

## **TÜRK ÇİNİLERİNDE PİŞME SONRASI OLUŞAN FAZLAR FORMATION OF PHASES AFTER FIRING IN TURKISH TILES**

**Yrd. Doç. Dr. Nergis KILINÇ MİRDALE**  
Çukurova Üniversitesi  
Güzel Sanatlar Fakültesi  
Seramik Bölümü  
nkilinc@cu.edu.tr

**Yrd. Doç. Dr. Necdet SAKARYA**  
Çukurova Üniversitesi  
Güzel Sanatlar Fakültesi  
Seramik Bölümü  
sakaryan@cu.edu.tr

### **ÖZET**

Bu çalışmada 12.yy ve 17.yy arasında yapılmış çinilerin üretiminde kullanılan olası hammaddelerin saptanması, yapım teknikleri, üretim süreçleri, fırınlama teknolojisi, sır ve çamurun kimyasal yapısı ve pişirme sıcaklığına bağlı olarak oluşan yeni fazların görüntülerinin elde edilmesi konusunda yapılan çalışmalar bir araya getirilerek yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çini, Arkeometri, Yüksek sıcaklık fazları

### **ABSTRACT**

In this study, all works were combined and explained about 12<sup>th</sup> and 17<sup>th</sup> century tiles. It was determined probable raw materials, making techniques, production processes, firing technology, chemical composition of glaze and body and image of new phases.

**Keywords:** Tile, Archaeometry, High temperature phases

### **1.Giriş**

Yerleşik yaşamın başlangıcından beri Anadolu, ayrı kültürlerle sahip toplulukların farklı el sanatlarıyla uğraştığı önemli bir merkez olmuştur. Bu farklı el sanatları içerisinde çini önemli bir yere sahiptir. Özellikle 12. yy. ile 17. yy. arasındaki dönemlerde üretilen çiniler günümüze kadar özelliklerini korumuştur.

12.yy. ile 17. yy. arasındaki dönemlerde üretilen çinilerin üretim teknolojilerinin belirlenmesi amacı ile farklı araştırmacılar tarafından çinilere arkeometrik yöntemler uygulanmıştır. Yapılan çalışmalarda araştırmacılar materyal olarak seçtikleri çini parçalarının hammadde özelliklerini, üretim teknolojilerini ve fırınlama sıcaklıklarını araştırmışlar, bu özelliklere bağlı olarak oluşan yüksek sıcaklık fazlarının oluşum prensibini saptamaya çalışmışlardır.

Bu çalışmalar, kullanılan hammaddeler, fırınlama teknolojisi, oluşan yeni fazlar bakımından ayrı ayrı incelenmiştir.

## 2. Çini Çamuru Hammaddeleri

Çinilerde kullanılan hammaddeler ve kullanım alanları Atasoy ve Raby<sup>1</sup>'e göre şu şekilde saptanmıştır: Ebul Kasım'ın klasik çamur tarifi 10 ölçü silika, 1 ölçü cam firit ve 1 ölçü öğütülmüş beyaz kilden ve kuvars taneciklerinden oluşmaktadır. Ebul Kasım'ın kil tarifi 1 ölçü beyaz kilden (tüm yabancı maddelerden arındırılmış) oluşmaktadır. Firit (Sırça); Ebul Kasım'ın firitli (sırçalı) çamur tarifindeki üçüncü eleman cam/firittir. Hemen hemen eşit oranlarda öğütülmüş kuvars taşı ve kalsine soda bitkisi (*Salicornia*) özel firit fırınlarında saydam cam haline gelinceye kadar 6-8 saat fırınlanır, daha sonra su dolu havuzlara boşaltılır ve soğuma ile firitin tanelere ayrılması beklenirdi. (Atasoy ve Raby, 1989, s.49-63; Allan, 1973, s.111-120; Wulf, 1966). İznikli çömlekçiler için temel bir malzeme olan kurşun hem firitli kapların hamurunun karakteristik ögesi, hem de İznik sırtına akışkanlık kazandırıcı önemli bir maddeyi oluşturmaktadır (Atasoy ve Raby, 1989, s.49-63).

14.yy. ile 16 yy. dönemlerindeki firitlerin diğerlerinden en önemli farkı kurşun içermesidir. Bu olağanüstü katkı ya çamurun yapısına kurşunlu sırdan sızmış, ya da bir rastlantı sonucu katılmış olarak düşünülse de yapılan taramalı elektron mikroskobu çalışmaları, bilinçli olarak katıldığını ortaya koyar. Kurşun katkısının teknolojik yararları vardır. Bu katkı bir yandan sırçanın akışkanlığı arttırmakta, diğer yandan da özellikle alkali içeren bir hammadde ile birleşmesi sonucu çamurun camlaşma düzeyini ve erime noktasını düşürmektedir. Dolayısıyla 14.yy. ile 16.yy. ürünleri saf alkali firit ile yapılan seramiklere oranla daha düşük sıcaklıkta fırınlanabilmekteydi. Fırınlamanın düşük sıcaklıkta gerçekleşmesi ise enerji ekonomisi demektir.

### 2.1 Teknik açıdan 12. yy.-17.yy. çamurları

12.yy. ile 17. yy. arasındaki çiniler teknik açıdan incelenirken bunların yapısı ve kimyasal özelliklerini göz önünde bulundurmak gerekir (Atasoy ve Raby, 1989, s.49-63). Sakarya (1999), 12.yy Samsat Höyüğü'nden alınan Samsat Seramikleri çamurunda büyük olasılıkla Fırat Irmağı'nın taşıyıp getirdiği yuvarlak-küresel, yuvarlak-yarı küresel, yuvarlak-yumurtamsı ve düzgün ince silt boyutunda kuvars içeren smektitik ve bentonitik kil içeren materyaller kullanıldığını belirtmektedir. Yüksek düzeyde camı yapı gösteren çini örnek büyük olasılıkla ateşe yakın bir bölgede fırınlanmış olup MgO ve CaO içerikli killerin kullanımı ile yapılmıştır. Sarımsı bej renkte gözlenen çamur üzerinde astar kullanılmamış ve üzeri Turkuaz rengi sır ile kaplanmıştır. Astar kullanılmamasının nedeni, çamur renginin dekorasyona olanak tanıyacak kadar beyaza yakın olmasındandır. Çamurun yaklaşık olarak % bileşimi Çizelge 1'deki değerler arasında saptanmıştır.

**Çizelge 1.** Sakarya’ya Göre Çini Bünyenin Mineralojik Analizi ( Sakarya, 1999)

**Table1.** Mineralogical Analysis of the Tile Body According to Sakarya ( Sakarya, 1999)

<b>Kompozisyon</b>	<b>Ağırlık (%)</b>
Bentonitik-İllitik Kil	35-40
Kuvars	50-60
Kalsiyum Bileşikleri	5-10

İstanbul Çinili Köşk kesme çini mozaiklerinden çalışma yapan Tamer (1959), 12.yy ürünlerinin özelliklerini sıralarken, fırınlanmış çamurun kolaylıkla kesilebilir özellikte olduğunu, beyaza yakın renkteki çamur içeriğinin 1956 yılında o günün şartlarında yapmış olduğu yaş kimyasal analiz sonuçlarının Çizelge 2 deki gibi olduğunu söylemektedir.

**Çizelge 2.** Tamer’e Göre Çini Bünyenin Mineralojik Analizi (Tamer, 1959)

**Table 2.** Mineralogical Analysis of the Tile Body According to Tamer (Tamer, 1959)

<b>Kompozisyon</b>	<b>Ağırlık (%)</b>
SiO <sub>2</sub>	85-90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3-5
CaO	2-5
Alkali(Na-K)	2-5

Çamurdaki alkali kaynağının ise kurşunsuz alkali ve kalsiyum içeren sır artığı ya da cam kırığı gibi yüksek ısıda bağlayıcı özellik taşıyan hammadde içerdiğini saptamıştır. 14.yy. seramikleri kırmızı çamurlu olup, göz akı beyazlığında astar kullanılmıştır. Astar kalınlığı, 0,5 mm olup, temiz (demir oksit içermeyen) kuvarstan yapılmıştır.

Çamur, demir oksitçe zengin materyaller kullanılarak elde edilmiştir. Çamurda camlaşmayı arttırıcı firit veya cam kırıklarına gerek duyulmamış, kalsiyumca zengin killi materyaller demir oksit ile birlikte düşük sıcaklıklarda yüksek düzeyde pekişmeyi sağlamıştır.

### 3. Türk Çini Sanatında Fırınlama Teknolojisi

Atasoy ve Raby (1989)’e göre kapların yerleştirildiği fırınlar iki bölümden oluşan, üstten havalandırılmalı geleneksel Ortaçağ İslam fırınlarıdır. Cehennemlik denen alt bölme pişirim yapılan üst bölmeden bir taban katıyla ayrılır. Cehennemlik 1,5 m çapında ve yüksekliğinde, kubbeli dairesel bir hücredir. Duvarlarında, yanma süresince oluşan gazları pişirim bölümünden dış kenarlara taşınması için, bacaların yerleştirildiği kemerli nişler vardır.

Cehennemliğin yanma ağzında odunlar tutuşturulur. Fırın ısıtıldığında şekillendirme suyunun tamamen türünden uzaklaşması için, yaklaşık 500°C' ye kadar yavaş yavaş ısıtılarak astar, sırça ve sırın içindeki organik artıklar tamamen yakılır. 600°C'den sonra alev dillerinin alttaki ilk ürüne kadar yaklaşmasına izin verilir. Fırının yapısı gereği fırının altı üstüne göre 40–60°C daha yüksek sıcaklıktadır. Bu yüzden fırın yarıya kadar pişmemiş ürün ile yüklenir. Hamurun içindeki kalsiyum oksidin (CaO) SiO<sub>2</sub> ile bağlanarak CaSiO<sub>3</sub> oluşturabilmesi için sıcaklığın 900°C'nin biraz üstünde olması gerekmektedir. Aksi takdirde silikat haline dönüşemeyen kalsiyumlu bileşikler, atmosferik koşullarda kalsiyum hidroksile (Ca(OH)<sub>2</sub>) dönüşerek hacmi %20 oranında büyür ve üründe hasara neden olur. Sırlı kısımda sıcaklığın 860–880°C'yi bulması gerekmektedir. Soğuma ise 2–3 gün içerisinde tamamlanmaktadır. Büyük olasılıkla yüksek sıcaklık fazlarının oluşumu da bu aşamada gerçekleşmektedir.

#### **4. YENİ FAZLAR-YÜKSEK SICAKLIK MİNERALLERİ**

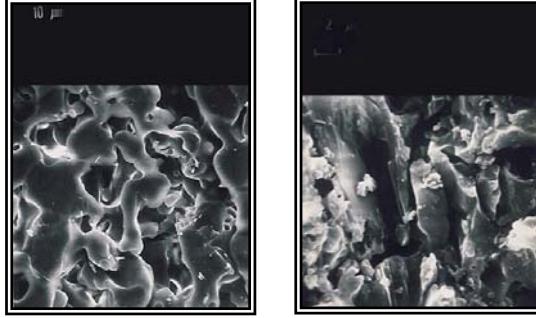
Seramik malzemeler üretilirken hammadde olarak kullanılan mineraller sıcaklık karşısında faz değişimlerine uğrarlar. Bu değişimler sırasında yeni mineraller ve kristaller oluşabilir ya da yüksek sıcaklık formlarına geçiş sağlanabilir. Bu değişimler fırınlama işlemi esnasında bizlere ulaşılan sıcaklık hakkında bilgi vermektedir.

12. yy ve 17. yy dönemleri arasındaki çiniler üzerinde farklı araştırmacılar tarafından arkeometrik yöntemler uygulanmıştır. Bu çalışmalarda fırınlama teknolojilerinin farklılığı, süresi, sıcaklığı gibi değişken etkenlerin yüksek sıcaklık fazlarının oluşumlarına katkılarının farklı olduğu, kırmızı çamurlu çinilerde yeni fazların gözlenemediği, İznik çinilerinde ise yeni fazların gözlendiği söylenerek, bu fazların içerikleri hakkında açıklamalar yapılmıştır.

(Kapur v.d., 1998) yaptıkları deneysel çalışmalarda Samsat seramiklerinin mikroyapılarını ve mineralojilerini araştırarak, bu seramiklerde silt boyutunda kuvars içeren kumlu materyallerin kullanıldığını ve bünyede bulunan diğer bağlayıcı malzemelerin magnezyumca zengin bentonitik topraklar olabileceğini açıklamışlardır. Çinilerin yapımında kullanılan bu malzemeler belirli bir sıcaklıktan sonra birbirleriyle reaksiyona girerek yeni fazlar meydana getirmektedirler. Araştırmacılar yüksek düzeyde saptadıkları forsterit minerallerinin varlığını, MgO ve SiO<sub>2</sub>'nin Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> şeklinde yeniden kristallenmesi ile oluştuğunu açıklamaktadırlar.

Sakarya (1999), Samsat Seramikleri üzerinde taramalı elektron mikroskobu ile yaptığı çalışmalarda oldukça homojen dağılmış kalsiyum bileşiklerinin varlığını saptamıştır. Fırınlama sıcaklıkları büyük olasılıkla 900–1000°C olan bu seramiklerin yüksek düzeyde camı yapıya sahip olabilmesinin nedeni, fırınlama teknolojisine bağlanmaktadır. Fırınlamanın ve soğumanın çok uzun bir süreç olduğu kanısına varılmıştır.

Şekil 1’de bir Samsat Seramik örneğinin çamur bünyesindeki camlaşma düzeyi görülmektedir.

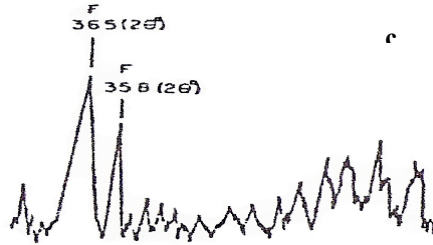


**Şekil 1.** Çini Bünyesindeki Camlaşma Düzeyi  
**Figure 1.** Vitrification Level In Tile Body

Araştırmacı aynı zamanda X-ışını difraktometresi ile Şekil 2’de görüldüğü üzere ana dokuda gözenekler arasında ve içerisinde oluşan genellikle çubuklar şeklinde, bazen de teksel fiber biçiminde görülen minerallerin forsterit ( $Mg_2SiO_4$ ) yüksek sıcaklık fazı olduğunu saptamıştır.

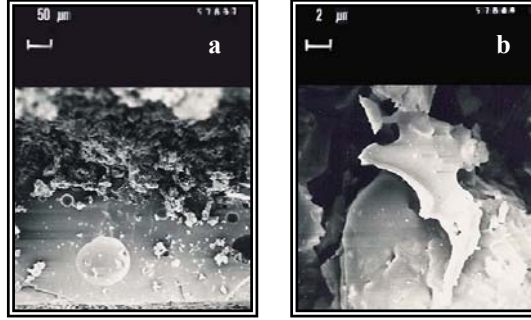


**Şekil 2.** İğnesel Forsterit Mineralleri (a,b) Ve X-Işınları Analizi (c)  
**Figure 2.** Needle-Like Forsterite Minerals and X-Ray Analysis



14. yy. Selçuklu Beylikler Dönemi seramiklerinde kırmızı çamur içerisinde feldispat, wollastonit ve forsterit ile birlikte hematit saptanmıştır.

Şekil 3 (a ve b) bu döneme ait bir çinideki sır ve ara tabaka kesitleri ile ana dokudaki camlaşma artışını göstermektedir.

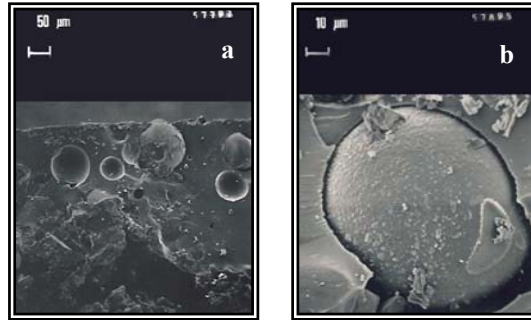


**Şekil 3.** 14. yy. Beylikler Dönemi Çini Örneği a) Sır ve Ara Tabaka Kesitleri, b) Ana Dokuda Pekişme ve Camlaşma Artışı

**Figure 3.** Tile Sample of 14<sup>th</sup> Century In Seljuk Sultanate Period a) Glaze And Interlayer, b) Increase of Vitrification and Strengthen In Matrix

Yapılan mikroskobik çalışmalarda 15. yy. seramik örneklerinde, gözenekler arasında ve içerisinde yüksek sıcaklık fazları gözlenmiştir. Bu da ana dokuda iyi dağılmamış kalsiyum bileşiklerinin varlığını göstermektedir.

Sakarya (1999) 15. yy. İznik Mavi Beyaz seramik örneğinin sır/astar kesitinde camsı tabaka içerisinde gaz basıncı ile oluşan büyük gözeneklere rastlamıştır. Araştırmacı, gözenek duvarı kaplamasının oluşumunu Şekil 4’de görülen elektron mikroskobu görüntülerinde kanıtlamaktadır.



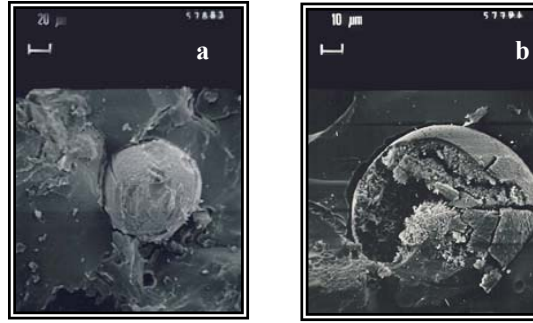
**Şekil 4.** Sır Yapısındaki Kapalı Gözenekler

**Figure 4.** Closed Pores In Glaze Structure

Bu gözeneklerin oluşum sebebi büyük olasılıkla incelenen ürünlerin iyi fırınlanamaması, sırda kullanılan eritici oksitlerin azlığı ya da sır kompozisyonu içerisinde iyi öğütülmemiş katı karbonatlı bileşiklerin varlığından kaynaklanmaktadır. Camsı tabaka içerisinde iyi dağılmamış kalsiyum bileşiklerinin ısı altında eritici oksitler ile birlikte çözünmeden yeniden kristallenebilmesi, gazların ortamı terk edememesi, ayrıca sır viskozitesinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Sakarya'ya göre sır kompozisyonu geliştirilirken kullanılan yüksek miktarlardaki SnO<sub>2</sub>, iyi çözünmediği durumlarda soğuma aşamasında yeniden kristalleşebilmektedir. Araştırmacı, sır camı içerisinde küresel biçimli kapalı gözeneğin camsı yapıdan ayrılarak katılaştığını (Şekil 5-a) ve gözenekler içerisinde Pseudowollastonit minerali oluştuğunu (Şekil 5-b) yaptığı elektron mikroskop çalışmalarıyla gözlemiştir.

Bu gözeneklerin kapanmasına iri boyutlu kalsiyum fosfatın veya katı karbonatlı bileşiklerin neden olduğunu söylemektedir.

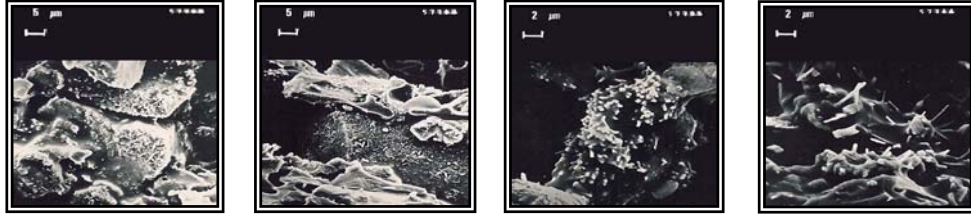


**Şekil 5.** Sır içerisindeki a) Kapalı Gözenekler ve b) Kapalı Gözeneklerde Pseudowollastonit Mineralleri

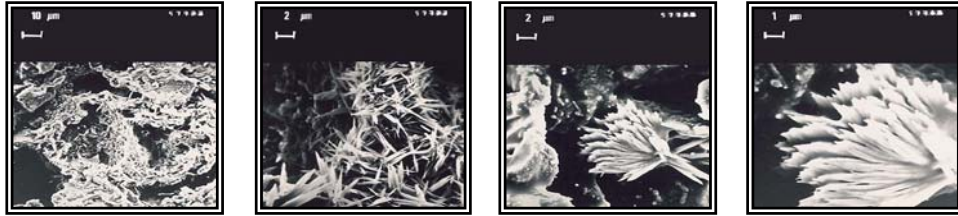
**Figure 5.** In glaze, a) Closed Pores and b) Pseudowollastonite Minerals in Closed Pores

(Tite, 1989, s.115–132) 15. ve 16.yy. İznik seramikleri üzerinde yapmış olduğu çalışmalarda çamurda %1–4 arasında CaO varlığı saptamıştır. Sakarya (1999) çalışmalarında Pseudowollastonit yüksek sıcaklık fazlarını ana dokuda saptamış ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> varlığından dolayı, kullanılan kalsiyumun kemik külü olduğunu söyleyerek, Tite'nin kalsiyumun varlığı konusundaki bulgularına katılmakla beraber, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> varlığını kemik külü kullanılma olasılığının yüksek olduğuna bağlamışlardır.

Şekil 6–7, Haliç İşi seramiklerinde ana dokudaki Pseudowollastonit minerallerini göstermektedir. Bu mineraller kuvarsların yüzeyinde, bazen de iğnesel biçiminde kristallenmiş yapı oluşturmaktadır.



**Şekil 6.** Kuvars Yüzeyinde Oluşan Pseudowollastonit Mineralleri  
**Figure 6.** Pseudowollastonite Minerals on Quartz Surface



**Şekil 7.** Ana Dokuda Pseudowollastonit Minerali Oluşumu  
**Figure 7.** Formation of Pseudowollastonite Minerals In Matrix

(Kapur v.d, 1998) incelediği örneklerde elementsel içerik yönünden Pseudowollastonit olduğu belirlenen mineraller saptamışlardır. Araştırmacılar çok değişken biçimlerde saptanan Pseudowollastonitlerin büyük olasılıkla fırın sıcaklıklarının 1000°C düzeyinde olduğunu söylemektedirler. Pseudowollastonitin ısı aralıkları (Levin v.d., 1956)' e göre kuvars ve tridimitin bulunduğu ortamlarda 500°C ile 867 °C ve 867°C ile 1125°C arasıdır. (Deer v.d., 1974) wollastonitin oluşmasındaki başlangıç sıcaklığının 600°C olduğunu vurgulamaktadır. (Hamroush,1986, s.160–165) wollastonitin fırınlama ve mineral faz değişimleri arasındaki kararlılığının 840°C ile 1100°C arasında olduğunu belirtmektedir.

## 5. Sonuç

Sonuç olarak, birçok araştırmacının 12. yy. ve 17. yy. arasındaki Türk Çinilerini incelemeleri sonucunda ortaya çıkan bulgular, Osmanlıların çift katlı fırınlarda ısıyı kontrol edebildiklerini ortaya koymaktadır. Genellikle gözeneklerde yaygın olarak yer alan Pseudowollastonit mineralinin astarda ve çamur bünyede radyal kömeçler ve teksel fiberler biçiminde oluştuğunu, sözü edilen mineralin gözeneklerde yüksek ısının izole olması ile meydana gelmesinden çok, tüm seramik örneğinde homojen ısı dağılımı ile oluştuğunu vurgulamaktadırlar. Pseudowollastonitin seramiklerde saptanması, ayrıca yapım sırasında hammadde karışımına kemik külünün katıldığını ve/veya kullanılan hammaddede doğal olarak çok küçük boyutlu homojen dağılmış CaO bileşiklerinin bulunduğu varsayılmaktadır.



Pseudowollastonitin oluşum sebebi büyük olasılıkla uzun fırınlama ve soğuma süresi olarak açıklanabilir.

#### KAYNAKLAR

- Allan, J.W., *Abul Quasim's Treatise on Ceramics*, Iran, 1973.s.111-120, 1973.
- Atasoy, N. ve Raby, J., *İznik Seramikleri*, Alexandria Press, Türk Ekonomi Bankası İçin Basılmıştır s.49-63, 1989.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J., *An Introduction to Rock Forming Minerals*, London, 1974.
- Hamroush, H., *Geoarchaeology: Egyptian Predynastic Ceramics and Geochemistry*, Episodes 5.9,N.3, p.160-165, 1986.
- Kapur, S., Sakarya, N., FitzPatrick, E.A., Pagliali, M., Kelling, G., Akça, E., Karaman, C., Sakarya B., *Mineralogy and Micromorphology of Iznik Ceramics*, Anatolian Studies, Journal of The British Institute of Archaeology of Ankara, 1998.
- Levin, E.M., McMurdie, H.F., Hall, F.P. *Phase Diagrams for Ceramicists*, Columbus, Q:American Society. 48, 1956
- Sakarya, B., *Selçuklu ve Osmanlı Çinilerinin Mineralojik ve Mikromorfolojik Farklılıklarının Arkeometrik Yönden İrdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 1999.
- Tamer, H., *Anadolu Çiniciliğinin Özellikleri*, Milletlerarası, I. Türk Sanatları Kongresi, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara, 1959.
- Tite, M.S., *Iznik Pottery, An Investigation of The Methods of Production*, Archaeometry, Printed in Great Britain, , s.115-132, 1989.
- Wulf, H.E., *The Traditional Crafts of Persia*, M.I.T., Cambridge Mass.,1966.

