilecek deneysel üretimleri araştırabilmek için deneysel ya da açık kaynaklı (*open-source printers*) yazıcılarla yapılır. Teknik gerekliliklerinin çok fazla olmaması nedeniyle, enjeksiyondan çıkarılabilen her türlü malzeme baskı malzemesi olarak kullanılabilir. Bu yazıcılar yaygın olarak büyük boyutlu mimari inşalar için beton ve çimentoyu, özellikle detaylı yapıları olan seramikler için kili, değerli metal kilini, hamur ya da çikolata gibi gıdaları ve canlı dokular için biyomalzemeleri biçimlendirebilmektedirler.

Macun ekstruderle biçimlendirme yapan çoğu üç boyutlu yazıcılar araştırma projeleri ile geliştirilmiştir ve aynı zamanda *Fab@home* projesi örneğindeki gibi 'herkesin üretim yapabilmesi' hedefinde olan mühendisler, yatırımcılar, öğrenciler, sanatçıların içinde yer alabildiği geniş gruplar arasında oldukça popülerdir.

Malzeme yığma esasına dayanan yazıcılara verilebilecek son örnek *Polyjet*, steryolitografiye benzer biçimde fotopolimer biçimlendirir. Ancak ilkindeki gibi

reçine dolu bir hazneye gömülü olması ve katman katman sertleştirilmesinin aksine, *poyljet* inkjet yazıcı gibi baskı ucu kullanır. Çok delikli bir ekstrüzyon ucundan polimer reçine püskürtülür ve ultraviyole ışını ile dondurularak ürün oluşur. Aynı anda bir çok farklı materyali kullanan, çok ince katman kalınlığına sahip yüzeyleri kaliteli çıkarabilen bir teknolojidir.

3. ÜÇ BOYUTLU SERAMİK ÇIKTI ÜRÜNLERİ

Seramik, alan itibariyle çok geniş bir malzeme skalası ve ürün çeşidi barındırmaktadır. Bu nedenle geleneksel üretimlerden, ileri teknoloji uygulamalarına kadar pek çok çalışma alanının içinde yer alabilmektedir. Bu perspektiften bakıldığında üç boyutlu yazıcılarla üretilebilen seramiklerin, atölye tarzı sanatsal ve deneysel ürünlerden, endüstriye ve tıbbi kullanımlar için geliştirilen mühendislik üretimlerine varana dek çok çeşitli amaçlar için tasarlandığı göz önünde tutulmalıdır.

Bu bölümde örneklenecek seramik çıktı ürünleri kapsamında mühendislik alanına giren ileri teknoloji seramikleri çerçeve dışında bırakılarak daha çok deneysel tasarım ve sanatsal araştırma örnekleri incelenecek, fikir verici olması düşüncesiyle endüstriyel üretimlerden de birkaçına yer verilecektir.

Şekil 1-2. L'Artisan Electronique projesi düzeneği

Figure 1-2. L'Artisan Electronique Project

İstanbul Tasarım Bienali kapsamında 2012'de ülkemizde tasarımlarını sergileyen *Unfold* 2002'de kurulan Belçika'lı bir tasarım grubudur. Bu grup tasarımlarının arkasında multidisipliner bir yapı olmasını amaçlamaktadır. Bu anlamda pek çok

tasarımcı ve sanatçıyla birlikte çeşitli projeler gerçekleştirmektedir. Unfold'un Tim Knapen ile birlikte 2010'da çalıştığı *L'Artisan Electronique* projesi bir dijital zanaatçılık denemesidir. "Elektronik zanaatçılık", çömlekçi tezgahının gerektirdiği el ustalığı ile birlikte dijital biçimlendirmenin bir arada nasıl düşünülebileceğine dair deneysel bir uygulamadır. Tasarlanan düzenek amatör ellerin biçimleyebildiği dijital bir çömlekçi tezgahından somut ürün elde etmeyi mümkün kılmaktadır. Projede, karşısındaki ekranda sanal bir silindirin döndüğü bir diskin üzerinde çalışan kişinin el hareketini takip eden bir lazer okuyucu bulunmaktadır. Silindiri kendine göre biçimlendiren kişi sanal görüntüyü karşısındaki ekrandan takip etmekte ve tamamladığına karar verdiği son görüntünün koordinatları bilgisayara gönderilmektedir. Ardından bilgisayar bu bilgiyi üç boyutlu yazıcıyı göndermekte, yazıcı da ekstruderle tasarlanan biçimi çamurdan inşa etmektedir. Proje, biçimlendirici eli dışarıda bırakan makineye ya da torna ustalığına karşı, bir amatörün nasıl etkin olabileceği konusunda etkileşimi sorgulayan bir deneysel tasarım ve üretimdir.

Şekil 3-4. Stratigraphic Manufactury projesi düzeneği ve ürünleri
Figure 3-4. Stratigraphic Manufactury Project and productions

Unfold İstanbul Tasarım Bienali için 2012'de sergilediği *Stratigraphic Manufactury* (katmanlı üretim) adlı projeyle, geliştirdikleri üç boyutlu çıktı üretim teknikleri ve ürünlerini izleyiciyle buluşturmuştur. Türk seramikçi ve tasarımcılarının da dahil olduğu bu proje küresel anlamda birbirleriyle bağlantılı küçük boyutlu yerel üreticilerin porselenin dijital üretimi ve dağıtımına dair bir model oluşturma amacını taşımaktaydı. Unfold'un tasarladığı ürünlerin dijital dosyaları üç boyutlu çıktı teknolojisini kullanabilen çeşitli üreticilere e-mail yoluyla gönderilmiştir. Dijital

dosyalarda değişiklik yapmamak üzere üretim esnasında kişisel ya da yerel etkilerden faydalanabilecekleri bir seçenekle üreticiler kendi porselen serilerini ortaya koydular ve tüm daha sonra bu porselen ürünler bir arada sergilemiştir. Bu projenin İstanbul ayağını oluşturan stüdyoda Mustafa Canyurt ve Ahmet Gülkokan yer almıştır.

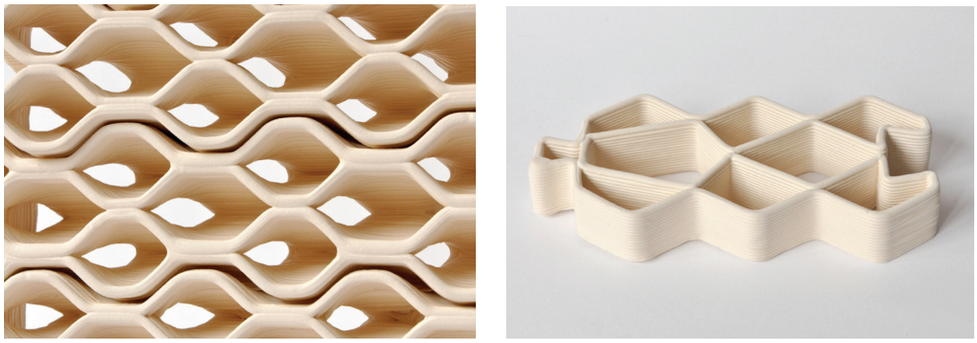
Şekil 5. "*Icebergs*" 2013, Porselen, Macun Ekstrüzyon ile biçimlendirme
Figure 5. "Icebergs" 2013, Paste Extrusion

İngiliz seramik sanatçısı Jonathan Keep, 'in kendi geliştirdiği yazıcısıyla ürettiği porselenleri 2014 Tayvan Bienali kapsamında sergilenmektedir. Keep geleneksel yöntemlerle çalıştığı porselenlerinin yanı sıra bu teknolojinin sağladığı avantajları göz önüne alarak elle üretmesinin mümkün olmadığı detayların yer aldığı tasarımlarını geliştirmiş ve bunu uygun yazılımla dosyalamıştır. "*Icebergs*" serisi buzdağlarının oluşumuna ve değişimine dair üç boyutlu yazıcının üretim biçimine gönderme yapmaktadır. Keep, dokusal ve biçimsel olarak bu jeolojik oluşumların karakterini ortaya koyarken, bu dijital biçimlendirme yönteminin sanatçının kendi özgün yorumunun önüne geçmeyen aksine destekleyen avantajlarını kullandığına işaret etmektedir.

Şekil 6-7. Medalta'da üretilen seramik form örneği, 2013, Seçici Lazer Sinterleme
Figure 6-7. Ceramic Form produced at Medalta, 2013, Selective Laser Sintering

Bu teknolojiyle üretim yapanlara bilgisayar, tasarım ve malzeme yönünden yardımcı olan bir firma olan Tethon'da çalışan seramik sanatçıları Gregh Pugh ve John Ballistreri Kanada'daki seramik merkezi Medalta için bir yazıcı geliştirmişlerdir. Hazne içindeki seramik tozunu sertleştirme esasına dayanan seçici lazer sinterleme yazıcısı ve diğer seramik yazıcı türleri, çalışma prensipleri hakkında bir workshop düzenleyen sanatçılar daha sonra çalışma grubuyla birlikte üretim gerçekleştirmişlerdir. Kil malzeme ile karmaşık konstrüksiyonların inşasını mümkün kılan bu üretim şeklini öğrenme fırsatı veren Medalta örneği günümüzde yaygınlaşmaya başlamıştır. Çeşitli seramik stüdyoları ve sanatçı misafirliği programları bu üretim hakkında atölye çalışmaları düzenlemektedir.

Üç boyutlu çıktı üretim firması Figulo, bu tür üretim yapan çeşitli firmalara bir örnektir. Inkjet toz baskı yazıcılarıyla müşterilerinin taslak ya da dijital tasarımlarını istenilen renkte biçimlendirip, sırlı olarak teslim eden firma el ile üretimi zor olan ya da mümkün olmayan tasarımlara yönelik kendi yazıcısı olmayan ya da bu teknolojiye hakim olmayan pek çok sanatçı ve tasarımcı için olanaklar sunmaktadır.



Şekil 8-9. "*Building Bytes*", 2012, Macun Ekstrüzyon ile biçimlendirme

Figure 8-9. "Building Bytes", 2012, Paste Extrusion

Amsterdam merkezli Design Lab Workshop un kurucularından Brian Peters'ın Avrupa Seramik Merkezi (EKWC)'deki misafir sanatçılığı programı dahilinde kaldığı süre içinde ürettiği "*Building Bytes*" serisi ileriye dönük mimari konstrüksiyonların geliştirilmesine yönelik bir projedir. *Building Bytes* üç boyutlu yazıcılarla üretilebilir temel mimari birimler – büyük ölçekli seramik tuğlalar- oluşturma olanaklarını araştırmak üzere yapılmış bir uygulamadır. Peters üç boyutlu yazıcılar üzerinde yıllardır çalışmaktadır ve EKWC'deki çalışması kapsamında büyük ölçekli projeler için masaüstü bir üç boyutlu yazıcı kullanmak ister. Elindeki sabit kaynaklarla seramik tuğlalar üretmek için masaüstü 3 boyutlu yazıcı, sınırlı kapasitede materyal saklama sistemi ve kil ile özel bir ekstrüzyon kafası kullanmıştır. Üç boyutlu basılmış seramik tuğlaların büyük ölçekli mimari yapıların inşasında kullanılması amaçlanmıştır.

Peters amacının aynı anda çalışan birçok yazıcıya sahip olmak olduğunu ifade etmektedir: "Şu anda bir tuğlayı basmak 15 dakika sürmektedir, bu yüzden zannetmiyorum ki henüz var olan üretim materyalleriyle yarışabilirim. Fakat yaptığım bu üretimin özel olarak yapılmış bir ev veya yapı tasarlamak ve onun inşasını kurgulamak gibi faydaları olduğunu düşünüyorum"

4. "NE YAPABİLİRİM, NASIL YAPARIM ?"

Bu teknolojiyi öğrenmek, geleceğe dönük bir vizyon oluşturmak üzere teknik olanakları görmek, özgün tasarımlarını üretmek isteyen araştırmacılar, tasarımcılar, öğrenciler ve sanatçılar için online üç boyutlu baskı büroları hizmet vermektedir. Shapeways, iMaterialise, Ponoko, Sculpteo gibi pek çok firma hangi malzeme

istenirse istensin, ilgili programda hazırlanmış tasarım dosyasını online olarak alıp, müşteriye hazır ürün olarak teslim etmektedirler. Aynı zamanda bu firmalar online market olarak da işlev görmekte, tasarımlarının satılmasını isteyen müşterilerinin ürünlerini web sitelerinde sergileyerek gelecek siparişleri tasarımcısına belli yüzdede ücret ödeyerek üretim yapıp satabilmektedir.

Bu üretim içinde birebir yer almak isteyenlere yönelik Avrupa ve ABD'de yerel kuruluşlar da vardır. Bu stüdyolar ya da küçük ölçekli atölyeler 'kendin yap' yaklaşımıyla aynı zamanda müşterisiyle etkileşim içinde olabilmektedir.Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nün geliştirdiği bir konsept olan *FabLab* ise katılımcı ya da izleyicilerle birlikte üç boyutlu yazıcılar ve diğer dijital gereçleri kullanarak üretim yapılabilir küçük ölçekli atölyelerdir. Günümüzde Avrupa'da ve ABD'de büyük pek çok şehirde bu tür stüdyolar vardır.

Üç boyutlu çıktı ürünlerinin tüketiciyle yaygın olarak buluşabilmesiyle beraber kişiye özel ürün talepleri de artmıştır. Çeşitli pek çok malzemenin yanı sıra üç boyutlu çıktıyla üretilebilir porselen takı eşyaları, vazolar, lambalar, dekoratif objeler ya da müşterinin kendi figürini gibi taleplerle birlikte çeşitli firmalar bu tür üretim hizmetleri de vermektedir.

Üçboyutlu çıktı üretimi için önemli bir konu yazılımlardır. Yazılım kullanımı ve tasarımları geliştirilmesi uzmanlık ve deneyim gerektiren önemli bir alandır. Bu konuyla ilgili olarak yazılımlar "*Building-block*", "*Task like a sculptor*" "*Creation of figurines*" gibi sınıflandırmalar altında toplanabilir pek çok yazılım mevcuttur.

Kişisel girişimlere dair bir başka konu da üç boyutlu çıktı için dosya paylaşımıdır. Basılabilir obje araştırması yapan ya da üzerinde değişiklik yapmak üzere dijital tasarım arayanların kullanımı için ortak kullanıma açık tasarım veri havuzları ve kamusal platformlar kurulmuştur. Bir diğer taraftan kullanıcılar kendi tasarımlarını ortak paylaşıma açabilmektedir. Bu sitelerin içerik kullanımı ticari amaçlı olmamak üzere serbesttir.

Kendi yazıcısını edinmek isteyen kullanıcılar için geniş bir ürün yelpazesi söz konusudur. Üretilmiş belli modellerin yanı sıra yazıcılar artık kullanıcının ihtiyacına göre değiştirilebilir ve geliştirilebilir olmuştur. Bu nedenle yazıcı parçaları aynı zamanda ayrı olarak da müşteriye sunulmaktadır. Endüstriyel amaçlı üretimden uzak, kişisel ve küçük ölçekli üretim için yazıcılarla ilgili bilgi edinmek isteyen araştırmacılara internetten ulaşılabilir *MAKE Ultimate Guide to 3D Printing* klavuzu geniş bir seçki sunmaktadır. Aynı zamanda pek çok tasarımcı yazıcılar üzerinde

değişiklik yaparak kendi geliştirdikleri modelleri paylaşmaktadırlar. Seramik sanatçısı Jonathan Keep kendi geliştirdiği model sanatçılara ve hobi amaçlı çalışanlara yönelik bir yazıcıdır. Keep'in gereçler ve yapım aşamalarının tüm detaylarını araştırmacılar ile paylaştığı model ekstrüzyon ile çalışan gelişmiş yazıcılar ile karşılaştırıldığında daha mütevazi bir yazıcıdır. (http://www.keep-art.co.uk/Self_build.html)

Kişisel kullanımlara uygun üç boyutlu yazıcılar ve servis hizmetleri Türkiye'de de kolay temin edilebilir hale gelmiştir. Artık ülkemizde kişisel deneyimlerin paylaşılmasına yönelik pek çok workshop düzenlenmekte, üç boyutlu biçimlendirmeye dair kuramsal ve teknik bilgilerin verildiği kurumsal ve eğitim ortamları sağlanmaktadır.

5. GENEL DEĞERLENDİRME

Üç boyutlu çıktı teknolojisi yalnızca bir üretim çeşidi olmanın ötesinde bir tasarım, üretim ve tüketim felsefesi önermektedir. Kullanıcının aynı zamanda tasarımcı ve tüketici olması, yeni bir zanaatçılığa doğru gidildiğine işaret etmektedir. Bu teknoloji ile ilgili pek çok tartışma sürmektedir. İnternetin sağladığı bilgi paylaşımı ve üç boyutlu ürün çıktısı alabilmenin üretim gücünün el değiştirmesine yol açabileceği, paylaşımın sınırları ve üretim hakları, yeni endüstrilerin oluşumu henüz tartışılmakta olan konulardır.

Seramik üretimi açısından bakıldığında bu üretim çeşidinin geleneksel üretimlerin yanında sağladığı avantajlar endüstriyel ve sanatsal açıdan değerlendirilebilir. Seramik endüstrisi kuşkusuz düşük maliyetle daha çok talep edilebilir ürün hedefindedir. Bu teknoloji ise prototiplemenin ötesinde çoklu üretim için henüz çok yakın gelecekte bir potansiyel öneremektedir. Ancak hızlı gelişim bu teknolojinin seramik endüstrisi içinde yer almak üzere kendini geliştirmesinin mümkün kılacağını haber vermektedir. Batı İngiltere Üniversitesi Baskı Araştırma Merkezi'nin AHRC (*art and humanities research center*) desteği alarak yürüttüğü proje mısır pastasına benzer bir bünye kompozisyonundan üç boyutlu çıktı alınabilmesi ve dolayısıyla tek pişirimle düşük maliyetli kendinden sırlı ürün elde edilmesi yönündedir. Bir başka uygulama ise dekor baskının seramik ürüne uygulanırken aynı zamanda yüksek ısıyla dekor pişirimimin yapılmasını sağlamaktadır. Dijital tasarımdan direkt ürün almanın bir başka avantajı ise kalıpla

döküm elde etmenin mümkün olmadığı derecede karmaşık yapıların çıktısının alınabilmesidir. Seramik ve diğer malzemelerin tasarımı konularında "kompleks yapı estetiği" şeklinde ifade edilebilir bir başka anlayıştan bahsedilmektedir. Dolayısıyla artık seramik ürün tasarımında yeni bakış açılarının geliştirilmesi konusu gündemdedir.

Geleceğe dönük değerlendirmeler şu iki noktaya dikkat çekmektedir: Yaklaşık otuz yıllık geçmişi olan bu teknolojide artık her türlü malzemeyi basabilen çok düşük maliyetli yazıcılar ve kullanımı çok pratik yazılımlar ya da yazılım hizmetleri mevcuttur. Kişisel üretimler artık çok kolay yapılabilmektedir. Sanatçı / tasarımcı / öğrenci açısından ileriye dönük koyulabilecek hedeflerden biri üç boyutlu üretime özel tasarım ve bu üretime özel malzeme geliştirilmesidir. Diğer alanlar gibi seramik endüstrisinde geleneksel üretim teknolojilerine yönelik ürün tasarlama bilgisi olan ve bu alanda deneyime sahip insanlar mevcuttur. Ancak üç boyutlu baskı ve benzeri katmanlı üretim teknolojilerinin avantajlarını kullanacak tasarımlar ortaya koyabilecek tasarımcı sayısı tüm dünyada oldukça azdır. Dolayısıyla bu durum yakın gelecekte yeni jenerasyon için yepyeni bir tasarım alanı ve fırsatlar anlamına gelmektedir. Bir başka tasarım konusu da hammadde tasarımıdır. Mevcut seramik bünyelerin toz formu ya ekstrüzyona uygun formunun geliştirilmesi ve çeşitlendirilmesi çeşitli ve daha kontrollü üretimi mümkün kılacaktır.

Geleceğe dönük değerlendirmeler, üç boyutlu çıktı üretiminin kendi tasarımcısı ve tüketicisiyle birlikte farklı bir profilin oluşacağı ve kendi felsefesini temellendireceği yönündedir. Seramik alanında zanaat, sanat ve endüstrisi için çok farklı ürün ve üretim metotlarının geliştirileceği beklenmektedir.

KAYNAKÇA

[1] Warnier, C., Verbruggen D., *Printing Things, Visions and Essentials for 3D Printing,* Gestalten/Germany, 2014.

[2] http://www.serfed.com/content_files/dergi/28/106-111_bilim_makalesi.pdf

[3] http://www.3byazici.com

[4] http://muhendishane.org/uc-boyutlu-yazicilar-ve-sanayideki-kullanim-alanlari/

[5] 3ders.org/articles/20140328-print-like-an-egyptian-uwe-bristol-develops-simplifed-3d-ceramic-printin

[6] http://www.3ders.org/articles/20121101-3d-printed-ceramic-bricks-developed-for-large-scale-construction.html
[7] http://rumahlaptop.com/video/_8IMB16lcvo/Ceramic-3D-Printing-Medalta.html
[8] http://unfoldfab.blogspot.com.tr/
[9] http://ceramic-lab.com/page/3
[10] http://www.keep-art.co.uk/
[11] http://www.3bfab.com/3bfab
[12] http://www.cadcamsektoru.com/ansiklopedi/Hizli-Prototip-Uretim-Teknolojisi-9612.htm
[13] http://tethon3d.com/
[14] http://3dprinterplans.info/how-to-3d-print-beginners-guide-to-3d-printing/
[15] http://medalta.org/
[16] http://atolyeistanbul.co/blogmain/2013/11/27/3dprinter-workshop-nov13
[17] http://www.3byazici.com/p/3d-printer-teknolojileri-3d-yazclar-ile.html
[18] http://www.youtube.com/watch?v=VxNzo3ckVOo
[19] http://public.ceramics.ntpc.gov.tw/ceramics/index.php?lang=en
[20] http://www.ahrc.ac.uk/News-and-Events/Watch-and-Listen/Pages/3D-Printing-in-Ceramics.aspx
[21] http://buildingbytes.info/

(İnternet adreslerine erişim, 05 Ağustos, 2014)

BİLDİRİ

SERAMİK SIR YÜZEYLERİNDE ASİT VE BAZ DAYANIMI: DERLEME

ACID AND BASE RESISTANCE OF CERAMIC GLAZED SURFACES: A REVIEW

Zahide BAYER ÖZTÜRK[1], Betül YILDIZ[2]

[1] Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Nevşehir/ TÜRKİYE

[2] Eczacıbaşı Yapı Gereçleri, Vitra İnovasyon Merkezi, Bozüyük, Bilecik / TÜRKİYE

ÖZET

Sır; ısıtıldığında camsı veya kısmen camsı ince bir tabaka (0.15–1.00 mm) oluşturarak masseyi örten; yüzeyi kimyasal olarak kararlı, sıvılara ve gazlara karşı dayanıklı, aşınma ve çizilmeye karşı dirençli ve mekaniksel olarak güçlü kılan; yüzeyin kolayca temizlenmesini sağlayan; yüzeye estetik ve dekoratif özellikler kazandıran; camlaştırılmış çeşitli oksitlerin (firitlerin) ve inorganik ilavelerin karışımıdır. Günlük yaşantıda seramik karoların temizlenmesinde asit ve baz içeren temizleyicilerin kullanımı sırlarda yüksek kimyasal dayanım gereksinimine neden olmaktadır. Sırlı karoların kimyasal dayanımı ISO 10545/13 Seramik Karolar-Kimyasal Maddelere Dayanıklılık Tayini Standardına göre asit ve baz içeren sulu solüsyonların kullanımı ile test edilmektedir. Kullanılan standart yöntemde karolar belli bir süre test solüsyonlarına maruz bırakıldıktan sonra görsel muayene ile farklı sınıflara ayrılmaktadırlar. İlgili test yöntemi herhangi bir özel ölçüm cihazı gerektirmediğinden fabrikalarda kolaylıkla uygulanabilmektedir. İlgili çalışmada asit ve baz dayanım standart ölçümü hakkında bilgi verildikten sonra literatürdeki sırların kimyasal dayanımını arttırmaya yönelik çalışmalara değinilecektir. Çalışmada ayrıca sırların kimyasal dayanımında kompozisyon-mikroyapı ilişkisinin önemi üzerinde durulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sır, Kimyasal Dayanım, Kimyasal Dayanımda ISO Standartları

ABSTRACT

Ceramic glazes, which are at least part of the surface of the ceramic body covered with a relatively thin layer of glassy (0.15-1.00 mm), chemically stable, resistant to against liquids and gases and also wear and stretch, mechanically strong,

easily cleanable, provided to aesthetics and decorative properties to body, are a mixtures of inorganic additives and fritted form of various oxides. In daily life ceramic glazes must have resistant to tile cleaners which consist acid and base components.

According to the standard (ISO 10545-13_Resistance to household chemicals); aqueous solutions containing acids and bases are used to test chemical resistance of glazed tiles. In this standard method; ceramic tiles exposure to the test solutions for a certain period. After this application, tiles are distinguished to the different classes by visual inspection. Related test method can be easily implemented in the factories due to it does not require any special measuring device. In this study after explaining the standard test method; different studies are discussed about improvement of the chemical resistance of ceramic glazes in the literature. Furthermore, the importance of the composition-microstructure relationship is also discussed in this study.

Keywords: Glaze, Chemical Resistance, Standard Test Method

1. GİRİŞ

Öğütülmüş uygun bileşimli seramik hammaddelerden elde edilen ve seramik bünye üzerinde pişirme neticesinde camsı yapıya benzer bir yapı oluşturabilen karışımlara sır denir [1]. Seramik mamulleri sırlamanın iki ana gayesi vardır. Bunlardan birincisi genelde gözenekli ve mikro seviyede pürüzlü bir yüzeye sahip olan seramik bünyeyi dışta gözeneksiz ve düz bir yüzeye sahip olan cam tabakası ile kaplayarak daha sıhhî, daha rahat temizlenebilir bir duruma getirmektir. İkinci nedeni ise estetik açıdan güzel bir görünüm oluşturmak ve yüzeyin dekorlama olanaklarını arttırmaktır [1]. Seramik karo sırlarında cam-seramik malzemelerin kullanımı yaygındır çünkü cam seramik sırları süreç esnasında hatalardan uzak ve mekanik streslere karşı daha iyi direnç gösteren tabaka oluşturarak istenilen teknik özellikleri geliştirirler [2]. Ayrıca camsı kaplama tabakasında dağılan ince kristalin fazlar geliştiğinde kaplamanın satenden opağa; parlaktan satene; düzgün yüzeyden dokulu bir yüzeye dönüşmesi beklenir; bu durum geniş bir aralıkta estetik etkinin elde edilebileceğini göstermektedir. Karo endüstrisinde bu etkiler büyük ölçüde kullanılmakta olup sırlar transparant, opak ve mat olarak sınıflandırılır [3].

Seramik karolar, diğer alternatif kaplama malzemelerine kıyasla üstün teknolojik özelliklere sahiptir. Günümüz üretim teknolojisindeki yenilikler ile beraber seramik karolardan beklenen özellikler, düşük su emme miktarı, aşınmaya ve lekelenmeye karşı dayanım, donma/çözünmeye karşı dayanım, yüksek kimyasal

direnç, yüzey kalitesi ve yüksek mekanik dayanımdır [4]. Günlük hayatta karo temizliğinde kullanılan asit ve baz içerikli temizleyicilerin kullanımı karo üretiminde yüksek kimyasal dayanım gereksinimine neden olmaktadır.

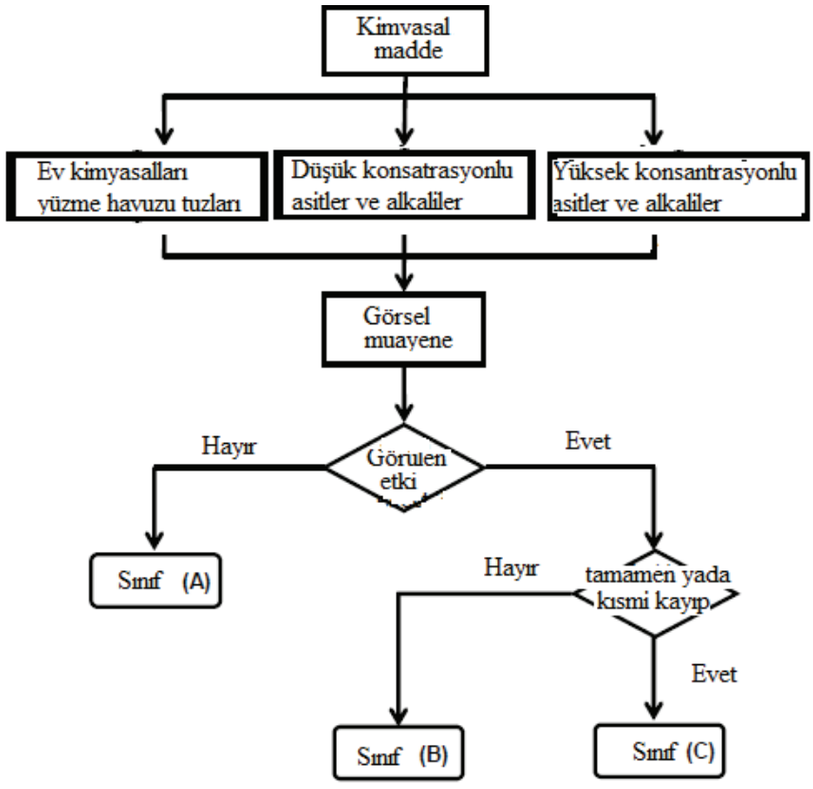
Seramik karolar için var olan standartlar karoların çeşitli özelliklerini ve kalitelerini ortaya koyabilmek için önemli bir yol haritası çizerler. Bu standartlar her bir ülkenin ilgili standardizasyon kuruluşu tarafından tanımlanır ve yayınlanır. Seramik karolar için var olan TS EN ISO standartları bu malzemelerin sınıflandırılması, sınıflandırılan karoların kullanım amacına göre sahip olması gereken özelliklerin ortaya konması, bu özelliklerin ölçüm metotlarının belirlenmesi ve her bir gruptaki karonun karşılaması gereken kabul kriterlerinin belirlenmesi konularını içermektedir [4]. Bu çalışmada bu özelliklerden TS-EN-ISO 10545/13 Seramik karolar-Kimyasal maddelere dayanıklılık testine ve literatürde seramik karolarda sırın kimyasal dayanımının arttırılmasını konu alan çalışmalara yer verilmiştir. Çalışmada ayrıca sırların kimyasal dayanımında kompozisyon-mikroyapı ilişkisinin önemi üzerinde durulmuştur.

2. **SERAMİK KAROLARIN KİMYASAL DAYANIMI VE UYGULANAN TEST METODU**

Günlük hayatta, seramik karolar aktif kimyasal madde içeren temizlik ürünlerine maruz kalmaktadır. Bu kimyasallara karşı sırlı karonun davranışı, sır kaplamanın karakteristiği ve ilgili standarda göre uygulanan test metodu ile tanımlanır [5]. Sırlı karoların kimyasal dayanımı genellikle asit, baz yada tuz gibi bir aktif bileşen içeren sulu solüsyonlarla test edilir [6]. Kullanılan test metodunda (ISO 10545-13), karolar belirli bir süre test solüsyonlarına maruz bırakıldıktan sonra yüzey görünümünün görsel olarak incelenmesiyle farklı sınıflara ayrılırlar. Uygulanan test metodu Şekil 1'de gösterilmiştir. Kullanılan test solüsyonları; ev kimyasalları (Amonyum klorit), yüzme havuzu tuzları (Sodyum hipoklorit), düşük ve yüksek konsantrasyonlu asit ve baz solüsyonlarıdır (Hidroklorik asit solüsyonu, sitrik asit solüsyonu, Potasyum hidroksit) [7]. Bu sulu solüsyonlar, sırlı karoların yüzey özelliklerini değiştirerek korozyona neden olurlar. Sırlı karolarda korozyon, yüzeyin hem camsı fazdan hem de bir veya daha fazla farklı kristalin fazlardan oluşması nedeniyle karmaşık bir süreç olarak tanımlanabilir. Literatürde camsı fazın kimyasal dayanımı, silikat camlarının korozyonuna benzer olarak tanımlanmaktadır

[6]. Silikat camlarda asit saldırısının başlıca türü, asit solüsyonunun H^+ iyonları ile cam yapısında değişen iyonların iyon değişimi reaksiyonu şeklinde gerçekleşir [6, 8]. Bu reaksiyon, ileride gerçekleşecek bir diğer reaksiyona engel olarak hareket edecek alkali ve toprak alkalisi tükenmiş silis jel tabakasına yol açar. Genel olarak silikat camlarında asit dayanımının, alkali oksitlerin toprak alkali oksitlerin yerine kullanımı ile ve Al_2O_3, ZrO_2, TiO_2 ve B_2O_3 gibi ilaveler ile iyileştirilebildiği belirtilmektedir [8].

Korozyon sürecinin hızı, iyonların difüzyon oranı ile kontrol edilir ve süre ile azalır. Alkali çözeltilerde camsı yapının tamamen çözünmesi sabit bir hızda gerçekleşmektedir [6]. Bazik bir ortamda ise bir su molekülü ağ yapıya nüfus ettiğinde Si-O'dan Si-OH'a dönüştüğünde korozyon oluşabilmektedir [9].



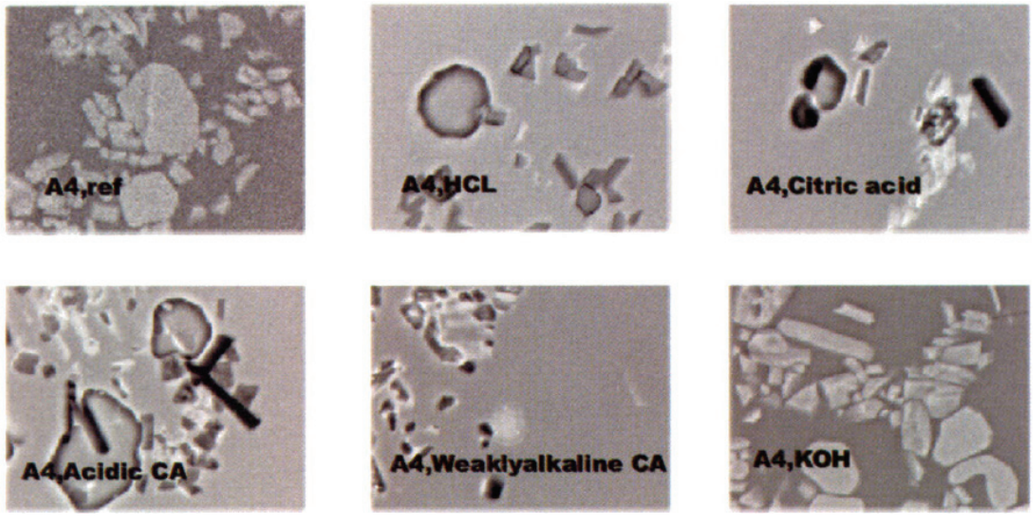
Şekil 1. Seramik karoların kimyasal dayanımını belirleyen sınıflandırma [7]

Figure 1. Classification for the chemical resistance of ceramic tiles [7]

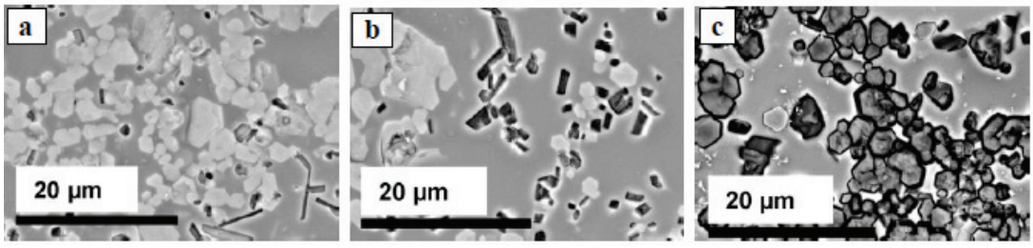
3. LİTERATÜRDE SERAMİK SIRLARIN ASİT-BAZ DAYANIMINI ARTTIRMAYA YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR

Sırların kimyasal dayanımı, yüzey karakteristiğine bağlı birçok mekanizma ile tanımlanmaktadır. Literatürde sırların kimyasal dayanımı ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Vane-Tempest ve ark. [6] yaptıkları çalışmada ticari hammaddelerden dolomit, beyazlatıcı, feldispat, korundum, kaolin ve kuvars içeren dört farklı ham sır kompozisyonu hazırlamıştır. Hızlı pişirim sonrası karolar asit, baz ve tuz içeren farklı solüyonlara (HCl, sitrik asit, asidik temizleyici, alkali içeren temizleyici, KOH) tabi tutulmuş olup, sırların kimyasal dayanımları kıyaslanmıştır. Ham sırlı karolarda başlangıç hammadde kompozisyonuna bağlı olarak pişme sonrası diopsit, vollastonit, ve psedovollastonit kristalleri oluşmuştur. Ayrıca yüzeyde reaksiyona girmemiş az sayıda kuvars taneleri de tespit edilmiş ve heterojen bir camsı faz yapısı elde edilmiştir. Sırlardaki korozyon davranışının taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelendiği çalışmada, diopsit kristallerinin korozyona neden olmadığı, ancak vollastonit ve psedovollastonit kristallerinin hem asidik hem de alkali solüsyonlarda sır yüzeyini korozyona uğrattığı mikroyapı görüntüleri ile tespit edilmiştir. Camsı fazın ise düşük silika içeriğine sahip olması durumunda hem asidik hem yüksek alkali solüsyonlarda korozyona uğradığı belirlenmiştir. Asidik ortamda camsı fazdan alkali ve toprak alkaliler sızarak (ayrılarak) hidrojen iyonları ile yer değiştirler. Bu reaksiyon yüzeyde silika jel oluşumuna neden olur. Bu su içeren jel kuruduğunda, tipik çatlaklar oluşturarak dökülmelerin gerçekleşmesine neden olur. Yapılan çalışmada oluşan yüksek korozyonun SEM ile incelendiği bir sır kompozisyonu Şekil 2'dedir. Çalışmadaki A4 sırı yüksek oranda feldispat ve düşük miktarda kuvars içermekte olup, yüzeyde bir miktar kalıntı kuvars partikülleri görülmektedir. Yüzeyde tespit edilen diğer vollastonit, psedovollastonit kristallerinin korozyona uğradığı, düşük silika içeriğinden dolayı da camsı fazında HCl asit, asidik ve zayıf asidik temizleyici madde gibi kimyasallar karşısında korozyona uğradığı tespit edilmiştir [6]. Vollastonit ve psödovollastonitte korozyon, esas olarak kristaller ve camsı faz, kristal düzlemleri ve sınırları arasındaki ara yüzey tabakasında gerçekleşir [10]. Vollastonit ve psedovalloastonit korozyon mekanizmaları üzerine Frönberg ve ark. [11] da çalışmalar yapmıştır. Ancak onlarda sırlı yüzeylerin alkali solüsyonlara batırıldıktan (HCl) kısa bir süre sonra kalsiyum iyon çözünürlüğünün artışı ile

psedovollastonit ve vollastonit kristallerini korozyona uğrattığını taramalı mikroskop analizi ile tespit etmişlerdir (Şekil 3). Anortit sırlarının da korozyon davranışının incelendiği aynı çalışmada, hiç bir asidik ve alkalin solüsyonun pul şeklindeki anortit kristallerini korozyona uğratmadığını, tespit edilmiştir. Bunun nedenini ise yüksek korundum içeriği ile camsı fazda yüzey dayanımını arttıran alüminanın artışına dayandırmışlardır [11].



Şekil 2. Farklı test solüsyonlarına tabi tutulan A4 ve referans A4 sırının SEM görüntüsü [6]
Figure 2. SEM images of Glaze A4 before and after exposures to different test solutions CA=cleaning agent [6]



Şekil 3. A)15 dak., b)30 dak., c) 2 saat HCl asit solüsyonuna tabi tutulan psedovollastonit sırının korozyonunun SEM görüntüsü [11]
Figure 3. Sem-micrographs of corrosion of a pseudowollastonite glaze after immersion in hydrochloric acid a)15 min, b)30 min and c)2 hours [11]

Bir başka çalışmada Escardino ve ark. [5] Çizelge 1'de kristalin fazları verilen sır kompozisyonlarını %18 HCl asit ve % 5 laktik asit ile kimyasal dayanım testine tabi tutmuşlardır. Oluşan korozyon davranışını SEM ile incelemişlerdir. Bu çalışmada incelenen sırlarda modifiye edici katyonların silikat yapısından ayrışarak camsı

fazda ve kristalin fazlarda asit korozyonuna yol açtığı belirlenmiştir. Bu sırlarda anortit ve vollastonit kristallerinin ise daha çok etkilendiği belirlenmiştir. İlgili yayında ayrıca fritin devitrifikasyon davranışından ya da diğer sır bileşenleri ile olan etkileşiminden asit saldırısına karşı davranışını tahmin etmenin güç olduğu vurgulanmıştır. Çok az bir farklılıkla laktik asidin etkisi HCl asit ile benzer sonuçlar doğurmuştur. Kimyasal korozyonun iki değerli katyonların tek değerlikli katyonlara kıyasla yapıyı daha kararlı hale getirmesi ile ilişkilendirilmiştir Ancak bu durum kesin bir kural oluşturmamaktadır. Baz sırlarda yüksek zirkonyum kristali içeriği ile B1 ve B3 sırları asit korozyonuna en dayanıklı iken, feldispat-kuvars-zirkon ve korund kristallerini içeren B4 sırının camsı fazı asit saldırından biraz etkilenmiştir. B2 sırı ise gözenekli alümina aglomeraları nedeniyle kısmi olarak çözünmeye maruz kalmıştır. Bileşenler ve baz sır arasındaki etkileşim, kompozisyonel farklılık arttıkça ve difüzyona neden olan eriyik viskozitesi azaldıkça artmıştır. Baz 4 sırının üzerine Çizelge 1'de verilen farklı elek baskı sırları uygulandığında (EB1-EB4), asit dayanımı yalnızca elek baskı tabakasının özellikleri ile belirlenebilmiştir. Elek baskı 2 sırı ile Baz 4 sırı arasında bir etkileşim oluşmuş olmasına rağmen, etkileşim alanının asidik saldırıya maruz kalmaması nedeniyle sır davranışı değişmemiştir.

Çizelge 1. Sır yapımında kullanılan karışımların bileşenleri (B:Baz uygulama, EB:Elek baskı, K:Kampana uygulama, G:Granüler formda uygulama)
Table 1. Components of the mixtures use to make to glazes (B:Base application, EB:Print screen, K:bell application, G:granular form)

Karışım	Camsı bileşenler	Kristalin bileşenler
B 1	Opak zirkonyum frit ve transparant frit	Kaolin, kuvars, zirkon, korund
B 2	Transparant frit	Kaolin, kuvars, zirkon, korund
B 3	Opak zirkonyum frit	Kaolin, kuvars, zirkon, korund
B 4	Mat baryum frit	Feldispat, kuvars, zirkon, korund
EB 1	Mat baryum ve çinko frit	Wollastonit, kuvars, kaolin
EB 2	Opak zirkonyum frit	Kaolin, zirkon
EB 3	Mat baryum firit	Kaolin
K 1	Mat baryum frit	Wollastonit, feldispat, kaolin
K 2	Transparant frit	Wollastonit, feldispat, kaolin
G 1	Zirkonyum ve kalsiyum frit	
G2	Mat baryum frit	

Elek baskı 1 sırı, Baz 4 sırı haricindeki tüm baz sırlarını kompozisyonu yakın olması itibari ile etkilemiştir. Elek baskı 1 sırı, bu baz sırlarda artan kristalin faz miktarını azaltmış, kalıntı camsı fazın asit saldırısına karşı daha dirençli olmasını sağlamıştır. Baz 2 sırına uygulanan elek baskı 2 sırı, elek baskı ile baz sır çerisine yerleşen kaolin ve anortit taneleri nedeniyle asit saldırısına dayanımı arttırmıştır. Kampana ile sır uygulamalarında ise tabaka kalınlığı 250 µm'a ulaştığından asit saldırısına olan direnç üst tabaka kalınlığı ile ilişkilendirilip değerlendirilmelidir. Bu yüzden tabaka kalınlığı eriyik viskozitesine bağlı olarak değişecektir. Granüler formda sır uygulamasında ise, özellikle G2 kompozisyonunun değişiminden etkileşim bölgeleri farklılık göstermiştir. G1 formunun G2'ye kıyasla biraz daha asit saldırısına karşı direnç gösterdiği tespit edilmiştir.

Ezz-Eldin ve Nageeb'in [9] yaptıkları çalışmada, kompozisyonda zirkon miktarının değiştirildiği üç farklı sır örneğinde, sır kompozisyonunun, korozyon dozunun, solüsyonun konsantrasyonunun ve sıcaklığının kimyasal kararlılığa olan etkisini araştırmışlardır. Zirkon miktarının artışı ile kimyasal kararlılığın arttığını, 1'den 6 N'e kadar HNO_3 ile uygulama sonrası korozyon hızının 2 N'e kadar önce artığını sonra azaldığını ve artan solüsyon sıcaklığı ile (25ºC' den 90ºC' ye) arttığını tespit etmişlerdir. Korozyon sonuçlarını, hidrasyon, difüzyon ve seçimli çözünme ile açıklamışlardır. Camsı yüzeyin sudaki korozyonunu kontrol eden iki faktörün iyon değişim süreci ve sır yüzeyinin tamamen çözünmesi olduğunu tespit etmişler ve iyonik değişim ve difüzyonun iki adımda oluşabileceğini belirtmişlerdir. Eldin ve Nageeb'e göre ilk adımda, serbest kalan katyon ve anyonik Si-O bağlanmamış oksijenler arasındaki iyonik bağları kırılabilir, ikinci adımda ise serbest kalan katyonlar sır yapısında farklı yerler arasında uygun yerlere göç eder. Sırın hidratasyonu ile Si-O-'den Si-OH grubuna dönüşüm gerçekleşir. Alümina içeren sırların yüzeyinde ise Si-OH ve Si-O gruplarına ilave olarak pH miktarına da bağlı olarak $Al(OH)_3$ ve AlO_2 grupları oluşabilir. Benzer şekilde, ZrO_2 içeren sırların korozyon davranışında Si-OH ve Si-O ile $Zr(OH)_4$ ve $HZrO_3$ içerir. Dinamik denge konsantrasyonla ve solüsyondaki, arayüzeydeki iyonların çözünme enerjileri ile kontrol edilir.

Literatürde ayrıca asit-baz dayanımını arttırmaya yönelik yeni teknolojilerde denenmiştir. Piispanen ve ark.[12] yaptıkları çalışmada, iki mat ve bir parlak sırlı karoda sol-jel tabanlı titan ve zirkonya kaplamanın kimyasal dayanıma olan etkilerini incelemişlerdir. Sol-jel tabanlı yapılan kaplama, yüzeyin pürüzlülüğünü

değiştirmiş ve düşük alkali içerikli ev kimyasallarına karşı numunelerin iyi kimyasal dayanım göstermesini sağlamıştır. Ancak, pürüzlülük değerlerindeki değişim sol-jel tabanlı kaplamalarda oluşabilecek kırılmalara bağlı açıklanmalıdır. Kırılma altlık, kaplamanın termal genleşmesine bağlı olarak büyük olabilir.

Rambaldi ve ark. [13] yaptıkları çalışmada, zirkonya ve alümina gibi nano oksit ilavesinin seramik karolarda kimyasal dayanıma olan etkisini incelemişlerdir. Bu nanopartiküller sulu süspansiyon formunda ham seramik bünyeye spreyleme ile uygulanmış olup, sinterleme sonrasında alümina spreyleme sonucu gibsit ve amorf alümina, zirkonya spreyleme sonucu amorf zirkonya kristallenmiştir. Her iki numunede ve standartta kuvars müllit ve plagioklas kristalleri de mevcuttur. Kimyasal uygulama sonrasında numune yüzeylerinin SEM ile incelenmesi sonucunda, camsı fazın polimerizasyonu ile korozyonun başladığı tespit edilmiştir. Silikat camları genel olarak Si-O bağını kırabilmek için OH^- iyonlarının varlığına bağlı olarak aside karşı duyarlılık gösterir. Bu mekanizmaya göre referans numune yüzeyinde bazik etki sonrası camsı fazın büyük oranda çözünmesi gerçekleşmiş ve alkalilere karşı daha dirençli davranan müllit kristalleri açığa çıkmıştır. Alümina ve zirkonyanın yüzeyde homojen bir tabaka oluşturarak kaplandığı numunelerde ise camsı fazın alkalilere karşı korozyonu önlenmiştir. Böylelikle nano-oksit tabakasının, seramik yüzeylerde homojen kaplama gerçekleşmesiyle altlıkla iyi bir etkileşim sergileyerek kimyasal dayanımı iyileştirdiği tespit edilmiştir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME

Günlük hayatta seramik karolar aktif kimyasal madde içeren çeşitli solüsyonlara maruz kalmaktadır. Bu malzemelerde oluşan korozyon, kimyasal solüsyonların koşullarına (pH, konsantrasyon derecesi vb.) ve seramik karoyu oluşturan camsı malzemelerin kompozisyonuna, mikroyapısına bağlı olan karmaşık bir süreç olarak tanımlanmıştır. Kimyasal solüsyonlara tabii tutulan sır yüzeyinde modifiye edici olarak görev yapan çift ve tek değerlikli katyonlar kolaylıkla serbest kalır. Serbest kalan iyonlar kimyasal solüsyonlardan H^+ ve H_3O^- ile iyon değişim reaksiyonu gerçekleştirir ve bu mekanizma sırlarda istenmeyen korozyona sebebiyet verir. Literatürde yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde genel olarak alümina, zirkon ve diopsit kristalleri içeren mikroyapıların aside karşı daha dayanıklı olduğu

ve vollastonit, anortit kristallerini içeren sırların ise korozyona uğradığı görülmektedir. Bu sonuçlar kimyasal dayanımı arttırmak için yapılacak olan çalışmalarda mikroyapı tasarımının (oluşacak kristal cins ve miktarı ve sıvı faza oranının) önem taşıdığını göstermektedir. Literatürdeki çalışmalarda kristalin cins ve miktarı kadar camsı fazın kompozisyonununda önemli olduğunu vurgulanmıştır. Çalışmalar genel olarak silikat camlarında asit dayanımının, alkali oksitlerin toprak alkali oksitlerin yerine kullanımı ile ve Al_2O_3, ZrO_2, TiO_2 ve B_2O_3 gibi ilaveler ile iyileştirilebildiğini göstermektedir. Ayrıca seramik karoların farklı metotlarla kaplanması ile (sol-jel, kampana, granüler form vb.) de geleneksel karo sırlarının kimyasal dayanımının arttırıldığı tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Kartal, A., *Sır ve Sırlama Tekniği*, Çizgi Matbaacılık, 1998.

[2] Quinterro, E., Boschi, A. O., Leonelli, C., Manfredini, T., Siligardi, C., Glass Ceramic Systems Compatible with the Firing Conditions Used in the Ceramic Tile Industry, Qualicer, 301-311, 2002.

[3] Leonelli, C., Manfredini, T., Siligardi, C., New Tile Glaze Families Based On Glass Ceramic Systems, International Ceramics Journal, 31-35, 2002

[4] http://www.tse.org.tr/docs/standard-ve-teknik-dergi/mart-2012.pdf?sfvrsn=6

[5] Escardino, A., Amoros, J.L., Gozalbo, A., Orts, M.J., Lucas, F., Belda, A., Interaction Between Glaze Layers During Firing. Chemical Resistance of the Resulting Glazes, Qualicer, 201-217, 2002.

[6] Vane-Tempest, S., Kronberg, T., Fröberg, L., Hupa, L., Chemical Resistance of Fast Fired raw Glazes in Solutions Containing Cleaning Agents, Acids or Bases, Qualicer, 155-163, 2004

[7] International Standard ISO 10545 Ceramic Tiles-Part 13: Determination of Chemical Resistance

[8] Kronberg, T., Hupa, L., Fröberg, K., Durability of Mat Glazes in Hydrochloric Acid Solution, Key Engineering Materials, 1565-1568, 2004

[9] Ezz-Eldin, F.M., Nageeb, W.M., Chemical Resistance of Some Irriated Ceramic-Glazes, Indian Journal of Pure &Applied Physics, 39, 514-524, 2001

[10] Casasola, R., Rincon, J.Ma, Romero, M., Glass-Ceramic Glazes for Ceramic Tiles- a Review, Journal of Material Science, 47, 553-582, 2012.

[11] Fröberg, L., Hupa, L., Hupa, M., Corrosion of the Cryystalline Phases of Matte Glazes in Aqueous Soluions, Journal of Euroopean Ceramic Society, 29, 7-14, 2008

[12] Piispanen, M., Maatta, J., Areva, S., Sjöberg, A.M., Hupa, M., Hupa., L., Chemical Resistance and Cleaning Properties of Coated Glazed Surfaces, Journal of the European Ceramic Soiety, 29, 1855-1860, 2009.

[13] Rambaldi, E., Tucci, A., Esposito, L., Naldi, D., Timelli, G., Effects of Nano-Oxides on the Surface Properties of Ceramic Tiles, Qualicer, 1-10, 2010.

PİŞİRME ATMOSFERİNE BAĞLI OLARAK KARACASU ÇÖMLEKÇİ KİLİNİN SIR ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

KARACASU POTTERY CLAY EFFECTS ON GLAZE CHARACTERISTICS DEPENDING ON FIRING ATHMOSPHERE

Ensar TAÇYILDIZ

Anadolu Üniversitesi Porsuk Meslek Yüksekokulu, Eskişehir, Türkiye

ÖZET

Sırlarda renklendirici olarak çömlekçi kilinin kullanılması ve çeşitli teknik ve atmosferlerde pişirilmesi antik Çin sırlarına önemli özellikler kazandırmıştır. Demir oksit içerikli killer birçok seramik bünye için safsızlık (impürite) olarak kabul edilmesine rağmen, seramik sırlarının renklendirilmesinde önemli ölçüde kullanılmaktadır. Bu killer hem oksidasyonlu hem de redüksiyonlu sırlarda renklendirici olarak kullanıldığında, sırın bileşimine bağlı olarak renk ve yüzey özelliklerinde önemli değişikliklere neden olmaktadır. Pişirme atmosferine bağlı olarak, pişirme sırasında birçok kimyasal reaksiyon gerçekleşir, sır ve sır yüzey özellikleri değişime uğrar. Bunun sonucu olarak sır bileşimine, kil oranına ve pişirme atmosferine bağlı olarak sırlarda geniş renk yelpazesi ve dokulu yüzeyler oluşturulabilir.

Bu çalışmada, pişirme atmosferine bağlı olarak Karacasu çömlekçi kilinin sır özelliklerine etkileri deneysel olarak ele alınmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karacasu çömlekçi kili, Sır, Pişirme Atmosferi.

ABSTRACT

Using iron oxide clays as colorant in glazes and firing at different techniques and athmospheree gives important qualities to chinese glazes. Despite of iron oxide clays has been accepted as impurite for ceramic body, it has used largely of coloring ceramic glazes. When iron oxide clays use as pigment in oxidation and reduction glazes; it causes important changes at colour and surface characteristics depending glazes compound. At the firing period there had been lots of chemical reactions appears depending firing atmosphere, glaze and glaze surface characteristis. As a result of glaze combination iron oxide clays proportion and firing atmosphere there can be wide color range and effects obtain.

In this study Karacasu iron oxide clay effects on glaze characterictis depending firing atmosphere has come up experimentally and results are examined.

Keywords: Karacasu iron oxide clay, Glaze, Firing atmosphere.

1. GİRİŞ

Pişirme teknolojilerinin gelişimine paralel olarak sır ve renklendirici teknolojisinde de önemli gelişmeler olmuştur. Bunun sonucunda sırda kullanılan renklendirici oksitlerden maksimum düzeyde faydalanarak sırlarda çeşitli renk ve dokular elde edilmiştir. Ancak, sırlarda çok eskiden beri yaygın olarak kullanılan oksitler yerine renkli killerin kullanımı olasıdır. Bu amaçla kullanılan killerden biri demir içeriği yüksek olan killerdir. Bu killerin kullanılmasıyla, kullanım oranına bağlı olarak, seramik sırlarında çok çeşitli renklerde ve dokulu sırlar üretmek mümkündür. Kil oranına ve sır bileşimine bağlı olarak sarı, yeşil, kahverengi, siyah, kırmızı, metalik renkler ve benekli sırlar üretilebilir.

Bilindiği gibi, demir oksit sırlarda %4'ün üzerinde kullanıldığında ergitici özellik gösterir ve sırın karakteristik özelliklerinde önemli değişikliklere neden olur[1]. Yapılan bu çalışmada, demir oksit içeriği fazla olan Karacasu çömlekçi kilinin (K. Kili) sır içinde katkı oranına bağlı olarak oksidasyonlu ve redüksiyonu pişirme atmosferlerimdeki etkileri incelenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Karacasu çömlekçi kilinin sır içinde**,** sır özelliklerine etkilerini araştırmak amacıyla, Çizelge 1'de Kimyasal analizleri verilmiş olan ve bu hammadde bileşenlerinden oluşan temel sır reçeteleri oluşturulmuş ve denemeler bu bağlamda sürdürülmüştür. Sır araştırmalarında, üç farklı sır reçetesi oluşturulmuştur. Bu reçeteler Çizelge 2'de verilmiştir. Oluşturulan bu sır reçetelerine, farklı oranlarda Karacasu çömlekçi kili ilave edildikten sonra, porselen hazneli jet değirmende 10 dakika süreyle öğütülmüştür. Öğütme işleminde, su oranı hammadde miktarının % 75'i olarak seçilmiştir. Hazırlanan reçeteler 100 mesh'lik elekten geçirildikten sonra, 60 mm çapında ve 7 mm kalınlığında bisküvi pişirimi yapılmış stoneware bünyeden hazırlanmış deney plakası üzerine daldırma yöntemiyle uygulanmıştır.

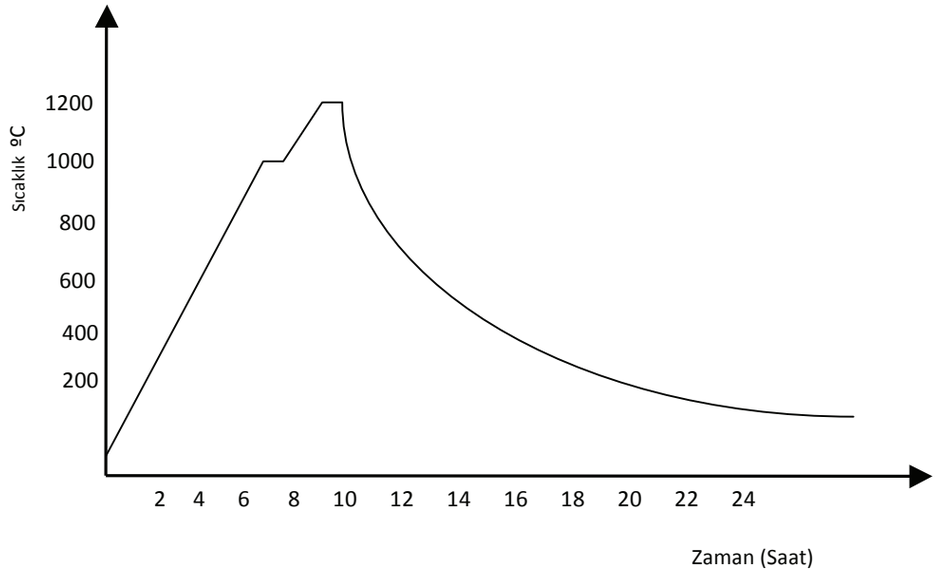
Çizelge 1. Hammaddelerin Kimyasal Analiz Sonuçları

%	N.Siyenit	K.Feldspat	Üleksit	Dolomit	Mermer	Kuvars
SiO_2	59.90	66.56	___	0.09	___	98.30
Al_2O_3	23.80	18.96	0.85	1.26	___	0.36
Fe_2O_3	0.08	0.50	___	___	___	0.02
TiO_2	__	___	___	___	___	___
CaO	0.70	2.67	16.22	31.58	55.89	0.05
MgO	0.20	1.10	___	21.70	___	0.28
Na_2O	10.02	3.30	8.46	___	___	0.78
K_2O	4.60	8.97	0.20	___	___	0.29
B_2O_3	___	___	45.67	___	___	___
A.Z	0.70	1.50	28.80	46.65	40.91	0.30

Çizelge 2. Araştırmada Kullanılan Sır Reçeteleri

Hammadde	*Reçete ET1 (%)*	*Reçete ET2 (%)*	*Reçete ET3 (%)*
Üleksit	10	30	___
K.Feldspat	45	20	___
N.Siyenit	5	___	40
Dolomit	40	30	15
Mermer	___	___	10
Kuvars	___	20	35

Hazırlanan sır numuneleri elektrikli kamara tipi fırında hem oksidasyonlu hem de redüksiyonlu ortamda 1200 ºC de Şekil 1'de görülen fırın pişirim eğrisi uygulanarak pişirilmiştir. Her iki pişirim atmosferinde sırların pişiriminde, fırın 1200ºC sıcaklığa kadar bacası ve alt havalandırma menfezi tamamen açık olarak yakılmış ve 1200 ºC sıcaklıkta 20 dakika bekletilmiştir. Pişirme işlemi tamamlandıktan sonra fırın bacası tamamen kapatılarak soğutma işlemi yavaş olarak sürdürülmüştür. Redüksiyonlu Pişirimde fırın 1000 ºC sıcaklığa kadar soğutulduktan sora 1000-800 ºC aralığında kademeli olarak dört kez redüksiyon uygulanmıştır. Redüksiyon Malzemesi olarak çam talaşı, naftalin ve şeker kullanılmıştır. Her redüksiyon sonrası fırının tüm hava giriş çıkışları kapatılmıştır. Son redüksiyon uygulandıktan sonra, tekrar fırının bütün hava giriş çıkışları kapatılarak 100 ºC kadar soğutulmuştur. Pişirme işlemi sonrası, reçete bileşimlerine göre sır oluşturma ve yüzey özellikleri değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Pişirime Eğrisi

3. BULGULAR

Çizelge 2'de reçete bileşimi verilen sırların özelliklerine, Karacasu çömlekçi kilinin etkilerini araştırmak amacıyla oluşturulan sır reçetelerinin (ET1-ET2-ET3) her birine artan oranlarda Karacasu çömlekçi kili ilave edilerek oksidasyonlu ve redüksiyonu fırın atmosferlerinde pişirilmiştir. Bu sırların yüzey özellikleri Çizelge 3-5 ve görsel sonuçları Şekil 2-7 arasında verilmiştir.

Çizelge 3. Reçete ET1'in Oksidasyonlu ve Redüksiyonlu Atmosferdeki Yüzey Özellikleri

Sıra No	**Sır Reçetesi ET1**		**Parlak**	**Mat**	**Opak**	**Saydam**	**Oksidasyonlu Pişirim (renk)**	**Rediksiyonlu Pişirme(renk)**
	Hammadde	%						
1	Üleksit	10		*	*		Açık sütlü kahve benekli	Gri
	K. Feldspat	45						
	N.Siyenit	5						
	Dolomit	40						
	Demir Oksit	3						
2	Üleksit	10		*	*		Açık sütlü kahve benekli	Sarımtırak
	K. Feldspat	45						
	N.Siyenit	5						
	Dolomit	40						
	Demir Oksit	6						
3	Üleksit	10		*	*		Sütlü kahve benekli	Açık kahve
	K. Feldspat	45						
	N.Siyenit	5						
	Dolomit	40						
	Demir Oksit	9						
4	Üleksit	10		*	*		Sütlü kahve benekli	Açık kahve
	K. Feldspat	45						
	N.Siyenit	5						
	Dolomit	40						
	Demir Oksit	12						
5	Üleksit	10		*	*		Kahve benekli	Açık kahve
	K. Feldspat	45						
	N.Siyenit	5						
	Dolomit	40						
	Demir Oksit	15						
6	Üleksit	10		*	*		Kahve benekli	Açık kahve
	K. Feldspat	45						
	N.Siyenit	5						
	Dolomit	40						
	Demir Oksit	18						
7	Üleksit	10		*	*		Koyu kahve benekli	Koyu kahve
	K. Feldspat	45						
	N.Siyenit	5						
	Dolomit	40						
	Demir Oksit	21						
8	Üleksit	10		*	*		Koyu kahve benekli	Koyu kahve
	K. Feldspat	45						
	N.Siyenit	5						
	Dolomit	40						
	Demir Oksit	24						

Şekil 2. Reçete ET1'in Oksidasyonlu Atmosferdeki Görsel Sonuçları

Şekil 3. Reçete ET1'in Redüksiyonlu Atmosferdeki Görsel Sonuçları

Çizelge 3'de yüzey özellikleri, Şekil 2 ve Şekil 3'de oksidasyonlu ve redüksiyonlu pişirim ortamında görsel sonuçları verilen ET1 kodlu sırlar incelendiğinde, Karacasu çömlekçi kili artıkça, oksidasyonlu pişirim atmosferinde sırların renginin açık sütlü kahveden koyu kahveye doğru değiştiği ve sırların tamamında beneklerin olduğu görülmüştür. Bunun nedeni Britt şöyle açıklamaktadır. Yüksek sıcaklıkta ferrik demir trigonal kristal yapısını koruyamaz ve yeniden kübik yapıya geçer. Magnetit reaksiyona uğrayarak başka bir yapıya ferrous demire dönüşür. Yani kırmızı demir sır bileşiminde kullanıldığında ve yeterince ısıtıldığında, oksijen atomlarını serbest bırakır. Oksijen atomları serbest kaldığı için köpükler sır yüzeyine

taşınır. Serbest oksijen atomları beraberinde FeO'yu sır yüzeyine taşır ve orada çöker. Bu da sır yüzeyinde pürüzlü siyah beneklerin oluşumunu sağlar[2,3].

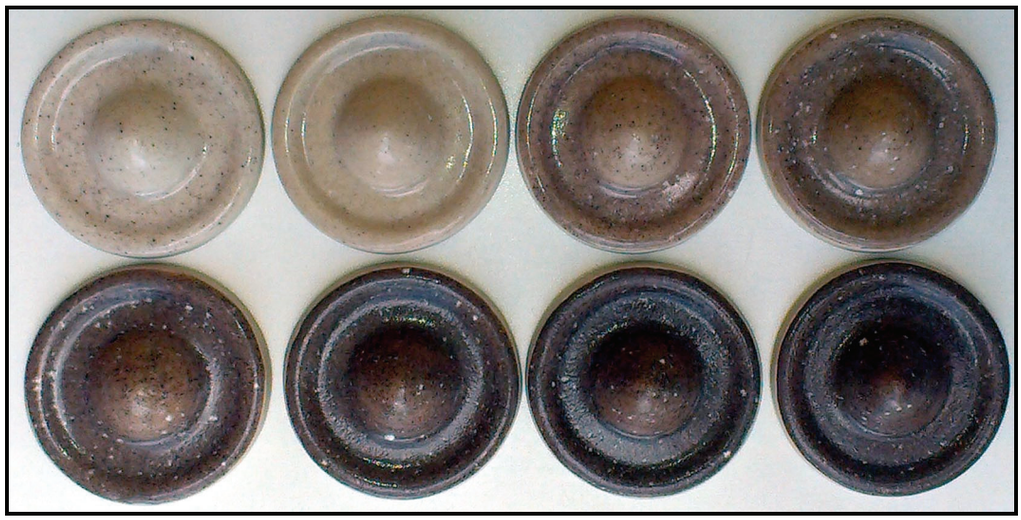
Önemli ölçüde alkali içeren yüksek dereceli sırlarda demir oksit % 10 ve daha yüksek oranda kullanıldığında siyah zeminli, kırmızıdan kızıl kahveye benekli sırlar elde edilir[4].

Redüksiyonlu pişirim atmosferde sırların rengi, griden koyu kahve tonlarına dönüşmüştür. Oksidasyonlu ortamda oluşan kahverengi benekler önemli ölçüde azalmış, yer yer beyaz benekler oluşmuştur. Karacasu çömlekçi kili içeriğinin %18'in üzerinde olduğu sırlarda benekler birleşerek daha iri şekilsiz bir yapıya dönüşmüş, bu sırlarda beyaz benek oluşmamıştır.

Çizelge 4. Reçete ET2'nin Oksidasyonlu ve Redüksiyonlu Atmosferdeki Yüzey Özellikleri

Sıra No	**Sır Reçetesi ET2**		**Parlak**	**Mat**	**Opak**	**Saydam**	**Oksidasyonlu Pişirim (renk)**	**Rediksiyonlu Pişirme(renk)**
	Hammadde	%						
1	Üleksit	30	*		*		Açık sütlü kahve benekli	Açık sütlü kahve benekli
	K. Feldspat	20						
	Dolomit	30						
	Kuvars	20						
	K. Kili	3						
2	Üleksit	30	*		*		Açık sütlü kahve benekli	Açık sütlü kahve
	K. Feldspat	20						
	Dolomit	30						
	Kuvars	20						
	K. Kili	6						
3	Üleksit	30	*		*		Açık sütlü kahve benekli	Açık sütlü kahve benekli
	K. Feldspat	20						
	Dolomit	30						
	Kuvars	20						
	K. Kili	9						
4	Üleksit	30	*		*		Açık sütlü kahve benekli	Sütlü kahve benekli
	K. Feldspat	20						
	Dolomit	30						
	Kuvars	20						
	K. Kili	12						
5	Üleksit	30	*		*		Kahve benekli	Kahve benekli
	K. Feldspat	20						
	Dolomit	30						
	Kuvars	20						
	K. Kili	15						
6	Üleksit	30	*		*		Kahve benekli	Kahve benekli
	K. Feldspat	20						
	Dolomit	30						
	Kuvars	20						
	K. Kili	18						
7	Üleksit	30	*		*		Koyu kahve	Koyu kahve
	K. Feldspat	20						
	Dolomit	30						
	Kuvars	20						
	K. Kili	21						
8	Üleksit	30	*		*		Koyu Kahve	Koyu kahve
	K. Feldspat	20						
	Dolomit	30						
	Kuvars	20						
	K. Kili	24						

Şekil 4. Reçete ET2'nin Oksidasyonlu Atmosferdeki Görsel Sonuçlar



Şekil 5. Reçete ET2'nin Redüksiyonlu Atmosferdeki Görsel Sonuçları

Çizelge 4'de yüzey özellikleri, Şekil 4 ve Şekil 5'de oksidasyonlu ve redüksiyonlu pişirim ortamında görsel sonuçları verilen ET2 kodlu sırlar incelendiğinde, oksidasyonlu pişirim atmosferinde sırların rengi, Karacasu çömlekçi kili içeriğinin %12'nın altında olduğu sırların açık sütlü kahve ve bu oranın üzerindeki miktarlarda açık kahveden koyu kahveye doğru değiştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca hemen hemen sırların tamamında beneklenmeler olduğu görülmüştür. Redüksiyonlu pişirim atmosferde ise sırların renginde önemli değişiklik olmayıp beneklenmenin azaldığı ve ara ara sır yüzeyinde beyaz beneklerin oluştuğu gözlenmiştir.

Çizelge 5. Reçete ET3'ün Oksidasyonlu ve Redüksiyonlu Atmosferdeki Yüzey Özellikleri

Sıra No	Sır Reçetesi ET3		Parlak	Mat	Opak	Saydam	Oksidasyonlu Pişirim (renk)	Rediksiyonlu Pişirme(renk)
	Hammadde	%						
1	N.Siyenit	40		*	*		Açık sütlü kahve benekli	Gri
	Dolomit	15						
	Mermer	10						
	Kuvars	35						
	K. Kili	3						
2	N.Siyenit	40		*	*		Açık sütlü kahve benekli	Açık sütlü kahve benekli
	Dolomit	15						
	Mermer	10						
	Kuvars	35						
	K. Kili	6						
3	N.Siyenit	40		*	*		Açık sütlü kahve benekli	Açık sütlü kahve benekli
	Dolomit	15						
	Mermer	10						
	Kuvars	35						
	K. Kili	9						
4	N.Siyenit	40		*	*		Açık sütlü kahve benekli	Açık kahve
	Dolomit	15						
	Mermer	10						
	Kuvars	35						
	K. Kili	12						
5	N.Siyenit	40		*	*		Açık kahve benekli	Kahve benekli
	Dolomit	15						
	Mermer	10						
	Kuvars	35						
	K. Kili	15						
6	N.Siyenit	40		*	*		Koyu kahve benekli	Koyu kahve benekli
	Dolomit	15						
	Mermer	10						
	Kuvars	35						
	K. Kili	18						
7	N.Siyenit	40		*	*		Koyu kahve	Koyu kahve
	Dolomit	15						
	Mermer	10						
	Kuvars	35						
	K. Kili	21						
8	N.Siyenit	40		*	*		Koyu kahve	Koyu kahve
	Dolomit	15						
	Mermer	10						
	Kuvars	35						
	K. Kili	24						

Şekil 6. Reçete ET3'ün Oksidasyonlu Atmosferdeki Görsel Sonuçları

Şekil 7. Reçete ET3'ün Redüksiyonlu Atmosferdeki Görsel Sonuçları

Çizelge 5'de yüzey özellikleri, Şekil 6 ve Şekil 7'de görsel sonuçları verilen ET3 kodlu sırlar incelendiğinde, Karacasu çömlekçi kili miktarı artıkça, oksidasyonlu pişirim atmosferinde sırların rengi, Karacasu çömlekçi kili içeriğinin %9'un altında olduğu sırların sütlü kahve tonlarında ve bu oranın üzerindeki miktarlarda açık kahveden koyu kahveye doğru değiştiği görülmüştür. Ayrıca Karacasu çömlekçi kilinin %18'in altında yer aldığı sırların tamamında irili ufaklı beneklenmelerin olduğu gözlenmiştir. Redüksiyonlu pişirim atmosferde ise Karacasu çömlekçi kili oranının %18'in altında olduğu sırlarda, beneklenmenin azaldığı ve bu oranın üzerindeki sırlarda kahve beneklerin yoğun ve nispeten de beyaz beneklerin oluştuğu gözlenmiştir.

4. SONUÇLAR

Genel olarak Karacasu çömlekçi kilinin miktarına bağlı olarak bütün sırlarda oksidasyonlu ortamda, açık sütlü kahveden koyu kahveye doğru değişen benekli sırlar elde edilmiştir. Redüksiyonlu pişirim atmosferinde ise hemen hemen bütün sırların rengi, sütlü kahveden koyu kahve tonlarında olduğu, kahve beneklerin azaldığı ve nispeten de beyaz beneklerin oluştuğu gözlenmiştir.

Bunların yanı sıra oksidasyonlu atmosferde, reçete bileşiminde Karacasu çömlekçi kili oranının %18'in altında olduğu sırlarda, zemin üzerinde çok yoğun kahverengi beneklerin olduğu ve bu değerin üzerinde olan sırlarda beneklerin giderek irileşip birleşerek şekilsiz bir görünüm aldığı görülmüştür. Redüksiyonlu pişirim ortamında beneklerin oldukça azaldığı ve nispeten de beyaz beneklerin oluştuğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak pişirme atmosferinin-sır bileşimine bağlı olarak, sırda Karacasu çömlekçi kilinin kullanılmasıyla, sütlü kahveden koyu kahve renk tonlarında benekli sırlar elde edilmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Wood, N., *Chinese Glazes, Their Orgins, Chemistry and Re-Creation*, The University of Pennsylvania Press, 2007, s.399.

[2] Britt, J., *Oil-Spot Glazes* , Ceramics Monthly, ıssue 6, Vol.50, Jun-Aug 2002, s64.

[3] Acarlar, İ., Çatma, A. *Pişme*, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, Ankara, 1980, s.48.

[4] Champell, J., *The Potter's Complete Book of Clay and Glazes*, New York, 1991,s.387.

MAHMUT PAŞA TÜRBESİ (İSTANBUL) MOZAİK ÇİNİLERİNDE YAPIM TEKNİĞİNİN BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF PRODUCTION TECHNIQUE IN MOSAIC TILES FROM MAHMUT PASA TOMB (ISTANBUL)

GÜRBÜZ TAŞKIRAN[1], YONCA KÖSEBAY ERKAN[2]

[1]Batman Üniversitesi, GSF, Geleneksel Türk El Sanatları Bölümü, Batman/Türkiye
[2]Kadir Has Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul/Türkiye

ÖZET

Çini sanatı, Türk süsleme sanatı içinde önemli bir yere sahiptir. Özellikle Erken Osmanlı Dönemi çinilerinde çok renkli ve birbirinden farklı tekniklerin birarada uygulandığı görülmektedir. Çini sanatı ait olduğu dönemlere özgü uygulama biçimleri, motif, kompozisyon ve renk özelliklerine sahiptir. Bu çalışmada İstanbul'daki Erken Osmanlı Dönemi yapılarından Mahmut Paşa Türbesi'nin (1474) dış cephelerinde yer alan mozaik çiniler belgelenerek motif, kompozisyon ve renk özellikleri ile yapım tekniği yönünden değerlendirilmiştir. Mahmut Paşa Türbesi Selçuklu Dönemi ile Osmanlı Dönemi arasındaki geçiş evrelerine ışık tutmakta ve ağırlıklı olan Selçuklu geleneğine dayanmaktadır. Dolayısıyla bu yapıda bulunan mozaik çinilerin yapım ve uygulama yöntemleri ile renk ve kompozisyon özelliklerinin belirlenmesi erken dönem çini bezeme teknikleri ile ilgili önemli katkı sağlamaktadır. Yapılan çalışmada turkuaz, lacivert ve patlıcan moru renklerine sahip ve uygulandığı cephelerde altı ve sekiz kollu yıldızların hakim olduğu geometrik motiflerden oluşan mozaik çiniler incelenmiştir. Sonuç olarak Mahmut Paşa Türbesi mozaik çinilerinin çok ender görülen kakma mozaik çini tekniği ile uygulandığı gözlemlenmiştir. Çinilerin üretim tekniğinin Selçuklu Dönemi'ndeki gibi renkli çini levhaların kesilmesiyle elde edilen küçük parçalar tarzında olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mozaik çini, Mahmut Paşa Türbesi, Erken Osmanlı Dönemi, Selçuklu Dönemi

ABSTRACT

Art of tile has a significant place in Turkish ornamental arts. Implementation of various polychrome techniques and innovations is observed especially in the Early Ottoman period. Tiles have specific application, motif, composition and coloring techniques which are unique for their time period. In this study the exterior tiles of Mahmut Pasa Tomb (1474), which is on of the Early Ottoman structures in Istanbul (Turkey), are documented and investigated in terms of their implementation, motif, composition and coloring techniques. Being based on mainly the Seljuk tradition, stages between the Ottoman and Seljuk periods. Therefore the determination of production and implementation methods, and also color-composition features of these mosaic tiles creates a significant contribution for the early period decoration techniques of the tiles. In the present study, the turquoise, indigo and violet colored mosaic tiles, consisted of geometric motifs which are dominated with the six and eight pointed stars, are investigated. As a result of the study, it was seen that the tiles of the Mahmut Pasa Tomb were employed with the rare-seen inlay technique. It was also observed that the production technique of the tiles has the style which consisted of small pieces obtained from the colored tile panels, like the technique used in Seljuk period.

Keywords: Mosaic Art Tile, Mahmut Pasa Tomb, Early Ottoman Period, Seljuk Period

1.GİRİŞ

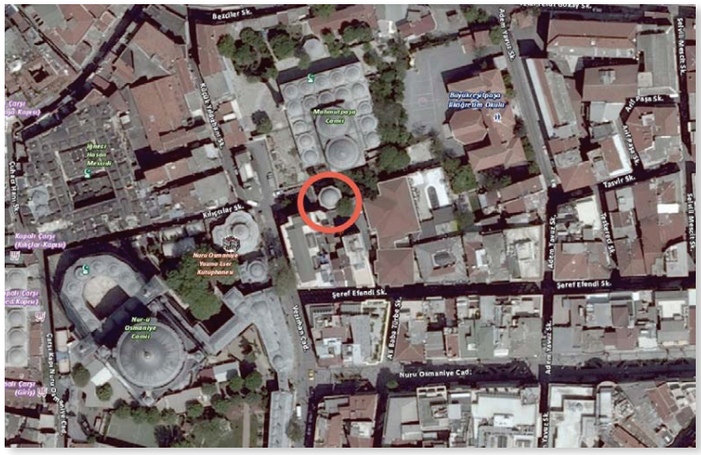
Mahmut Paşa Külliyesi içerisinde yer alan ve İstanbul'daki mevcut en eski türbe olma özelliğini taşıyan Mahmut Paşa Türbesi, mimarisi ve dış cephe süslemesinde kullanılan mozaik çini tekniğiyle farklı bir öneme sahiptir. Özellikle Erken Osmanlı Dönemi yapılarından olan ve 1474 yılında inşa edilen türbenin, kendisini diğer yapılardan ayıracak birçok karakteristik özelliği bulunmaktadır. İstanbul'daki tarihi yapılar içerisinde Selçuklu ve Osmanlı Dönem tarzını yansıtan nadir yapılardandır. Dış cephelerde görülen mozaik çiniler yapıya kakma tekniğiyle uygulanmıştır.

Bu çalışmada Mahmut Paşa Türbesi'nde yer alan mozaik çinilerin özellikleri, Türk çini sanatındaki yeri ve tarihsel süreci, yapım teknikleri ve mimari yapıda hangi malzemelerle birarada kullanıldığı belgeler, çizimler ve fotoğraflarla ele alınmıştır.

2.TARİHSEL SÜREÇTE MAHMUT PAŞA TÜRBESİ VE MİMARİ ÖZELLİKLERİ

2.1.Mahmut Paşa Türbesi'nin Konumu ve Tarihçesi

İstanbul'un, Fatih ilçesinde, kendi adıyla anılan Mahmut Paşa semtinde, 324 Ada – 66/55 Parselde, Nuruosmaniye Külliyesi'nin kuzeydoğusunda yer almaktadır. Mahmut Paşa Külliyesi, cami, türbe, hamam, han, medrese, imaret ve sıbyan mektebinden oluşmaktaydı. 1460'lı yılların başında inşasına başlanan külliyenin camisi 1462'de tamamlanmış; diğer kısımlarının inşası ise 1474 yılına kadar sürmüştür. Mahmut Paşa Türbesi İstanbul'da bulunan en eski türbe olarak bilinmektedir [2].



Şekil 1. Mahmut Paşa Türbesi Çevre Şehir rehberi (13.09.2013) ibb.gov.tr

Figure 1. Environmental of Mahmut Pasa Tomb City Guide (13.09.2013) ibb.gov.tr

Şekil 2. J. Pervititch Haritaları (2000)

Figure 2. J. Pervititch Maps (2000)

Şekil 3. Mahmut Paşa Türbesi Çevre, Alman Arkeoloji Enstitüsü Arşivi, 1943

Figure 3. Environmental of Mahmut Pasa Tomb, Archives of the German Archaeological Institute, 1943

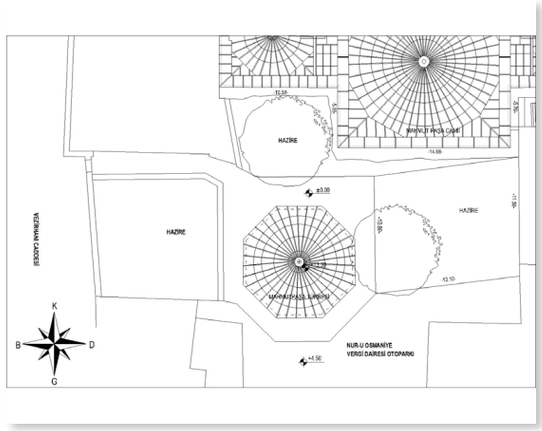
Şekil 4. Mahmut Paşa Camii ve Türbesi

Figure 4. Mahmut Pasa Mosque and Tomb

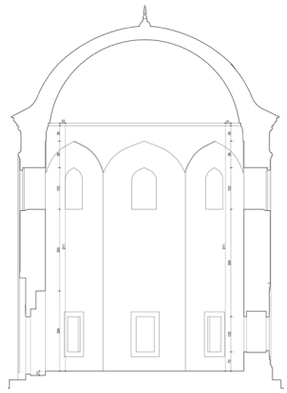
Külliye, Sadrazam Mahmut Paşa tarafından Mimar Atik Sinan'a yaptırılmıştır. Mahmut Paşa Külliyesinde şu an günümüze kadar var olan yapılar; cami, hamam, türbe ve han (Kürkçüler hanı adı ile anılan yapı 15.yüzyıla ait İstanbul'daki tek han örneği olarak bilinir) kalabilmiş, [4] medrese, imaret ve sıbyan mektebi günümüze ulaşamamıştır.

2.2.Mahmut Paşa Türbesi'nin Mimari Özellikleri

Mahmut Paşa Türbesi'nin giriş kapısı kuzey cephesinde yer alamaktadır. Türbenin doğu ve batı cephesi, caminin hazire alanları ile çevrilidir [3]. Türbenin güney cephesinde Nur-u Osmaniye vergi dairesi otoparkı bulunmaktadır (bkz. Şekil 5).



Şekil 5. Mahmut Paşa Türbesi Vaziyet Planı
Figure 5. Tomb of Mahmud Pasa Site Plan



Şekil 6. Mahmut Paşa Türbesi Kesit
Figure 6. Tomb of Mahmut Pasa Section

Türbe Klasik Osmanlı mimarisi üslubunda, sekizgen planlı olarak tasarlanmıştır. Düzgün kesme taştan inşaa edilen yapıya kuzey cephesinde yer alan çift kanatlı ahşap tablalı bir kapı ile girilmektedir [3]. Giriş kapısı mermer söveli ve basık kemerlidir. Kemer malzemesi, serpantin vemermer taşı olup kilitli kemer tekniği ile bir araya getirilmiştir.

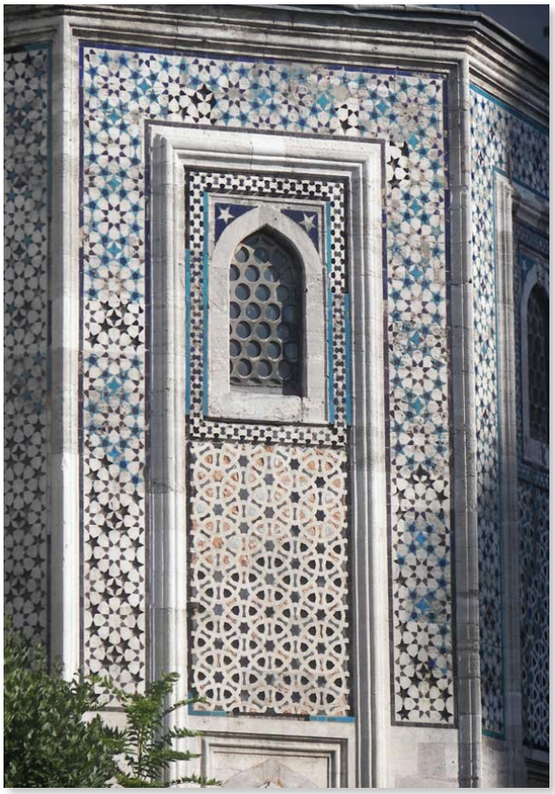
Şekil 7. Mahmut Paşa Türbesi,
Alman Arkeoloji Enstitüsü Arşivi, 1943
Figure 7. Mahmut Pasa Tomb, Archives of the German Archaeological Institute, 1943

Şekil 8. Mahmut Paşa Türbesi, 2013
Figure 8. Mahmut Pasa Tomb, 2013

Türbenin yedi cephesinde de mermer söveli ve ahşap doğramalı pencereler bulunmaktadır. Her pencerede lokmalı demir parmaklıklar kullanılmıştır. Bu pencerelerin dış cephelerinindeki üst kısımlarında mermer sivri kemerli pencere alınlıkları vardır. İç mekan cephelerinde 5.94 seviyesinde sivri kemerli tepe pencereleri yer almaktadır. İçeriden ahşap doğramalı olan içlikler, dışarıda beton dışlıklıdır.
Kurşun plakalarla örtülü olan kubbenin saçak hizasından yere kadar olan yüksekliği 9.60 cm, saçak hizasından alemin bulunduğu tepe noktasına kadar 3.60 cm, alemin boyu ise 89 cm'dir [2].

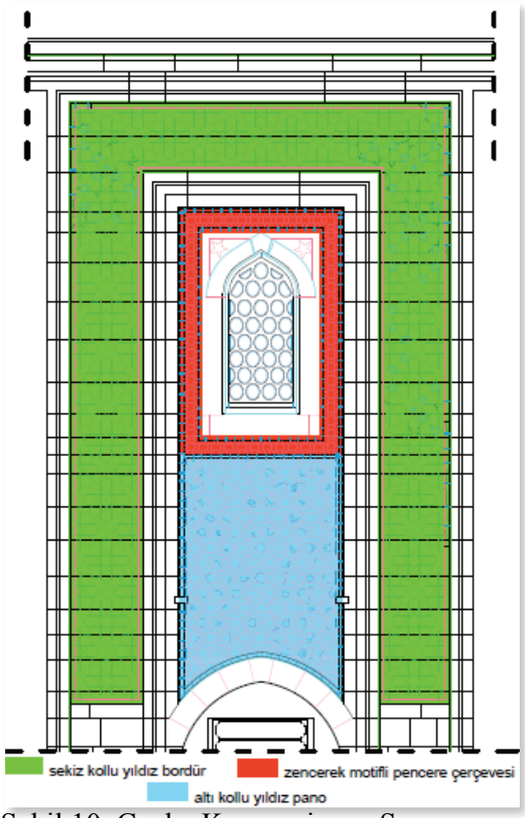
2.3.Mozaik Çinilerin Yapıda Kullanım Alanı

Mahmut Paşa Türbesi'nde mozaik çini uygulaması sadece dış cephelerde mevcuttur. Sekizgen yapının giriş kapısının bulunduğu kuzey cephesi hariç diğer yedi cephenin mozaik çini süslemeleri, cephelerin alt sıra pencerelerin üstünden başlayarak kubbe saçak silmesine kadar devam etmektedir (bkz. Şekil 9 ve 10).



Şekil 9. Mahmut Paşa Türbesi Kuzey Cephesi

Figure 9. Tomb of Mahmut Pasa Northern Front



Şekil 10. Cephe Kompozisyon Şeması

Figure 10. Facade Composition Scheme

Türbenin kuzey cephesinde bulunan giriş kapısının kemeri üstünde yer alan mozaik çini pano, kemerin kavis kısmına göre uygulanmıştır (bkz. Şekil 10). Diğer cephelerde olduğu gibi kuzey yönüne bakan giriş cephesinde de mozaik çini aynı sistemde kullanılmıştır. Mozaik çininin uygulandığı alanlarda, mevcut kompozisyon ve ölçüler değiştirilmeden tüm cepheleri aynı düzende tekrar etmiştir. Her cephede aynı birim ve alanda kullanılan geometrik mozaik çini süslemeler, cephe kullanım alanı olarak 3 ana düzenden oluşmaktadır. Cephedeki bu alan dağılımı; tepe pencere altından, alt pencerenin sivri kemerin hizasına kadar olan dikdörtgen panonun içinde oluşturulan altı

kollu yıldızlardan meydana gelen kompozisyon, tepe pencerenin kemeriyle birlikte çerçevesi olarak uygulanan zencerek motifli mozaik çini ve bu zencerek çerçeve ile pencerenin kemer arasında meydana çıkan üçgen alanda yapılan mozaik çini, son olarak da pencere altı panoyla tepe pencere çerçevesini çevreleyen geometrik yıldızlardan oluşan mozaik çini bordür bulunmaktadır (bkz. Şekil 9 ve 10).

Tek cephe üzerinde bahsettiğimiz mozaik çininin kullanım şekli, tüm cephelerde aynı biçimde düzenlenerek uygulanmıştır. Bu kullanım alanındaki düzenleme tüm cephelerde aynı olmasına karşın mozaik çinilerin renk olarak düzenlenmelerinde farklı şekilde tasarlanıp uygulanmıştır.

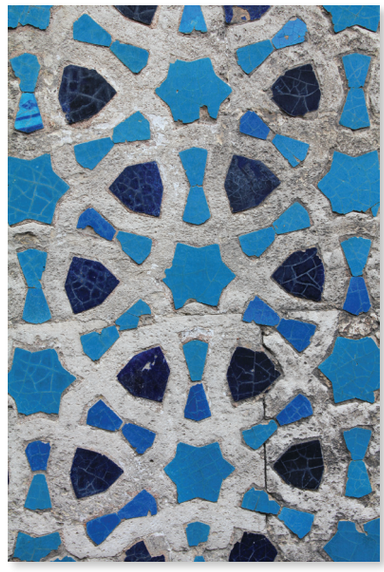
2.4.Mozaik Çinilerin Yapıda Uygulama Tekniği

Mahmut Paşa Türbesi'nin dış cephelerinde, mozaik çininin yapım tekniği çok ender görülen kakma mozaik çini olarak yapılmıştır. Ogan'a göre kakma mozaik çini tekniğinin Mahmut Paşa Türbesi dışında Kahire, Kudüs, Şam ve Aydınoğlu İsabey camii'nin kubbesinde görüldüğü belirtilmiştir [5]. Bu teknik, adından da anlaşılacağı üzere yapının yüzeyinde bulunan küfeki taşlarına tatbik edilecek mozaik çininin, taş yüzeyinde oyuk açılarak yerleştirilmesidir. Türbenin küfeki taşıyla kaplı olan cepheleri, mozaik çini motiflerine göre belli bir derinlikte oyulduktan sonra mozaik çini parçalarının tek tek harç ile takılması suretiyle yapılmıştır [2].

Çinilerin üretim aşaması Selçuklu dönemindeki gibi renkli çini levhaların kesilerek elde edilen küçük parçalar tarzındadır. Her bir çini parçasının kenar yüzlerinin keskinliği bu tekniğe işaret etmektedir.

Ayaşlıoğlu'na göre cephelerdeki kakma mozaik çini tekniği için küfeki taşında yapılan oyuklar, türbenin inşası bittikten sonra cephe üzerinde oluşturulmuştur. Bu şekilde düşünülmesini sağlayan en önemli nokta, açılmış olan oyukların özellikle taşların birleşim yerleri olan derz aralarında dahi itinalı olarak düzgün bir şekilde meydana gelmesinden kaynaklanmaktadır (bkz. Şekil 11 ve 12).

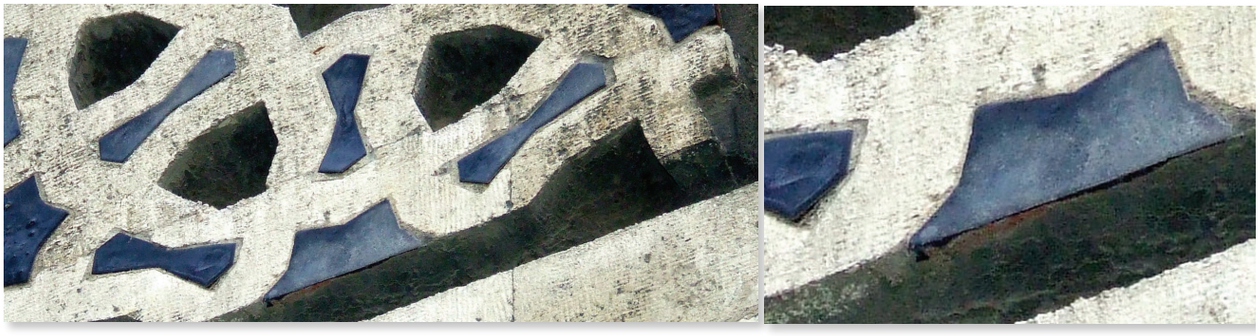
Çünkü küfeki taşlarına yerleştirilecek olan mozaik çinilerin yuvaları, kesme küfeki taşlarının yapıya örülmeden önce yapılması, bu denli düzgün bir şekilde oluşmasına imkan tanıyamayacak kadar hassas bir iştir.



Şekil 11. ve 12. Mahmut Paşa Türbesi Mozaik Çini Detayı

Figure 11. and 12. Tomb of Mahmut Pasa Mosaic Tile Details

Türbenin cephelerinde uygulanan kakma mozaik çinilerin takıldığı oyukların derinliği ortalama 5 cm.'dir. Bu ölçü, şu an yerinde mevcut olmayan çinilerin bulunduğu oyuklardan tespit edilmiştir (bkz. Şekil 13). Bu ölçüdeki oyuklar, harçla birlikte yerleştirilen mozaik çinilerin kalınlığı hakkında bir öngörüde bulunmamızı sağlamaktadır. Ayaşlıoğluna göre mozaik çinilerin kalınlığı 2.5 - 3.00 cm kalınlığındadır [2].

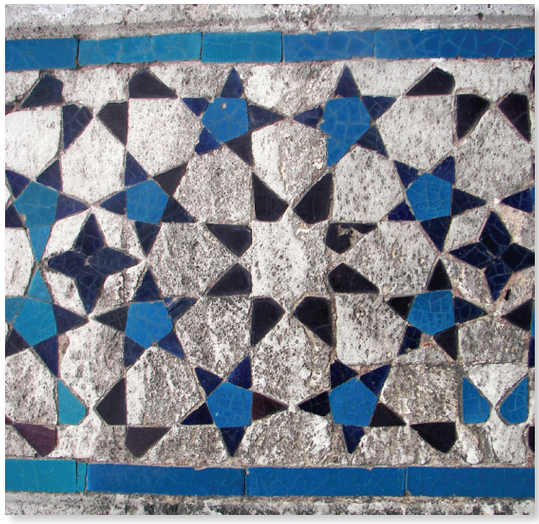


Şekil 13. ve 14. Mahmut Paşa Türbesi Mozaik Çini Detayı

Figure 13. and 14. Tomb of Mahmut Pasa Mosaic Tile Details

Eğer parçalar sırlanmadan önce şekillendirilip sır pişirimi daha sonra yapılmış olsaydı, sırlı yüzeyin kenarlara doğru daha yumuşak bir geçişle kenarlara doğru yayılması gerekirdi. Bu yöntemle yapılmış olan örnek yapıda 1950 yılarında restorasyon geçirdiği dönemde üretilmiş olan çinilerde görülmektedir (bkz. Şekil 14).

Mozaik çinide kullanılan renkli sırlar; kobalt oksit kullanılarak lacivert, mangan oksit kullanılarak patlıcan moru, bakır oksit ya da bakır sülfat kullanılarak elde edilmiş turkuaz renktedir. Turkuaz renkli mozaik çinilerin birbirinden çok farklı tonları olduğu görülmektdir. Turkuazdan açık maviye, açık maviden, cyan mavisine kadar renk paletine rastlanmaktadır. Bu renk dağılımları cepheler ve kompozisyon üzerinde belli bir bölge ayırımı oluşturmadan genel bir dağılım içerisindedir (bkz. Şekil 15).



Şekil 15. Mahmut Paşa Türbesi Mozaik Çini Bordürü

Figure 15. Tomb of Mahmut Pasa Mosaic Tile Border

2.5.Mozaik Çinilerin Motif, Kompozisyon ve Renk Özellikleri

Altı ve sekiz kollu yıldızların hakim olduğu kompozisyonlar, tüm cephelerde aynı düzende kullanılmıştır. Tepe pencereleri ile alt sıra pencereleri arasında yer alan dikdörtgen panolarda altı koldan oluşan geometrik motifin uygulandığı görülmektedir. Bu panoları ve tepe pencerelerini çevreleyen sekiz kollu yıldız motiflerden oluşan bordür bulunmaktadır. Tepe pencereleri de bir zencerek motifiyle çerçevelendirilmiştir.

Şekil 16. ve 17. Mahmut Paşa Türbesi Kuzeybatı Cephe Görünüşü ve Tepe Penceresi

Figure 16. and 17. Tomb of Mahmut Pasa Northwest Facade and Top Windows

Sekiz cephenin tamamında uygulanan mozaik çini kompozisyonların çevreleri ortalama 4 cm genişliğinde mozaik çini şeritlerle çerçeve içlerine alınmıştır. Bu çini mozaik şeritlerin renkleri ve kompozisyonlardaki motiflerin renkleri iki türde düzenlenmiştir.
Bu renk düzenlemesi, cephenin birinde turkuaz tonlarındaki mozaik çini şeritler kullanılırken, devamında yer alan cephenin mozaik çini şeritlerinde lacivert ve patlıcan moru kullanılarak uygulanmıştır. Yani cephelerde uygulanan mozaik çinilerin renk düzenleri, bir sonraki cephede asimetrik olarak uygulanmıştır. Bu düzen tüm cephelerde tekrarlayarak devam etmektedir. Yapıda mevcut olan mozaik çinilerin renkleri turkuaz ve açık mavi tonları ile lacivert ve patlıcan moru renkleri olarak görülmektedir. Bu renkleri iki ana renk olarak ifade etmek gerekirse turkuaz ve lacivert tonları olarak belirtilebilir.

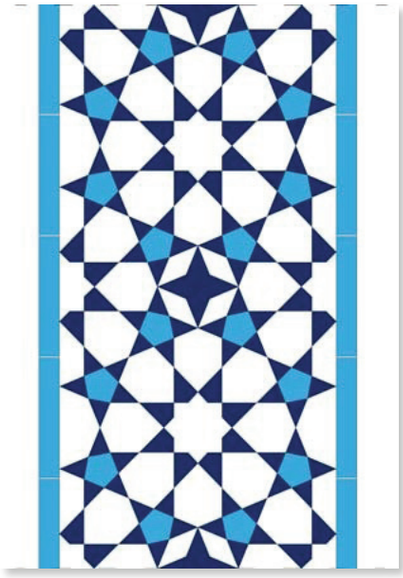
Mozaik çini şeritlerde uygulanan renk sistematiği, sekiz kollu yıldız kompozisyondan oluşan mozaik çini bordürlerde, altı kollu yıldız kompozisyondan oluşan mozaik çini panolarda ve tepe pencere çerçevesinde kullanılan zencerek motiflerinden oluşan mozaik çinide de görülmektedir.

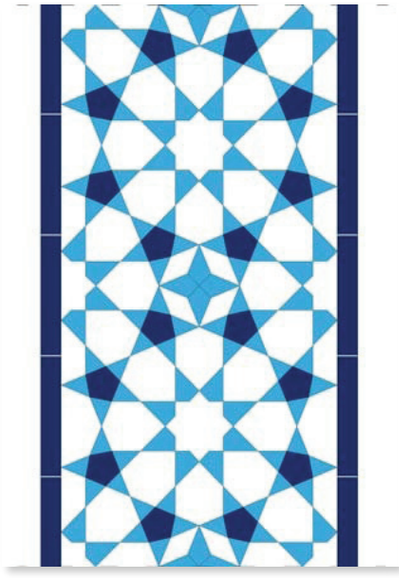
Cepheyi çevreleyen sekiz kollu yıldız kompozisyonlu mozaik çini bordürün şeritleri turkuaz renk grubu olduğunda, sekiz kollu motifin merkezindeki yıldız ile yıldızın çevresindeki sekiz yıldızın üçgen mozaik çinileride lacivert ve patlıcan moru renk grubu olarak uygulanmıştır. (bkz. Şekil 18)

Cepheyi çevreleyen sekiz kollu yıldızların mozaik çini şeritleri lacivert ve patlıcan moru renk grubu olduğunda ise sekiz kollu motifin merkezindeki yıldız ile yıldızın çevresindeki sekiz yıldızın üçgen mozaik çinileride turkuaz renk grubu olarak uygulanmıştır. (bkz. Şekil 19)

Şekil 18. ve 19. Cephelerdeki sekiz kollu yıldız kompozisyonların sistematik renk düzeni

Figure 18. and 19.Eight-pointed star in the composition of the facade of the asymmetric systematic color scheme

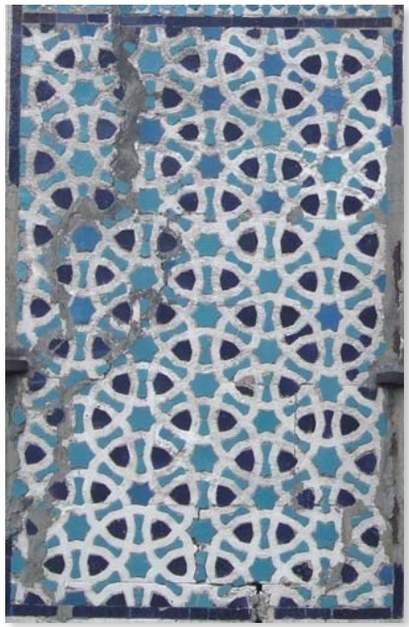




Şekil 20. ve 21. Cepheleri çevreleyen sekiz kollu mozaik çini kompozisyonun asimetrik sistemdeki renk düzeni

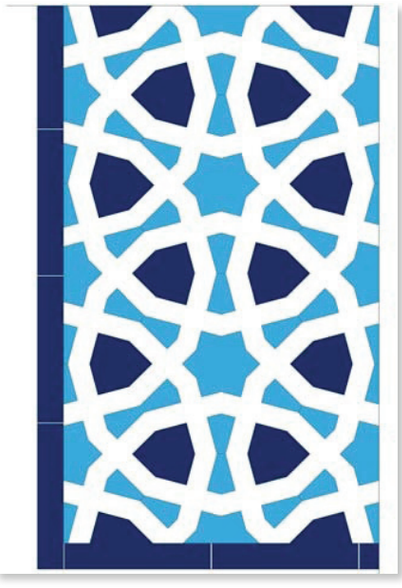
Figure 20. and 21. Eight-pointed star in the composition of the facade of the asymmetric systematic color scheme

Tepe penceresi altında yer alan altı kollu yıldızdan oluşmuş mozaik çini panoların renk düzenleri, sekiz kollu yıldız kompozisyonlu mozaik çini bordürlerde olduğu gibi aynı renk sistematiğiyle uygulanmıştır (bkz. Şekil 22, 23, 24 ve 25).



Şekil 22. ve 23. Cephelerdeki tepe penceresi altında yer alan altı kollu kompozisyon panoların asimetrik sistemdeki renk düzeni

Figure 22. and 23. Six-pointed star in the composition of the facade of the asymmetric systematic color scheme



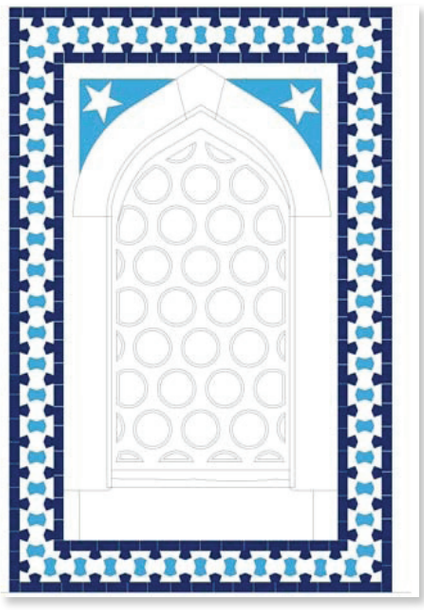
Şekil 24. ve 25. Cephelerdeki altı kollu kompozisyon mozaik çini panonun asimetrik sistemdeki renk düzeni

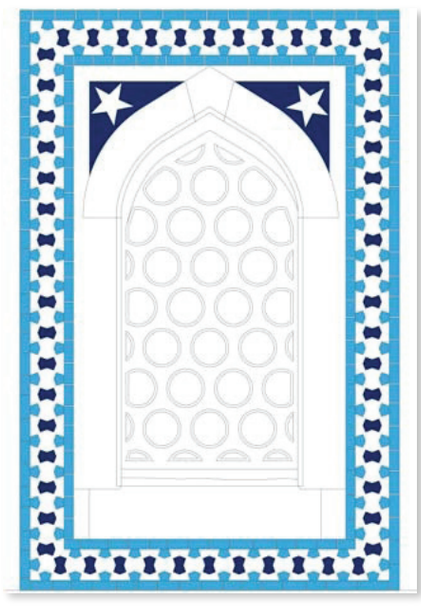
Figure 24. and 25. Six-pointed star in the composition of the facade of the asymmetric systematic color scheme

Tepe penceresi çerçevesinde uygulanan zencerek motiflerin çevresinde kullanılan şerit çinilerin rengi turkuaz ise zencerekte kullanılan renk lacivert ve patlıcan moru karışımı şeklindedir. Bunun tam tersi olan zencerek çevresindeki şerit çinilerin rengi lacivert ve patlıcan moru ise zencerek motifinde kullanılan renk turkuaz olarak uygulanmıştır.

Şekil 26. ve 27. Tepe penceresi çerçevesinde uygulanan mozaik çini zencerek motifin asimetrik sistemdeki renk düzeni

Figure 26. and 27. Guilloche mosaic tile motifs applied in top Windows in the color scheme of the asymmetric system

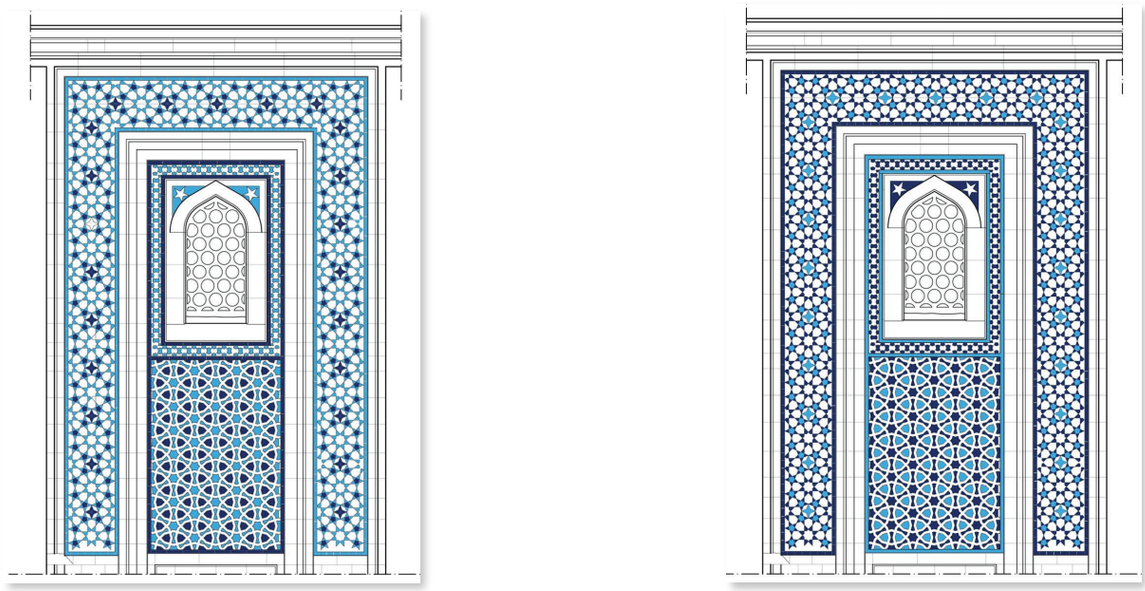




Şekil 28. ve 29. Cephelerin tepe penceresi çerçevesinde uygulanan zencerek motifli mozaik çinilerin asimetrik sistemdeki renk düzeni

Figure 28. and 29. Guilloche mosaic tile motifs applied in top Windows in the color scheme of the asymmetric system

Ayrıca cephe içinde oluşturulan kompozisyonların kendi içinde de farklı renk düzeni bulunmaktadır. Cepheyi çevreleyen sekiz kollu yıldız mozaik çini bordürün şerit mozaik çinilerin rengi turkuazken, tepe penceresindeki zencerek motifin çevresindeki şerit mozaik çiniyle, tepe pencerenin altındaki altı kollu yıldız kompozisyondan oluşan mozaik çini panonun şerit mozaik çinileri lacivert ve patlıcan moru karışımından meydana gelmektedir. Bu çapraz düzen tüm cephelerde aynı sistematikle uygulanmıştır (bkz. Şekil 30, 31, ve 32).

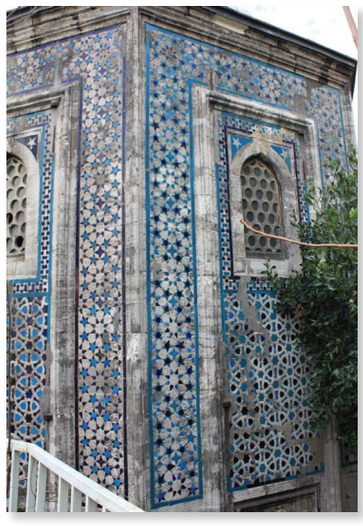


Şekil 30. Kuzey, Doğu, Güney ve Batı Cephelerinde uygulanan renk düzeni

Figure 30. North, East, South and West Facade color scheme applied

Şekil 31. Kuzeydoğu, Güneydoğu, Güneybatı ve Kuzeybatı Cephelerinde uygulanan renk düzeni

Figure 31. Northeast, Southeast, Southwest and Northwest Front color scheme applied



Şekil 32. İki farklı cephede görülen mozaik çini kompozisyonları ve asimetrik düzendeki renk sistematiği

Figure 32. Seen on two different fronts, asymmetrical compositions and mosaic tile colors in order to systematically

3.SONUÇ

Kültürel ve tarihsel zenginlikleriyle İstanbul'un merkezi konumdaki tarihi yarımadasında bulunan Mahmut Paşa Türbesi, birçok Bizans ve Osmanlı dönemi yapılarıyla iç içe bulunmaktadır. Yapı İstanbul'da Osmanlı kültürünün oluşum izlerini taşıyan ve kültürel geçişlerin bir çok öğesini birarada barındıran ender yapılardandır. Mimari üslubuyla Osmanlı izlerini taşıyan, kakma mozaik çinileriyle Selçuklu'yu yaşatan, konumu itibariyle birçok medeniyetin içinde yer alan Mahmut Paşa Türbesi, Erken Osmanlı Dönemine ait önemli bir kültürel varlıktır.

Yapıda mevcut olan özgün mozaik çinilerin kompozisyon ve motif, uygulama tekniği ve yapım tekniği özellikleri, belgeler, çizimler ve fotoğraflarla aktarılarak gösterilmiştir. Kültür varlığının sürekliliğini ve gelecek nesillere mümkün olduğunca özgün haliyle kalmasını amaçlayan bu çalışma, disiplinler arası birlikteliğin olmasını gerektiren önemli faktörlerindendir.

Teşekkür

Bu çalışmada teknik çizimleriyle katkıda bulunan Restoratör-Tekniker Serdar YAŞAR'a teşekkür ederim.

Kaynaklar

[1] Alman Arkeoloji Enstitüsü Arşivi, *İstanbul*

[2] Ayaşlıoğlu, M. 1946. " İstanbul'da Mahmud Paşa Türbesi" *Güzel Sanatlar Mecmuası*. Sayı. 6: 148-158

[3] Daş, E. 2007. *Erken Dönem Osmanlı Türbeleri*. İstanbul: Gökkubbe Yayınları.

[4] İstanbul Büyük Şehir Belediyesi, İstanbul Şehir Rehberi. Erişim Tarihi: 13 Eylül 2013 http://sehirrehberi.ibb.gov.tr/map.aspx

[5] Ogan, A. 1951. *Mahmut Paşa Külliyesi*. İstanbul: Türkiye Turing ve OtomabilKurumu

[6] Pervititch, J. 2000. *Sigorta Haritalarında İstanbul*. İstanbul: Tarih Vakfı / Axa Oyak Holding Yayınevi.

CAM SERAMİK SIRLAR- DERLEME

GLASS CERAMIC GLAZES- A REVIEW

BETÜL YILDIZ [1]

[1] Eczacıbaşı Yapı Gereçleri, Vitra İnovasyon Merkezi,
Bozüyük, Bilecik / TÜRKİYE

ÖZET

Cam seramikler uygun bileşime sahip camların ısıl işleme tabi tutulması ile elde edilen ve bu ısıl işlemden dolayı kontrollü kristalizasyona uğrayan ince taneli çok kristalli malzemelerdir. Cam seramik malzemelerin seramik karo sırlarında kullanımı büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Bu malzemeler geleneksel sırlara göre daha yüksek kimyasal ve aşınma dayanımı gösterirler. Ayrıca, camsı yapı içerisinde dağılan ince kristalin fazlar geliştiğinde kaplamanın şeffaftan opağa; parlaktan satene; düzgün yüzeyden dokulu bir yüzey eldesine olanak sağlamaktadır ki, bu da geniş bir aralıkta estetik etkinin elde edilebileceğini göstermektedir. İlgili derlemede karo sır tasarımında cam seramik bileşimi kullanabilmek için gerekli olan parametreler ele alınacak; sinterleme-kristalizasyon ilişkisi irdelenecek ve literatürde çalışılan sistemlere örnekler verilecektir. Çalışmada ayrıca istenilen estetik özellikte cam seramik sır elde etmek için mikroyapı gelişimi ve optik özellik ilişkisine değinilecektir.

Anahtar Kelimeler: Cam Seramik Sır, Sinterleme Kristalizasyon İlişkisi,
Sırlarda Optik Özellik.

ABSTRACT

Glass-ceramics are fine-grained polycrystalline materials formed when glasses of suitable composition are heat treated and hence undergo controlled crystallization. Glass ceramic materials possess an enormous potential for the use in glazes for ceramic tiles. Glass ceramics lend the coating with a higher chemical and abrasion resistance compared to traditional glazes. Furthermore, when the evenly dispersed tiny crystalline phases in the glassy coating layer are developed, the coating aspect turns from transparent to opaque, from gloss to satin or matte, from smooth to patterned or textured, enabling a wide range of aesthetic effects to be achieved. In this review important parameters are discussed for glass ceramic glazes and sintering-devitrification relationship will be examined. Furthermore, some examples of glass ceramic glazes studied in the literatüre are given. The relation between microstructure evolution and optical properties is also discussed.

Keywords: Glass Ceramic Glaze, Sintering-Devitrification Relationship, Optical Properties of Glazes.

1. GİRİŞ

Cam seramikler geniş bileşim aralıkları ve spesifik teknolojik özellikte özel mikroyapı eldesine imkan sağlamalarıyla geniş bir alanda kullanım alanı bulmuştur. Cam seramik malzemeler keşfedildikleri 1950'lerin başından itibaren: günlük hayatta (örn. mutfak davlumbazlarında), endüstriyel uygulamalarda (örneğin aşınma dayanımı yüksek karolarda), çevresel uygulamalarda (örn. atıkların tekrar kullanılabilirliğinde), biyomedikal uygulamalarda (örn. cerrahi implant protezlerinde), sanatsal uygulamalarda ve ileri teknoloji alanlarında (örn. teleskop camı, savaş başlığında ve kompozit malzemelerde) kullanılmaya başlanmıştır. 1990 yılında, sırlarda mekanik ve kimyasal özelliklerin iyileştirilmesine olan ihtiyaç nedeni ile pişirim esnasında kristallenme kabiliyeti olan firitlerin geliştirilmesi üzerinde büyük bir ilgi doğmuştur [1].

Cam seramik sistemlerinin endüstriyel karo sır tasarımında kullanılabilmesi için bazı gereklilikleri taşıması gerekmektedir; bunlardan en önemlileri; firit yapımına elverişli düşük eriyik ağdalığı, karo bünyesi ve astar ile ısıl uyum ve endüstrideki sınırlı sıcaklık aralığında kontrollü sinterleme ve kristalizasyon süreçlerinin sağlanabilmesi sayılabilir. Sinterleme ve kristalizasyon süreçleri sonucunda şekillenen sır mikroyapısı sırın estetik ve teknik tüm özelliklerini belirlemektedir. Dolayısıyla, endüstriyel pişirim döngülerinde istenilen özellikteki sır yapısını elde etmede başlangıç bileşiminin seçimi önem kazanmaktadır. Bu derlemede cam seramik malzemelere, cam seramik malzemelerin endüstride seramik sır olarak kullanılabilmesi için taşıması gereken özelliklere, cam seramik sırlarını incelemede kullanılan karakterizasyon yöntemlerine, pişirim esnasında meydana gelen sinterleme ve kristalizasyon süreçlerine ve farklı estetik özellikler elde etmede önem taşıyan mikroyapı-optik özellik ilişkisine değinilmiş ve cam seramik sırların fonksiyonel ve estetik uygulamalarına örnekler verilmiştir.

2. CAM SERAMİKLER

Cam seramikler, inorganik camlar ve seramikler arasında sınıflandırılırlar. Cam seramikler uygun bileşime sahip camların ısıl isleme tabi tutulması ile elde edilen ve bu ısıl işlemden dolayı kontrollü kristalizasyona uğrayan ince taneli çok kristalli malzemelerdir. Cam seramik malzeme tamamıyla kristalin değildir. Tipik olarak hacimce en az %50 ve en çok %98 oranında kristal içerirler. Oluşan kristal faz veya fazların ve artık camsı fazın bileşimi cam seramiğin oluştuğu ana camdan farklıdır [2].

Üretimi kolaylaştırmak için cam bileşimi ile oynanabilmesi ve özel bir uygulamaya yönelik cam seramik bileşimi oluşturulabilmesi nedeniyle cam seramikler gerçek mühendislik malzemeleri olarak kabul edilirler [2].

Cam seramikler iki anahtar avantaj göstermektedir; kimyasal bileşim ve mikroyapıdaki farklılıklar. Cam seramikler ile elde edilen birçok özel mikroyapı herhangi bir farklı malzeme ile üretilememektedir. Camsı faz tek başına farklı bir yapı sergilemekte ve yapı içerisinde farklı morfolojik şekillerde düzenlenebilmektedir. Kristal faz da partikül yapısına ve büyüme moduna bağlı olarak yapı içerisinde özel morfolojiler gösterebilmektedir. Burada önemli olan kontrollü çekirdeklenme ve kristalleşme ile ana cam bileşiminin seçimidir [3].

Kabul edilebilir bir cam seramik ürün elde etmede ısıl işlem kritik bir süreçtir ve genellikle iki aşama gerektirir. Ürünün cam seramik olabilmesi için kristalizasyonun kontrollü olması ve ince çok kristalli mikroyapı elde edilmesi gerekir. Dolayısıyla, hızlı ve kendiliğinden kristalleşip kaba kristalin yapı oluşturan cam ürünü cam seramik olarak adlandırılamaz. Bütün camlar cam seramik oluşturacak şekilde kristallenemezler. Bunun nedeni bazı camların çok kararlı olmaları nedeniyle kristallenememeleridir [2].

Cam seramik tasarımında üç anahtar değişken bulunmaktadır; cam bileşimi, cam kristal faz oranı ve kristalin mikroyapının doğası. Cam bileşimi, malzemenin çalışılabilirdik oranını (örneğin cam ağdalığını, çekirdeklenmenin tesirliliğini, kristallenmenin hızını) kontrol etmektedir. Kristallerin çesitleri ve kristallerin camsı faza olan oranı; ısıl ve elektriksel karakteristikler, kimyasal kararlılık ve sertlik gibi birçok fiziksel ve kimyasal özellikten sorumludur. Kristal boyutu, morfolojisi ve kristaller ile cam arasındaki yapısal ilişki ise şeffaflık, opaklık, mukavemet, kırılma tokluğu, işlenebilirlik gibi birçok mekaniksel ve optik özelliği belirler [3].

Belli başlı cam seramik ticari ürün gruplarına önek olarak aşağıdaki ürünler gösterilebilir [4].

-Mimari amaçlı farklı renklerde ve boyutlardaki dış cephe panelleri, giydirmeler (Neoparies^{TM}), opak ve şeffaf duvar malzemeleri (Cryston^{R}, Eclair^{R} ve Slags-tall)

-Mika kristalleşmesinin avantajı sayesinde makinasyonla işlenebilirlik kazanan cam-seramikler (Macor^{R} and Dicor^{R}). Bunlar, elektrik izolatörleri, vakum besleyicileri, mikro dalga ürün pencereleri, mikroskopların numune tutucuları, gama ışını teleskop çerçeveleri formunda değerlendirilmektedir.

-Çok düşük veya sıfır genleşme katsayılı ev mutfak gereçleri (Pyroceream^{R} 9608, Ceran^{R}, Robax^{R}), fırın üst katmanları (Cer-Vit^{R} ve Hercuvit^{R})

-Işık hassasiyeti sergileyen gaz boşaltım panelleri, ink-jet yazıcılar, akışkan aparatlar, manyetik kayıt diskleri (Foturan^{R}, Fotoform^{R} vd.)

-Diş hekimliğinde (DicorR, Ips EmpressR) ya da bizzat tıpta kullanılan biyo-malzemeler (MacorR, CerravitaIR, BioveritR, BioglassR, CerabonerR, Ermi vb.)

-Teleskop aynaları (Zerodur^{R}), optik fiber sistemlerinde ara yüz lensleri, otomatik yaklaştırma yapabilen kameralarda kullanılan lensler

3. CAM SERAMİK SIRLAR

1990 yılında, sırlarda mekanik ve kimyasal özelliklerin iyileştirilmesine olan ihtiyaç nedeni ile pişirim esnasında kristallenme kabiliyeti yüksek olan firitlerin geliştirilmesine büyük bir ilgi başlamıştır [1]. Ayrıca cam yapı içerisinde dağılan ince kristalin fazlar geliştiğinde kaplamanın şeffaftan opağa; parlaktan satene; düzgün yüzeyden dokulu bir yüzeye dönüşmesi beklenir; bu da geniş bir aralıkta estetik etkinin elde edilebileceğini göstermektedir. Karo endüstrisinde bu etkiler büyük ölçüde kullanılmaktadır ve sırlar opak ve mat olarak sınıflandırılmıştır. Ancak, böylesi bir etki sadece az sayıda sır bileşimleri ile elde edilebilmektedir (Çizelge 1). Bu bileşimler genellikle opaklık ve matlık temel mekanizmaları bilinmeden sadece pratik deneyim ile kullanılmaktadır [2].

Çizelge 1. Geleneksel karo sırlarında oluşan kristalin fazların listesi [2]

Table 1. List of crystalline phases formed in traditional tile glazes [2]

Mat Sır	Kuvars	SiO_2
	Korund	Al_2O_3
	Anataz/Rutil	TiO_2
	Müllit	$3Al_2O_3.2SiO_2$
	Vollastonit	$CaO.SiO_2$
	Spinel	$ZnO.Al_2O_3$
	Villemit	$2ZnO.SiO_2$
Saten Sır	Zirkon	$ZrO_2.SiO_2$
	Rutil	TiO_2
	Cassiterit	SnO_2
	Vollastonit	$CaO.SiO_2$
Opak Sır	Cassiterit	SnO_2
	Badeleyit	ZrO_2
	Rutil	TiO_2
	Seria	CeO_2
	Zirkon	$ZrO_2.SiO_2$

Karo sır tasarımında cam seramik bileşimi kullanabilmek için bazı gereklilikler ele alınmalıdır. Bu gereklilikler aşağıda sıralanmıştır.

1. Firit yapımında firit dökümüne elverişli düşük eriyik ağdalığı
2. Sınırlı sıcaklık aralığında ve soğutma esnasında çekirdek ve kristal büyüme süreçleri (Fırına herhangi bir iyileştirme yapılması istenmediğinden bu süreçler hızlı tek pişirim süreci ile uyum içinde olmalıdır)
3. Kararlı son kristalin fazlar
4. Kristalin fazların artık camsı faz içerisinde homojen bir şekilde dağılması
5. Kristalin tane sınırında porozite oluşmaması
6. Bünye ile uyum içinde uygun ısıl genleşme katsayısına ve yüzey gerilimine sahip olması [2].

Ayrıca, cam seramik sisteminde kristalizasyonun yanında sıkı bir tabaka oluşturup poroziteden kaçınmak için sır yoğunlaşması da olmalıdır. Bu iki süreç (yoğunlaşma ve kristalizasyon) hızlı pişirim döngülerinde aynı sıcaklık aralığında gelişmektedir. Hızlı döngüde cam seramik sırı üretmek için cam tabakanın

yoğunlaşma süreci kristalizasyon başlamadan tamamlanmalıdır. Ne yazık ki bu ideal durum her zaman gelişmemektedir çünkü kristalizasyon sinterlemeden önce veya aynı zamanda oluşabilmektedir. Dolayısıyla, doğru zamanda sinterlenecek ve istenen miktarda kristal oluşumu sağlayacak cam seramik sırlar için uygun firit bileşiminin seçimi oldukça önemlidir. Son formülasyon ayrıca, olgunlaşma zamanı, ısıl genleşme katsayısı ve seramik kaplama üzerindeki reaksiyon kabiliyeti gibi birçok faktöre de bağlıdır [5].

Yukarıdaki koşulları sağlayan cam seramik sırları kolaylıkla tasarlanabilir ve laboratuarda iyileştirilerek endüstriyel uygulamaya alınabilir. Bu sistemleri tamamıyla kontrol edebilmek için firitlerin ve kristal malzemelerin özellikleri bilinmek zorundadır. Bu özellikler ısıl ve termo-mekaniksel cihazlar (diferansiyel ısıl analiz cihazı ve dilatometre), x-ısınları difraktometresi, IR spektrometresi ve taramalı elektron mikroskobu kullanımı ile belirlenebilir [2]. Quinteiro ve ark. [6] yaptıkları çalışmada seramik karo endüstrisinde kullanılan pişirim koşullarına uygun cam seramik sistemleri araştırmışlardır. Çalışmalarında hızlı ısıtma ve soğutma hızlarında önemli miktarda kristalin faz oluşturabilen farklı cam seramik sistemleri endüstride kullanıma uygun bulunmuştur. Bu sistemlerde gelişen kristalin fazlar ve genel bileşimler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Hızlı pisirim rejiminde kullanılan cam seramik sistemleri [6]

Table 2. Glass ceramic systems used in fast firing regime [6]

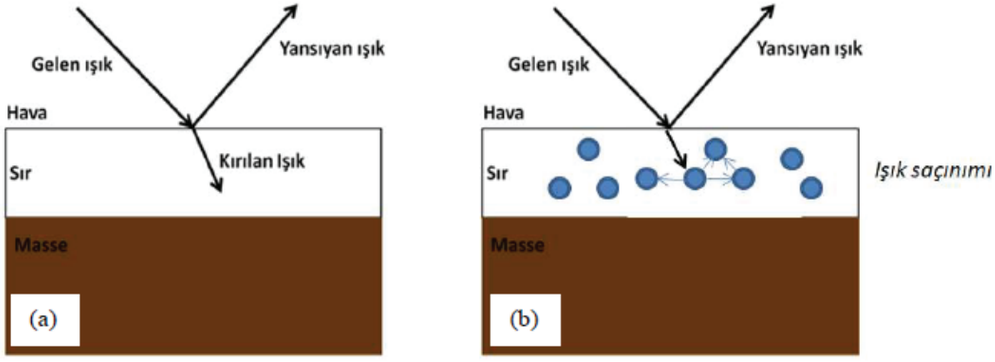
Sistem	**Kullanılan Oksitler**	**Kristal Adı**	**Genel Kompozisyon**
MAS	SiO_2, Al_2O_3, MgO	İndialit, syn	A-$Mg_2Al_4Si_5O_{18}$
		Al, Mg Silikatlar	(Mg, Al)SiO_3 $MgAl_2Si_3O_{10}$
ZnLAS	SiO_2, Al_2O_3, MgO, TiO_2, ZnO, LiO_2	Li-Al Silikat	$LiAlSi_3O_8$
		Villemit, syn	Zn_2SiO_4
		Rutil, syn	TiO_2
		Enstatit	$MgSiO_3$
		Kuadilit, syn	Mg_2TiO_4
ZrLS	SiO_2, LiO_2, ZrO_2	Zr Silikat	$ZrSiO_4$
		Li Silikat	Li_2SiO_3, $Li_2Si_2O_5$
		Badeleyit	ZrO_2
		Moganit	SiO_2
		Stishovit	SiO_2
ZrKCS	SiO_2, ZrO_2, K_2O, CaO	Bahdadit, syn	$Ca_3Zr(Si_2O_9)O_2$
		Vadeytit	$K_2ZrSi_3O_9$
		Silikat Zr	$ZrSiO_4$
		Vollastonit	$CaSiO_3$
ZnAS	SiO_2, Al_2O_3, ZnS, B_2O_3	Gahnit	$ZnAl_2O_4$
		Villemit	Zn_2SiO_4
CBAS	SiO_2, Al_2O_3, TiO_2, ZrO_2, CaO, BaO	Selsiyan, syn	$BaAl_2Si_2O_8$
		Al-Ba Silikat	α-$BaAl_2Si_2O_8$
		Ba-Zr Silikat	$Ba_2Zr_2SiO_3O_{12}$
		Valstromit	$BaCaSi_3O_9$
ZrCMS	SiO_2, MgO, ZrO_2, CaO	Diopsit	$CaMg(SiO_3)_2$
		Forsterit	$MgSiO_4$
		Badeleyit	ZrO_2
		Akermanit	$Ca_2MgSi_2O_7$

3. CAM SERAMİK SIRLARDA MİKROYAPI-OPTİK ÖZELLİK İLİŞKİSİ

Sırların optik karakteristikleri küçük partiküllerden veya sır içerisindeki düzensiz çekirdeklerden kaynaklanan ışığın yansıması ve saçılmasına bağlıdır [7]. Bu açıdan değerlendirildiğinde sırın mikroyapısına bağlı olarak sırlar şeffaf, opak, mat veya parlak olabilirler.

3.1. Şeffaf, Opak Sırlar

Şeffaf sırlar homojen kırınım indisine sahip oldukları için gelen ışık yansımadan veya saçınıma uğramadan hava sır ara yüzeyinden yayılır. Opak sırlarda ise opaklık; sıra gelen ışığın sır içerisindeki partiküller veya hava kabarcıklarından dolayı meydana gelen difüzyonu, yansıması ve kırınımı sonucu oluşur [8]. Şekil 1'de ışığın şeffaf sır (1.a) ve opak sır (1.b) ile etkileşimi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Şeffaf sır (a) ve opak sır (b) ile ışık etkilesimi şematik gösterim [8]

Figure 1. Light attraction in transparent (a) and opaque glazes (b) [8]

Sır kristal içeriyorsa veya sır içerisinde faz ayrışımı gerçekleşmişse sır içerisinde ara yüzeyler vardır ve bu ara yüzeylerin kendiside yansımaya neden olur. İç ara yüzeylerde meydana gelen yansıma; saçılma olarak adlandırılır. Saçılma opaklık için temel oluşturan bir kavramdır [9]. Opak sırlarda saçınım sır içerisindeki partiküllerin çevresindeki camsı faza göre farklı kırınım indisine sahip olmalarından kaynaklanır. Pişmiş sırın opaklığı; camsı faz içerisindeki opaklaştırıcı fazın konsantrasyonuna, opaklaştırıcının partikül boyutuna, opaklaştırıcı faz ile camsı faz arasındaki kırınım indisi farkına ve sır kalınlığına bağlıdır [8]. Opak sırlarda ışığın yolu sır içerisindeki partiküller tarafından ne kadar çok kesilir ise o kadar yüksek opaklıkta sırlar elde edilir. O halde kristallerin partikül boyutu ne kadar küçük ve

ince ise daha yüksek yüzey alanı ve dolayısıyla da daha yüksek yansıma olacaktır. Optimum bir opaklaşma için kristal boyutu yaklaşık 0,4 μm olmalıdır [9].

Opak sırlarda opaklığı etkileyen bir diğer parametrede kırınım indisidir. Kırınım indisi; bir ortamdan geçen ışığın bağıl hızını ifade eder. Ortamın kırınım indisi, n değeri, ısığın vakumdaki hızının (c) ısığın ortamdaki hızına (*v*) oranı ile bulunur (n=c/v).

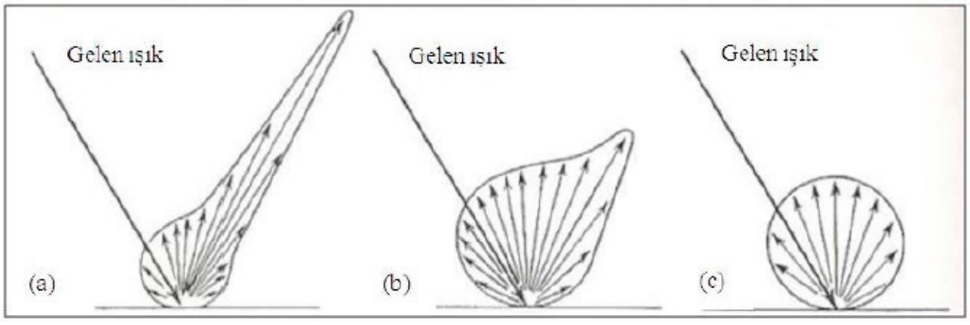
Genellikle daha büyük atomlar veya iyonlar daha büyük elektronik polarizasyona, daha yavaş hıza ve daha büyük kırınım indisine sahiptir. Tipik bir soda kireç camının kırınım indisi yaklaşık olarak 1,5'tur. Büyük boyutlu baryum ve kurşun iyonlarının (BaO ve PbO) sıra ilavesi ile kırılma indisi önemli bir şekilde artmaktadır. Örneğin; %90 ağırlıkça PbO içeren yüksek kurşunlu sırların kırınım indisi yaklaşık 2,1'dir. Kübik kristal yapıya sahip kristalin seramikler ve camlar için kırınım indisi kristallografik yönden bağımsızdır. Diğer yandan kübik olmayan kristaller ise anizotropik kırınım indisine sahiptir. İndis; iyonların daha yüksek yoğunluk gösterdiği doğrultularda daha yüksek değerler alır [10].

3.2. Mat, Saten ve Parlak Sırlar

Sırlarda matlık ve parlaklık kavramları genellikle sır yüzeyinden düzgün yansıyan ışığın miktarı ile ilişkilendirilerek açıklanır. Şekil 2'de farklı yansıma davranışları gösteren yüzeyler şematik olarak gösterilmiştir. Şekil 2.a'da yüksek parlaklığa sahip yüzey; dağınık yansımaya göre daha yüksek miktarda düzgün yansıma göstermiştir. Şekil 2.b'de saten yüzey çok az miktarda düzgün yansıma ve yüksek miktarda dağınık yansıma göstermiştir. Şekil 2.c'de ise mat yüzey hiç düzgün yansıma göstermemiş; bütün yansımalar dağınık gerçekleşmiştir. Düzgün yansımanın şiddetini dolayısıyla da, sır parlaklığını etkileyen parametreler; yüzey düzgünlüğü, faz ayrışması veya kristaller nedeniyle sır içerisinde oluşan iç ara yüzeyler ve sırın kırınım indisidir [9].

Yüzey pürüzlülüğü gelen ışığın farklı açılarda yansımasına yol açarak düzgün yansımayı azaltacak; buda sır parlaklığının azalmasına neden olacaktır. Sonuçta yüksek parlaklıkta sır geliştirebilmek için pürüzsüz düzgün bir yüzey elde etmek gerekir [9]. Sırlarda mat görünüme yol açan pürüzlülüğün; yüzeye yakın ve yüzeydeki kristallerin varlığından mı yoksa kristallerin varlığı yüzünden eriyik haldeki sır ağdalığının artması sonucu yüzey gerginliğinin engellenmesinden mi kaynaklandığı henüz belirlenmemiştir. Fakat kristal içermeyen ancak yüksek

ağdalığa sahip sırların yüzeyin yeterince düzgün olmaması nedeniyle mat göründüğü bilinmektedir [11].



Şekil 2. Parlak (a), mat (b) ve saten (c) yüzeyde ışığın yansıması [9]

Figure 2. Reflection of light from glossy, matte and satin surfaces [9]

Sırlardaki yansıyan ışığın miktarı sadece yüzey pürüzlülüğüne bağlı değil aynı zamanda malzemenin kırınım indisine, sır içerisindeki ara yüzeylerde gerçekleşen saçınıma ve gelen ışığın açısınada bağlıdır. Sır içerisindeki ara yüzeylerde gerçeklesen saçınımın sırın parlaklığı/matlığı üzerindeki etkisi sır ile sır içerisindeki kristallerin kırınım indisi farkına bağlıdır. Kırınım indisleri arasındaki farkın yüksek olması yüzeye yakın kristallerinde düzgün yansımaya yol açmasına neden olacak ve parlaklığa olumlu yönde etki edecektir. Diğer yandan kırınım indis farkı az ise (fakat aynı değil) kristallerdeki saçınım dağınık yansımaya neden olarak mat sır oluşmasına sebebiyet verecektir [9, 11].

Genel olarak sır görünümünün (şeffaflık/opaklık ve matlık/opaklık) aşağıdaki faktörlere bağlı olduğu söylenebilir.

1. Sırın kalınlığına
2. Sırın sahip olduğu yüzey pürüzlülüğüne
3. Sırdaki camsı fazın kırınım indisi değerine
4. Sır içerisindeki kristallerin ve/veya faz ayrışması sonucu oluşan fazların kırınım indisi değerine
5. Sırdaki camsı faz ile sır içerisindeki kristallerin kırınım indisleri farkına
6. Sır içerisindeki kristallerin, cinsine, boyutuna, şekline ve miktarına bağlı olarak değişir.

Bu durumda istenilen optik özelliklere sahip cam seramik sır elde etmek için mikroyapı tasarımı önem kazanmaktadır [12].

4. CAM SERAMİK SIRLARDA ISIL DAVRANIŞ

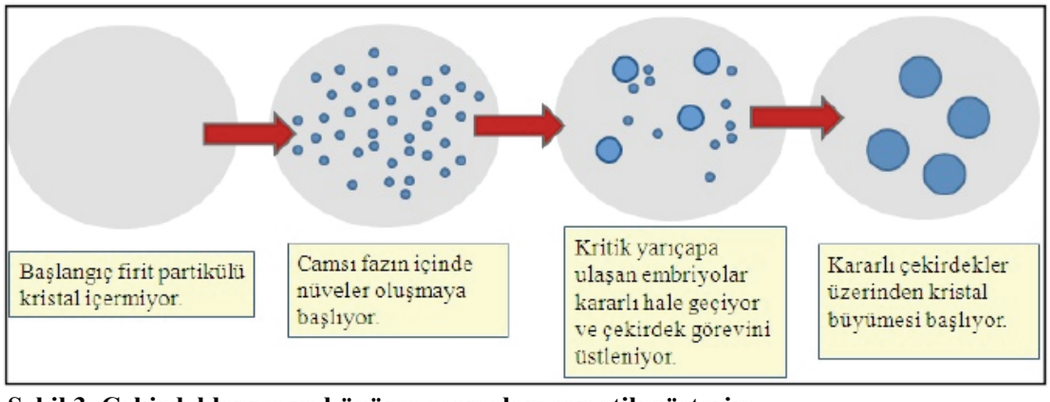
Cam seramik firitler ısıtıldıklarında iki önemli süreç gerçekleşmektedir; sinterleme ve kristalizasyon süreçleri. İlgili prosesler nihai mikroyapının belirlenmesinde ve başta optik özellikler olmak üzere pek çok özelliğin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadırlar.

4.1. Cam Seramik Firitlerin Sinterlenmesi

Preslenen cam seramik firit tozları sinterlendiğinde yoğunlaşma ilk olarak cam geçiş sıcaklığının biraz üzerinde viskoz akış ile gerçekleşir. Cam toz ısıtıldığında ağdalığı düşer; tane küre şeklini alır ve partiküller arasında ıslatıcı bir sıvı oluşur. Eğer sıcaklık belli bir derecede ağdalığı elde etmek için yeterliyse değişken taneler boyunlar kurarak birbirlerine bağlanırlar. Belli bir derecede yoğunluğa ulaşılınca sıcaklık artışından kaynaklanan ısıl etki artık sinterleme mekanizmasını etkilemeyecek; kristalizasyon mekanizmasını etkileyecektir [13].

4.2. Cam Seramik Firitlerde Kristalizasyon

Camlar termodinamik dengelerine kıyasla başlangıçta çok fazla enerjiye sahiptirler ve uygun koşullarda kristallenirler. Bu süreç çekirdeklenme ve kristal büyümesinin baskın mekanizmalar olduğu kristalizasyon süreci olarak bilinir. Çekirdeklenme kararlı olan kristalin faz ürününün küçük hacimlerde basit bir şekilde oluşumudur. Bu olay, çekirdeklenme, ana cam boyunca rastgele bir şekilde gerçekleşebilir. Bu durumda çekirdeklenme ***homojen çekirdeklenme*** adını alır. Bazen de çekirdekler ana malzemenin belirli bölgelerinde oluşabilir. Bu durumda ise çekirdeklenme ***heterojen çekirdeklenme*** adını alır. Kristal büyümesi ise kararlı bir çekirdek oluştuğu anda başlar. Çekirdeklenme ve kristal büyüme aşamaları Şekil 3'de şematik olarak gösterilmiştir.

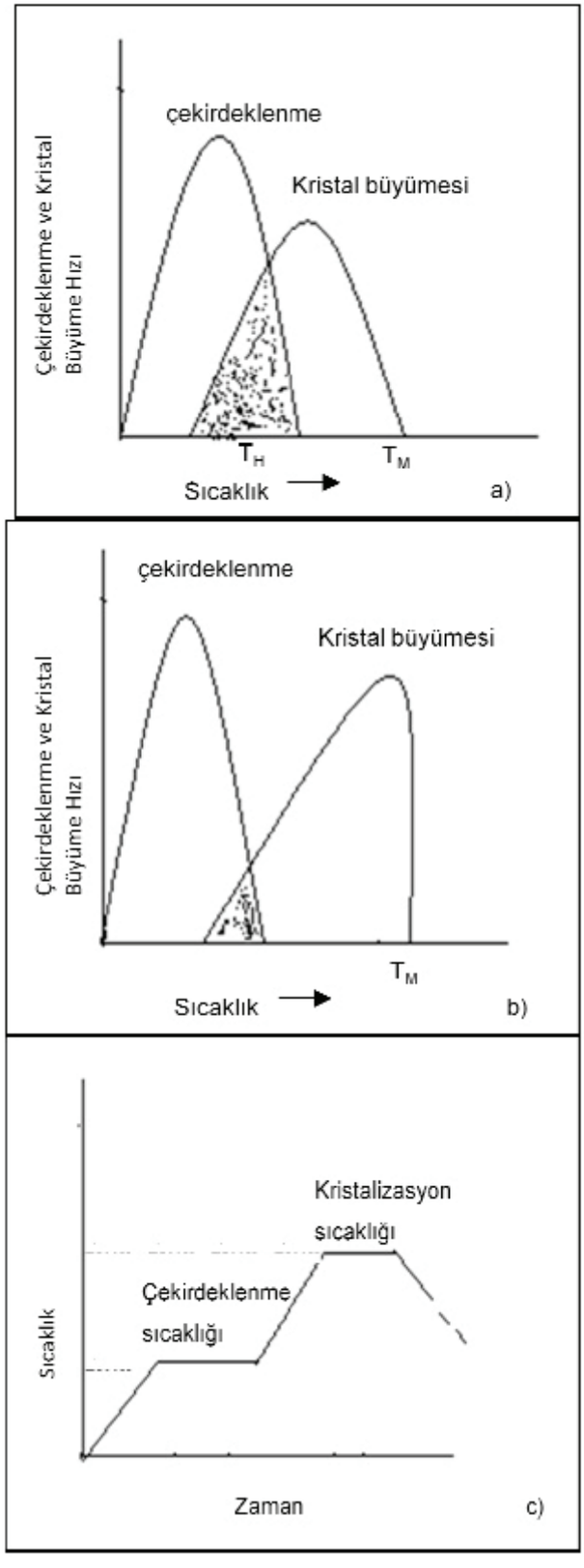


Şekil 3. Çekirdeklenme ve büyüme aşamaları şematik gösterim

Figure 3. Nucleating and growing process schematic picture

Sıcaklığa bağlı olarak çekirdeklenme ve kristal büyüme hızı Şekil 4'de verilmiştir. Kabul edilebilir bir hızda çekirdeklenme ve büyümenin ilerlediği sıcaklık aralığı sistemden sisteme değişmektedir. İki hız eğrisinin üst üste bindiği durumda (Şekil 4.a); TH sıcaklığında tek ısıl işlemle kristalizasyon gerçekleşebilir. İki hız eğrisinin arasında az bir örtüşmenin görüldüğü durumda (Şekil 4.b) iki aşamalı ısıl işlemin uygulanması gerekmektedir. Düşük sıcaklıktaki işlem çekirdeklenme için, daha yüksek sıcaklıklardaki işlem ise uygun bir hızda kristal büyümesi elde etmek için uygulanır. Şekil 4.c'de geleneksel iki aşamalı ısıl işlemin zaman sıcaklık grafiği verilmiştir [2].

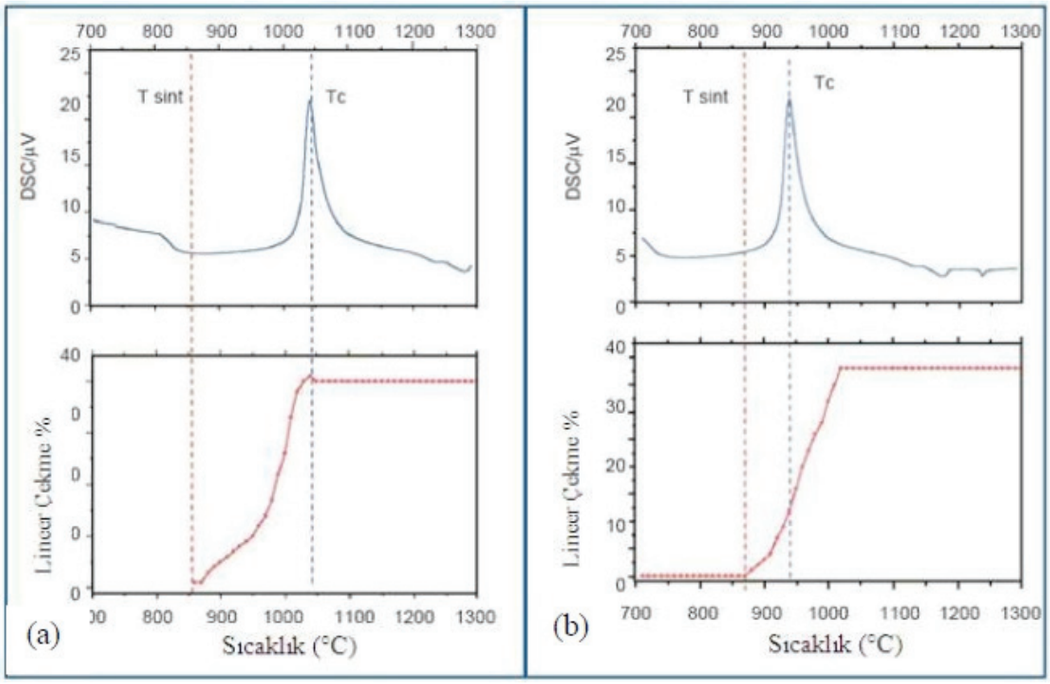
Cam seramik sırlarda kristallenme eğilimi ve kristallenme hızını etkileyen parametrelerden biride firit bileşimidir. Cam seramik sırlarda en çok görülen kristalin fazlar; zirkon ($ZrSiO_4$), anortit ($CaAl_2Si_2O_8$), vollastonit ($CaSiO_3$), selsiyan ($BaAl_2Si_2O_8$), lösit ($KAlSi_2O_6$), kordiyerit ($Mg_2Al_4Si_5O_{18}$) ve müllittir ($Al_6Si_2O_{13}$). Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda erimiş cam içerisinde çözünen yüksek konsantrasyondaki bazı oksitler cam matrisin soğuması esnasında çökelebilirler; örneğin rutil formundaki TiO_2 ve hematit formundaki Fe_2O_3 gibi [1].



Şekil 4. Çekideklenme ve büyüme hız eğrileri [2]
Figure 4. Nucleating and growing speed graphs [2]

4.3. Cam Seramik Firitlerin Isıl Davranışlarının İncelenmesi

Cam seramik sisteminde pişme esnasında kristalizasyonun yanında sıkı bir tabaka oluşturup poroziteden kaçınmak için sır yoğunlaşması da olmalıdır. Cam toz sinterleme sürecinde poroz ve heterojen malzemelere sebebiyet vermemek için sinterleme aşamasının kristalizasyon başlamadan önce bitmesi istenir. Bu tarz bir davranış Şekil 5.a'da gösterilmektedir. Ne yazık ki yoğunlaşma süreci her zaman bu sırayı takip etmez (Şekil 5.b). Bu iki süreç (yoğunlaşma ve kristalizasyon) hızlı pişirim döngülerinde aynı sıcaklık aralığında gelişmektedir [13].



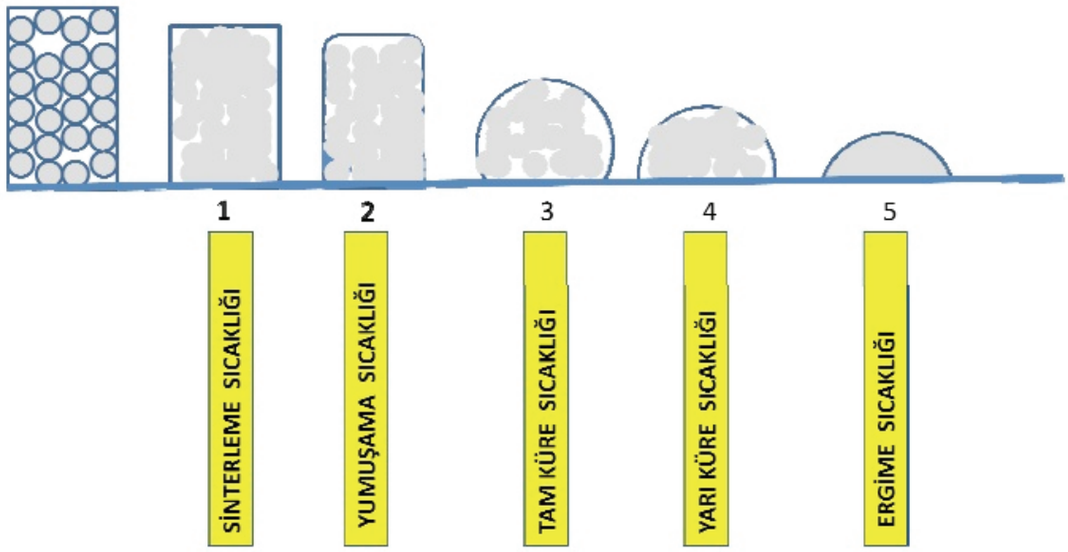
Şekil 5. DTA ve ısı mikroskobu eğrilerinin çakıştırılması [12]

Figure 5. DTA and hot stage microscope graphs [12]

Siligardi ve ark. [13] yaptıkları çalışmada farklı cam bileşimlerinin sinterleme ve kristalizasyon süreçlerini tanımlayacak basit ve hızlı bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntem geleneksel seramik alanında yaygın olarak kullanılan iki ısıl analitik tekniği birleştirmiştir; diferansiyel ısıl analiz (DTA) ve ısı mikroskobu analizi (HeMA). Bu iki analiz yönteminin bir arada kullanılması cam seramik firitin sinterleme ve kristalizasyon süreçlerini ve iki süreç arasındaki ilişkiyi inceleyebilmeye olanak sağlamaktadır.

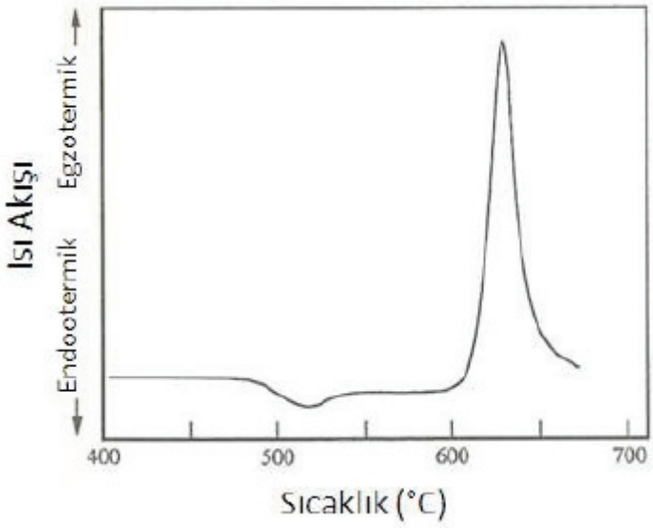
Isı mikroskobu analizi ile cam seramik firitin sinterleme sıcaklığı, yumuşama sıcaklığı, tam ve yarı küre sıcaklıkları ve firitin ergime sıcaklığı bulunabilmektedir. Isı mikroskobu ile elde edilen temel sıcaklıklara dair şematik gösterim Şekil 6'da

verilmiştir. ***Sinterleme sıcaklığı***; numunenin başlangıçtaki boyutuna göre boyutunun %5 oranında azaldığı sıcaklık olarak tanımlanır. ***Yumuşama sıcaklığı***; sıvı fazın numune yüzeyinde görüldüğü sıcaklıktır. Bu sıcaklıktan itibaren sıvı fazın yüzey geriliminden dolayı numunenin şekli belirgin bir biçimde değişir. Yumuşama sıcaklığında numune köşeleri belirgin bir şekilde yuvarlaklaşır. Küre sıcaklığında numune küre şeklini alır ve numune tamamen sıvı fazdan oluşur. Bu sıcaklıkta numunenin şekli yüzey gerilimi tarafından kontrol edilmektedir. Numunenin yüksekliğinin tabanın yarısı olduğu sıcaklık yarı küre ***sıcaklığı***dır. Firitin ***ergime sıcaklığı*** ise numune yüksekliğinin başlangıç yüksekliğinin üçte birinin altına düstüğü sıcaklık olarak tanımlanır [14, 15].



Şekil 6. Isı mikroskobu ile bulunan temel sıcaklıklar
Figure 6. The fundamantel temperatures found by hot stage microscope

Diferansiyel ısıl analiz cihazı ile cam seramik firitin cam geçiş sıcaklığı, kristalizasyon sıcaklığı ve kristal ergime sıcaklıkları belirlenebilmektedir. Isıtma esnasında tek bir kristalin faz oluşturan cama ait tipik bir diferansiyel ısıl analiz eğrisi Şekil 7'de verilmektedir [16]. Eğrideki ilk endotermik pik camın cam geçiş sıcaklığını egzotermik pik ise kristalizasyon sıcaklığını göstermektedir.



Şekil 7. Cama ait tipik bir diferansiyel ısıl analiz eğrisi [16]
Figure 7. Typical differantial thermal analysis graph of a glass [16]

5. CAM SERAMİK SIRLARA ÖRNEKLER

Ev hayatındaki, sosyal aktivite ve çalışma alanlarındaki kalite talebindeki artış fonksiyonları iyileştirilmiş yeni yapı malzemelerinin geliştirilmesini hızlandırmıştır. Bu anlamda, artık seramik karo sırları sadece su geçirmeyen ve estetik özellikler gösteren malzeme olmaktan çıkmış ve toplumsal talebi karşılamaya yönelik, hayat kalitesini arttırmada spesifik bir rol oynayarak fonksiyonel seramik sırlar üretilmeye başlanmıştır [1].

Yer karosu sırları özellikle genel kullanıma açık alanlarda sürekli aşındırıcı etkilere maruz kalan malzemelerdir. Böylesi yerlerdeki trafik yoğunluğu ve aşındırıcı etkenin cinsi gibi faktörlere bağlı olarak yer karosundan yüksek aşınma direnci beklenmektedir. Bu direnç, sır sertliğinin arttırılması ile iyileştirilmektedir. Karasu ve ark.[17] endüstriyel koşullarda uygulanabilirlikleri daha önceden belirlenmiş diopsit bazlı firitleri esas alarak yer karosu sırları çalışmışlardır. İlgili çalışmada düşük maliyetli, endüstriyel hızlı pişirim tekniğine uyumlu, yüksek beyazlıkta aşınmaya karşı dayanımlı mat ve yarı mat yer karosu sırları geliştirilmiştir.

Literatürde fonksiyonel cam seramik sırlar üzerinde de birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak kendi kendini temizleyen fotokatalitik cam seramik sırlar ve mikropların büyümesini önleyen ve yaygın bakteri çeşitlerini öldüren antibakteriyel sırlı karolar verilebilir [1]. Qing ve ark. [1, 18] antibakteriyel ve antimantar kızıl ötesi radyant sır geliştirilmesi üzerinde çalışmışlardır. Yoshido

ve ark.'da [1 ,19] montmorillonitten üretilen antimikrobiyal ajanlar içeren sırların aktivitelerini incelemişlerdir.

Fonksiyonel özelliklere ilaveten cam seramik sırlar estetik özellikleri de geliştirmede kullanılmıştır. Bunlara örnek olarak doğal mineral aventürin etkisini andıran makroskopik laminer kristaller içeren parlak aventür sırlar verilebilir. Metal veya oksit olarak kristallenerek aventür etki veren elementler Fe, Cr, Cu, Ni, Mn ve U'dur. Bu elementlerin sır içerisinde az miktarda bulunması cam içerisinde çözünerek istenilen estetik etkinin elde edilmesini engelleyebileceği gibi çok miktarda bulunmasıda büyük kristallerin yüzeyde oluşmasına yol açarak aventür etki yerine metalik görünümün elde edilmesine sebep olacaktır [1, 20]. Literatürde 60 dakikadan daha kısa pişirim döngülerinde aventür etkinin eldesinin zor olduğundan bahsedilse de Casan ve ark. [1, 21] standart endüstriyel üretime adapte edilebilecek kısa süreli pişirim çevrimlerinde aventür seramik sırlı karolar çalışmışlardır.

Bir diğer önemli estetik özelliklerden metalik etki genel olarak üçüncü pişirimde soy metallerin kullanılması (gümüş, altın, platinyum) ile sağlanmaktadır. Metalik etki gösteren çoğu formülasyon sülfür ve organik içermektedir. Ayrıca tüm gümüş bileşikleri zehirlidir. Üçüncü pişirimi elimine etmek ve toksik hammaddelerden kaçınmak için birkaç araştırma grubu geleneksel sırlara alternatif olarak metalik görünümlü cam seramik sırlar üzerinde çalışmışlardır. Cabrera ve ark. [22] 24-51 SiO_2, %7-21 Al_2O_3, %10-30 Fe_2O_3 ve %7-27 P_2O_5 (ağırlıkça %) içeren metalik parlaklığında cam seramik sır çalışmışlardır. Oluşan metalik etkinin demir fosfat fazından kaynaklandığı belirtilmiştir. Siligardi ve ark. [23, 24] ise yaptıkları iki ayrı çalışmanın ilkinde metalik etkiyi sır yüzeyinde kristallenen dallantılı tenorit (CuO) ile, ikinci çalışmada ise çok ince seria kristalin tabaka ile (CeO_2) ile sağlamışlardır.

6. GENEL DEĞERLENDİRME

Yapı malzemelerindeki yüksek kalite talebi daha fonksiyonel, daha estetik seramik karoların araştırılmasını ve üretilmesini hızlandırmıştır. Bu derlemede cam seramik malzemelerin seramik karo sır olarak kullanılabilmesi için taşıması gereken özelliklere yer verilmiş ve pişirim esnasında gerçekleşen iki önemli sürece; sinterleme ve kristalizasyona değinilmiştir. İstenilen özelliklerde (ısıl, optik, kimyasal, mekanik vb.) mikroyapı eldesi için firit başlangıç bileşimi ve bu iki süreç kontrol altında tutulmalıdır. Literatürde yapılan çalışmalar cam seramik sistemlere

bağlı sırların laboratuarda kolaylıkla geliştirilebileceğini ve endüstriye uygulanabileceğini göstermektedir.

KAYNAKÇA

[1] Casasola, R., Rincon, J.Ma., Romero, V. Glass Ceramics Glazes for Ceramic Tiles- Review, Journal of Material Science, 47, 2012.

[2] Leonelli, C., Manfredini, T., Siligardi, C. New Tile Glaze Families Based on Glass Ceramic Systems, International Ceramics Journal, 31-35, 2002.

[3] Pinckney, L.R. *Ceramic and Glasses, Engineered Materials Handbook*, ASM International Handbook Comitee, United States of America, 1991.

[4] Karasu, B. Türkiye'de Cam ve Cam-Seramikler, Standard Ekonomik ve Teknik Dergi, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Sayı: 598, 46-55, 2012

[5] Rasteiro, M.G., Gassman, T., Santos, R., Antunes, E. Crystalline Phase Characterization of Glass Ceramic Glazes, Ceram. Int., 2006.

[6] Quinterro, E., Boschi, A.O., Leonelli, C., Manfendini, T., Siligardi, C., *Glass Ceramic Systems Compatible with the Firing Conditions Used in the Ceramic Tile Industry,* 1. in: the Proceedings of the Congress Qualicer2002, 2002.

[7] Santos, C.R., Fontana, T.L.B., Uggioni, E., Riella, H.G., Bernardin, A.M., *Achieving Opacity in Ceramic Tiles: Microstructural and Spectrophotometric Analysis,* in: the Proceedings of the Congress Qualicer2004, 2004.

[8] Taylor, J.R., Bull, A.C., *Ceramic Glaze Technology*, Pergamon Press, 1980.

[9] Eppler, R.A., Eppler, D.R., *Glazes and Glass Coatings*, The American Ceramic Society, 1998.

[10] Callister, W.D., *Material Science and Engineering an Introduction*, John Wiley&Sons, 1991.

[11] Bou, E., Bordes, M.C., Feliu, C., Gazulla, M.F., Ferrer, F., Pasies, G., *Variables that Determine the Matt Appearance of the Some Ceramic Floor and Wall Tile Glazes,* in the Proceedings of the Congress Qualicer2002, 349-364, 2002.

[12] Yıldız, B., *Diopsit Esaslı Duvar Karosu Sır ve Angoplarının Geliştirilmesi,* Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2010.

[13] Siligardi, C., D'arrigo, M.C., Leonelli, C. Sintering Behavior of Glass Ceramic Frits, International Ceramics Journal, September, 88-92, 2002.

[14] Misura ODHT Isı Mikroskobu 1600-80 Kullanma Kılavuzu, Modena.

[15] Rasteiro, M.G., Gassman, T., Santos, R., Antunes, E. Crystalline Characterization of Glass Ceramic Glazes, Ceramics International, 2006.

[16] Shelby, J.E., *Introduction to Glass Science and Technology*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, England, 1997.

[17] Karasu, B., Kaya, G., Gönül, A. Bileşimsel Modifikasyonla Aşınmaya Dayanıklı Diopsit Esaslı Yer Karosu Sırlarının Endüstriyel Çalışma Koşullarında Geliştirilmesi, Üçüncü Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri, 615-624, 2005.

[18] Qing, X., Wen, C., Feng, Z., Run-Zhang, Y. A Novel Infrared Radient Glaze Exhibiting Antibacterial and Antifungal Functions, J Wuham Univ Technol, 17:11-12, 2002.

[19] Yoshida, H., Abe, H., Taguri, T., Ohashi, F., Fujino, S., Kajiwara, T. Antimicrobial Effect of Porcelain Glaze with Silver-Clay Antimicrobial Agent, J Ceram Soc Jpn, 118:571-574, 2010.

[20] Gozalbo, A., Orts, M.J., Mestre, S., Gomez, P., Agut, P., Lucas, F., Belda, A., Blanco, C., *Ceramic Glazes with Aventurine Effect,* In: Proceedings of IX World Congress on Ceramic Tile Quality, 189-202, Castellon, İspanya, 2006.

[21] Casan, E., Lleo, E., Palomares, F., Rodriguez, V., Marti, V., Seores, J., Cabrera, M.J. Estudio del Goniocromatismo o efecto Metaliza do de Vidria dos de Aventurina, Bol Soc Esp Ceram V, 49:142-146, 2010.

[22] Cabrera, M.J., Montins, V., Foo, A., Balfagon, P. Obtencion de Esmaltes de Aspecto Metalico en Baldosas Fabrica da spor Monococcion, Ceram Inf, 332:63-70, 2007.

[23] Siligardi, C., Montecchi, M., Montorsi, M., Pasqualiz, L. Lead Free Cu-containing Frit for Modern Metallic Glaze,, J Am Ceram Soc, 92:2784-2790, 2009.

[24] Siligardi, C., Montecchi, M., Montorsi, M., Pasqualiz, L. Ceria-containing Frit for Luster in Modern Ceramic Glaze, J Am Ceram Soc, 93:2545-2550, 2010.

SERAMİK DEKORLARDA KURU YÜZEY ÜZERİNE UYGULANAN OYMA VE AJUR TEKNİKLERİ
THE CARVING AND PİERCİNG TECHNIQUES THAT APPLIED ON DRY SURFACES IN CERAMIC DECORS

Seyhan YILMAZ[1]

[1]Kastamonu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Güzel Sanatlar Eğitimi Bölümü

Kastamonu /TÜRKİYE

ÖZET

Seramik dekorlarında kuru yüzey üzerine uygulanan oyma ve ajur teknikleri ve bu teknikleri açıklayan örnek bir uygulama bubildirinin konusunu oluşturmaktadır. Seramik sanatında ajur ve oyma tekniği, hem dekor yapmada hem de form şekillendirmede sıkça kullanılmaktadır. Bu teknikler çoğunlukla deri sertliğindeki yüzeylere oyma bıçaklarıyla, boşluklar, girinti ve çıkıntılar açılarak yapılmaktadır. Bu tekniklerin uygulanması sırasında özellikle ajur tekniğinde deri sertliğinde yapıldığı için deformasyonlar ve çökmeler ortaya çıkabilmektedir.Kuru oyma tekniğinde ise bu sorunlar büyük oranda aşılmaktadır.

Kuru oyma ve ajur tekniğini göstermek için yapılanuygulamada kesici aletlerin yanı sıra gravür makinesi kullanılmıştır. Elektrikle çalışan bu makine değişik uçlara sahip olup, oluşturulmak istenen boşluğa göre değişik uçlar kullanılabilmektedir. Tercih edilen uçlara göre ajur ve oyma dekorları yapılır.

Sonuç olarak bu yöntemle yapılan uygulamalar özellikle deri sertliğinde oyulmasında gecikilmiş, fazla kurumuş işlerde bir çözüm yolu olarak düşünülebilir. Uygulama sırasında bu işlemin avantajı yanında, kırılma gibi bir dezavantajının da olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Seramik, Dekor, Teknikler, Oyma, Ajur

ABSTRACT

This study includes the carving and pierced techniques that applied on dry surfaces and an application of these techniques. The carving and piercing techniques are widely used in both decoration and forming in ceramic arts. These techniques are carried out by forming gaps, indentation and protrusion on the moderately moist surfaces with a carving knife. Some deformation and collapse may be arisen during the implementation of these techniques, especially carving technique. These problems are largely overcome in dry carving techniques.

Some cutting tools as well as engraving machine have been used in the application in order to show dry carving and piercing techniques. Different brushes can be used in this

electrically powered machine depending on the desired gap forming. According to the preferred brushes is made piercing and carving decors.

As a result, the applications carried out by this method can be thought as a way out in over dried surfaces due to delayed carving. It has been seen that besides the advantages, there are some disadvantages such as fracture of this application.

Keywords: Ceramic, Decor, Techniques, Carving, Piercing

1. GİRİŞ

Seramik dekorlar; biçimlendirilmiş bir ürünün estetik görünüşünü zenginleştirmek için form veya yüzeyler üzerineçeşitli yöntem ve teknikler kullanılarak yapılan uygulamalardır. Dekorun biçim ile uyumlu olması gerekmektedir. Dekor, biçimi ortaya çıkararak onun farklı görünmesini de sağlar. Örneğin aynı şekilde ve boyutta olan iki geometrik biçimin yüzeylerine farklı dekorlar uygulandığında, görünümlerinin farklılık yaratabileceği söylenilebilir.

Binlerce yıldır kullanılan seramik dekorlartemel teknikler olarak güncelliğini korurken, teknolojinin de ilerlemesiyle farklı teknik ve yöntemler bu listeye ilave edilmiştir. Bu teknik ve yöntemler yaş çamur, kuru,bisküvi yadasırlı bir yüzeye göre değişebildiği gibi, sırın, boyanın cinsine ve pişme derecesine göre de değişiklik göstermektedir.

Dekorlar, şekillendirilmesi tamamlanmış bir ürünün yüzeyine yaş, kuru yada pişmiş halde iken uygulanabilmektedir. Yaş çamurlar üzerine uygulanan dekorlar,çoğunlukla şekillendirmenin hemen sonrasında ürün deri sertliğinde ikengerçekleştirilmektedir. Diğer dekor teknikleri ise biçimin durumuna ve sanatçının tercihine göre kuru veya pişmiş yüzeylere de uygulanır.

Yaş, kuru ve pişmiş ürünler üzerine yapılan dekor türleri incelendiğinde, dekorlar şu şekilde sınıflandırılabilir:

a-Sıraltı Dekorları, Sıriçi, Dekorları (Mayolika Dekorları), Sırüstü Dekorları (Minai Dekorları, Lajvardina Dekorları, Lüster Dekorları, Yaldız Dekorları)

b-Yaş Çamurlar Üzerine Uygulanan Dekorlar: Oyma Dekorları, Ajur Dekorları, Akıtma ile Yapılan Ajur Dekorları, Dekorlu kalıplar, Mishima Dekorları, Mocho (Selvi) Dekorları, Parça Eklemeli Dekorları, Alçı Kalıp İçine Resimleme ile Yapılan Dekorlar, Renklendirilmiş Çamurlar ile Yapılan Dekorlar.

c-Sırüstü, Sıraltı, Sıriçi Yaş Çamur Üzerine Uygulanan Dekorlar: Sgrafitto Dekorları, Mühür(Istampa) Dekorları, Parafin Dekorları, Akıtma Dekorları, Kabartma Rölyefli Dekorları, Ebru ve Mermer Görünümlü Dekorlar, Bölmeli Dekorlar.[1]

Yukarıda bahsedildiği üzere dekorların çoğunluğu deri sertliğindeki yüzeylere uygulanmaktadır. Diğer bir ifadeyle kuru yüzey üzerine yapılan uygulamaların daha az olduğu anlaşılmaktadır. Deri sertliğinde yapılan uygulama işleminde oyma araçları kullanılmaktadır. (Şekil-1-2)[2] Oyulacak yüzeyin genişliğine ve derinliğine göre uçlar tercih edilir. Bu sebeple bu bildiride oyma ve ajur dekorlarının deri sertliğindeki yüzeylere yapılmış olmasınındışında kuru yüzeylere uygulanabilirliği gösterilecektir.

Şekil 1. Oyma ve Ajur Dekorlarında Kullanılan Aletler
Figure 1. The Tools Used for Carving and Piercing Decors

Şekil 2. Oyma ve Ajur Dekorlarında Kulanılan Aletler
Figure 2.The Tools used for Carving and Piercing Decors

1.1.Oyma Dekorları

Oyma dekorları, sgrafito ve ajur dekorları ile benzerlik gösterse de içerik yönünden birbirinden farklıdır. Seramik eşya üstünde yapılan oymadan amaç, parçayüzeyinin süslemeye ayrılmış kesimlerinde, süslemenin oldukça derin planlar halinde kazınmasıyla elde edilen çukur bölümler ile desenin biçimsel kurgusuna göre geliştirilerek, boşaltılmış ve yer yer oyulmuş planlar meydana getirilmesidir.[3] Burada dikkat edilmesi gereken nokta, derin

[1] Sıdıka Sibel Sevim, *Seramik Dekorlar ve Uygulama Teknikleri*, Yorum Sanat Yayınevi, İstanbul, 2007, s:34-104.
[2](https://hobiseramik.com/product.php?product_id=1137&name=%201750-51-52-53 Erişim 21.07.2014)
[3] Tülin Ayta, *Toprak Sanatlarında Dekoratif Uygulama Yöntemleri*, İstanbul–1976, s:15 http://www.tulinayta.com/pdf/ Toprak Sanatlarında Uygulama Yöntemleri.pdf (Erişim: 18.07.2014)

oymalar yapılırken çamurun et kalınlığı önem taşımaktadır. Kuruturken de kalın, ince farkı ve gerilimden dolayı çatlamalara rastlanabilir.

Oyma tekniği ince, geniş ve derin olmak üzere sanatçının tercihine bağlı olarak değişiklik gösterir. Japon seramik sanatçısı Takayuki Sakıyama eserlerinde özellikle oyma tekniğini ince bir şekilde kullanmıştır. Sanatçı deniz ve dalgalardan esinlenmiştir. Kıvrımlı dalgalar şeklinde yaptığı çizgisel oymalar form yüzeylerine güçlü bir hareketlilik kazandırmıştır. Sanatçınıneserleri kumsaldaki kumlardan yapılmış gibi gözükmektedir.[4] (Şekil 3-4)

Şekil 3.Takayuki Sakıyama, İsimsiz,2012

Figure 3.Takayuki Sakıyama, Untitled, 2012[5]

Şekil 4. Takayuki Sakıyama, İsimsiz, 2009

Figure 4. Takayuki Sakıyama, İsimsiz, 2009[6]

1.2.Ajur Dekorları

Seramik formların şekillendirilmesinden sonra form yüzeyine çizilen desenlerin keskin bıçaklar, motorlu dişçi matkapları, iğneler, çiviler vb gibi çok farklı malzemelerin kullanımıyla uygulanabilir. Form üzerinde belirlenen yerlerin deri sertliğinde kesilip çıkarılması ya da delinmesi ile uygulanan bu tekniğin zorlukları çoktur. Birimler oyulurken formun çökmesini engelleyecek biçimde dengeli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Çünkü parçalar çıkarıldıkça, form zayıflamakta ve dolayısıyla kırılganlığı artmaktadır. Eğer keskin kenarlı birimler oyulacaksa keskin kenarlar süngerle biraz ovalleştirilmelidir. Aksi takdirde çamur kururken farklı yönlerden küçüleceği için keskin kısımlardan çatlamalar olacaktır.[7]

Avusturyalı seramik sanatçısı olan Sandra Black, döküm ve elle şekillendirmeyle yaptığıporselen çalışmalarında oyma ve ajur tekniğini başarılı bir şekilde kullanmıştır.[8] Kâselerindeki ajurlar çok küçük çaplı olup adeta dantel görünümündedir. (Şekil -5)

---

[4]http://blogs.massart.edu/earthandalchemy/artists/takayuki-sakiyama-japanese/ (Erişim: 20.07.2014)
[5]http://www.pierremariegiraud.com/en/artistes/oeuvres/1750/takayuki-sakiyama (Eerişim:20.07.2014)
[6]http://blogs.massart.edu/earthandalchemy/artists/takayuki-sakiyama-japanese/ (Erişim: 20.07.2014)
[7] Lale Oransay, *Doku, Strüktür ve Tekrar İlkelerinin Seramik Alanında Kullanım Olanakları*, Sanatta Yeterlik Tezi, Eskişehir, 2006, s:89-90.
[8]http://www.masterworksgallery.co.nz/artists1/ceramics/sandra-black/ (Erişim 24.07.2014)

Şekil 5. "Sandra Black "Ajur Dekorlu Siyah Çanak"[9]
Figure 5. "Sandra Black", "Black Pierced Bowl"

Seramik sanatçısı Jennifer Mc Curdy yirmi beş yıldan fazla süredir, porselen ile çalışmaktadır. Sanatçı, torna ile şekillendirdiği formlar üzerinde bazı bölümleri keserek ajur yapmaktadır. Son birkaç yıldır form yüzeyi üzerimdeki parçaların ne kadarının kesilip çıkarılacağı sorusu ve daha ince bir yüzey elde etme ayrıca ajur yaparken deformasyona uğramaması üzerine yoğunlaşmıştır.[10](Şekil-6)

Şekil 6. Jennifer Mc Curdy, Mercan Kap, Porselen,10x9x9
Figure 6. Jennifer Mc Curdy, Coral Vessel, Porcelain,10x9x9 [11]

[9]http://www.pinterest.com/pin/430093833135904818/ (Erişim 01.09.2014)
[10]McCurdy http://www.ceramicsnow.org/jennifermccurdy (Erişim 14.07.2014)
[11] http://www.sherriegallerie.com/itemprofile.php?item=1694&artist=97&secq=1

Şekil 7.Jennifer Mc Curdy, Porselen Ajur Dekorlu,14x11x9, 2009
Figure 7.Jennifer Mc Curdy, Porcelain, Carved 14x11x9,2009[12]

2. KURU YÜZEY ÜZERİNE UYGULANAN OYMA VE AJUR TEKNİKLERİ

Seramik dekorları çoğunlukla yaş çamur üzerine ya daderi sertliğindeki formlar üzerine uygulanmaktadır. Bunların dışında kuru yüzey üzerine yapılan pek çok dekor türü de bulunmaktadır. Bu bildiride sadece kuru yüzey üzerine uygulanan oyma ve ajur teknikleri ele alınmıştır.

Oyma ve ajur, elle serbest şekillendirme, torna yada döküm yolu ile şekillendirilmiş herhangi bir ürünün deri sertliğine geldiği zaman uygulanan yöntemlerdir. Aksi takdirde deri sertliğinden daha az kuruyan ürünlerde uygulama esnasında deformasyonlar, deri sertliğinden daha fazla kuruyan ürünlerde ise kopma ve kırılmalar olabilmektedir. Oyma ve ajur dekorları teknik açıdan hassas ve zor bir yöntemdir.

Bildiri konusuna esas olan kuru oyma ve ajur tekniklerive uygulamasındaelektrikle çalışan gravürmakinesi kullanılmıştır.Bu alet farklı amaçlar ve değişikmarkalarda piyasadabulunmaktadır. Bu makine temelde seramik şekillendirilmesi için tasarlanmış bir alet değildir. Kullanım alanına göre değişik uçları bulunmaktadır. (Şekil-8-9) Bu uçların, bir kısmı oyma ve ajur yapımında kullanılmaktadır. Bu makine, piyasada farklı uçlarında içinde bulunduğu bir setten oluşmaktadır. Bu sette yer alan uçlardan özellikle, çelik,pirinç ve karbon olarak imal edilmiş fırça uçları tercih edilmiştir. (Şekil-10) Diğer uçların kuru bünyede hasar bıraktığı ve kırılmalara neden olduğu görülmüştür. Ancak düşük derecede 400-600 ℃'lerde fırınlanmış yüzeylerde çok geniş oyma ve ajur işlemi olmadığı takdirde diğer uygun uçlar da kullanılabilmektedir. 1000℃'ye kadar pişmiş ürünlerde ise uçları sert olan matkap görünümlü oyma aletinin,oyma işleminden ziyade yüzeyin rötuşlanması ve çapakların temizlenmesi için

[12]http://www.pinterest.com/pin/454933999829424852/ (Erişim 24.07.2014)

elverişli olduğu söylenilebilir. Hatta pişmiş ve sırlanmış yüzeylerde birbiri içine geçen formların iç çeperlerinde genişletme yapılmak istendiğinde bile kullanılabilir.

Şekil 8. Gravür Makinesi
Figure 8.Engraving Machine

Şekil 9. Gravür Aleti Seti (Çeşitli Uçlar)
Figure 9. Engraving Machine Set (VariousTips)

Şekil 10. Çelik ve Pirinç Fırçalar
Figure 10. Stell and Brass Brushes

Bunların dışında kuru oyma işlemlerinde bu aletin kullanılmasının nedenleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

-Yaş çamura sahip bir bünyeye oyma ya da ajur yapılmak istendiğinde çökme ve kırılma riski bulunmaktadır.

-Özellikle oyma yapıldıktan sonra, yüzeyin kırılganlığından dolayı zımparala işlemi çok riskli olduğundan oyma yapılmadan zımparalama işlemi yapılıp sonra oyma ve ajurun yapılması daha düzgün yüzeyler elde etmek açısından önemlidir. Bu işlem özellikle elle şekillendirilmiş yüzeylerde tercih edilebilir.

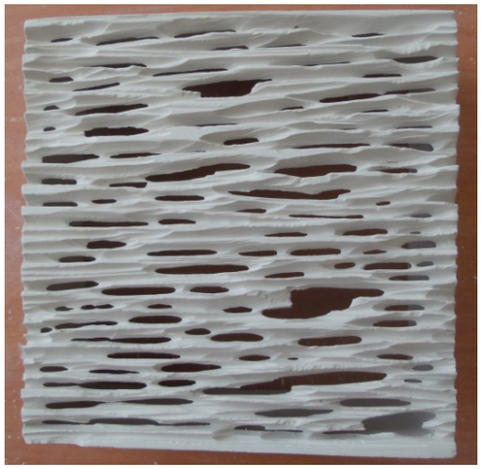
-Şekillendirilmiş ve fazla kurumuş deri sertliğini kaybetmiş yüzeylere uygulanmasında alternatif bir yöntem olarak tercih edilebilir.

-Gravür makinesine takılan değişik uçların verdiği avantajlarla istenildiği gibi küçük delikler ve boşluklar açmak mümkün olmaktadır.

-Yaş çamur yüzeyine yapılan oymalarda ve ajurlarda farklı kuruma gerilimlerinden dolayı çatlamalara rastlanmaktadır. Oysa tamamen kurumuş bir yüzey üzerinde ise risk daha az olmaktadır.

-Yaş çamurun yüzeyini oyarken bu işlemde oyulmuş çukur kısmın rötuşu zaman alacaktır. Kuru oymada ise kullanılan ucun fırça biçiminde olmasından dolayı rötuşa daha az ihtiyaç duyulacaktır.

-Özellikle disk şeklindeki çelik fırça ucu ile çok ince ve rötuşa gerek kalmadan derin oyuklar ve birbirine yakın ajurlar oluşturmak mümkün olmaktadır. (Şekil-11)



Şekil 11. Ajur Dekoru
Figure 11. Piercing and Carving Decor

2.1.Örnek Bir Uygulama

Uygulamada kullanılabilecek çamur cinsi kırmızı çömlekçi çamuru, pişme derecesi çok yüksek olmayan seramik kili veya çini çamuru olabilir. Porselen çamurları genellikle kuruduktan sonra sert bir bünyeye sahip olduğundan oyma işlemi için biraz zorlayıcı olmaktadır.

Seramik kili ile şekillendirilmiş ve kurumaya bırakılmış yüzey, kuruduktan sonra zımpara ile formun yüzeyindeki pürüzlülükler ve deformasyonlar giderilmelidir. (Şekil-12) Zımpara işlemi daha sonraya bırakılmamalıdır. Zımparalama, oyma ve ajur işleminden sonraya bırakıldığında bünyede kırılmalar olabilmektedir. Zımparalama işlemi bittikten sonra, formun yüzeyinekurşun kalemle istendiği takdirde dekor çizilir.

Şekil 12. Zımparalanmış Yüzey
Figure 12.Emeried Surface

Dekorun çizilmesinden sonra özellikle küçük alanlar daha önce oyulup çıkarılmalıdır. Bu işlemi yaparken oyulacak ya da ajur yapılacak yüzeyin genişliğine göre uç tercih edilmelidir. (Şekil-13)

Şekil 13.Fırça ucu gravür makinesine takılır.
Figure 13. Brush tip attached to engraving machine.

Hız ayarlama düğmesi ile makinenin hızı ayarlanır ve oyma işlemi yapılır.Eğer isteniyorsa oyma derinleştirilerek ajur yapılabilir. (Şekil-14-15) Bu yapılırken risk olacağı düşülüyorsa sadece oyma işi yapılır, derinleştirme ve ajur yapımında ıslatarak,oyma bıçaklarla ajur gerçekleştirilir. İşlemi biten çalışma rötuşlanarak pişirimi yapılır. (Şekil-16)

Şekil 14. Gravür makinesi ile oyma ve ajur uygulaması
Figure 14. Carving and piercing applied with engraving machine

Şekil 15. Oyma ve Ajur Dekoru (Detay)
Figure 15. Piercing and Carving Decor (Detail)

Şekil 16. Seyhan Yılmaz "Kış Ağacı" 2014, Ajur Dekoru Bitmiş Bir Çalışma
Figure 16. Seyhan Yılmaz "Winter Tree" 2014, The Work Finished With Piercing Decor

3.SONUÇ

Kuru yüzeyler üzerine gravür makinesi ile yapılan oyma ve ajur dekorlarının yaş yüzeye kıyasla çeşitli avantajlarının olduğu görülmüştür. Bu avantajlar yukarıda da bahsedildiği üzere kırılma çökme ve deformasyonları azaltmakta, rötuşlanmış yüzeylere uygulanabilirliğinden dolayı daha düzgün ve temiz iş çıkarmak adına iyi sonuç vermektedir. Daha küçük yüzeyleri oyma ve çıkarma avantajı bulunmaktadır.Bütün bunlara rağmen seramik bünyelerin biçimlendirilmesi, dekoru, pişirilmesi ve sırlanmasında daima risk vardır. Bu işlemin uygulanmasında da her zaman risk bulunmaktadır. O nedenle çok dikkatli yapılması gerekmektedir. Bu işlemin dezavantajları da vardır. Bunlardan birisi deoyma işlemi

yapılırken çok fazla toz çıkmasıdır. Oyma işlemi yapılırken maske takılması ve mümkün ise açık alanda gerçekleştirilmesi daha uygun olacaktır. Uygulamanın yapılacağı bünyenin özellikle seramik kilinden yapılmış olması tercih edilmelidir. Porselen gibi sert yüzeylerde oyma biraz zor olmaktadır.

Uygulama sırasında gravür makinesi kullanılmıştır. Bu tür aletlerin sadece bu işleme özgü bir şekilde, seramikçilerin kullanım olanakları çerçevesinde imal edilmesi ve farklı çamurları oyma işleminde de kullanılabilmesi seramik sanatçıları açısından önemli olacaktır. Ayrıca makinenin çeşitli uçlara sahip olması ve bu uçların seramik malzemenin niteliğine uygun bir şekilde üretilmesi, diğer taraftan işlem sırasında çıkan tozun yutulmaması için, aletin hemen ucunda bir vakumun bulunması, aletin işlevselliğini artıracağını düşündürürken, seramik malzeme araç gereç satılan yerlerde bu ürünün bulunması beklentiler arasında yer almaktadır.

KAYNAKÇA

AYTA, Tülin, *Toprak Sanatlarında Dekoratif Uygulama Yöntemleri*, İstanbul–1976, s:15 http://www.tulinayta.com/pdf/ Toprak Sanatlarında Uygulama Yöntemleri .pdf Erişim: 18.07.2014).

ORANSAY, Lale, *Doku, Strüktür ve Tekrar İlkelerinin Seramik Alanında Kullanım Olanakları*, Sanatta Yeterlik Tezi, Eskişehir, 2006, s:89-90.

SEVİM, Sıdıka Sibel, *Seramik Dekorlar ve Uygulama Teknikleri*, Yorum Sanat Yayınevi, İstanbul, 2007, s:34-104.

https://hobiseramik.com/product.php?product_id=1137&name=%201750-51-52-53 Erişim 21.07.2014)

http://blogs.massart.edu/earthandalchemy/artists/takayuki-sakiyama-japanese/

http://www.masterworksgallery.co.nz/artists1/ceramics/sandra-black/Erişim 24.07.2014.

http://www.ceramicsnow.org/ jennifermccurdy (Erişim 14.07.2014)

http://www.sherriegallerie.com/itemprofile.php?item=1694&artist=97&secq=1 (Erişim 14.07.2014)

http://http://www.pinterest.com/pin/454933999829424852/ (Erişim 24.07.2014)

http://www.pierremariegiraud.com/en/artistes/oeuvres/1750/takayuki-sakiyama (Erişim 20.07.2014)

http://www.pinterest.com/pin/430093833135904818/ (Erişim 01.09.2014)