

**Bir Grup Erken Tunç Çağı  
Kırmızı Astarlı ve Yalın Basit Seramiklerin  
Arkeometrik İncelemesi: Tilbaşar, Gaziantep**

**Fürkan TANYERİ**

**YÜKSEK LİSANS**

**Arkeometri Anabilim Dalını**



**T.C.**

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Bir Grup Erken Tunç Çağı Kırmızı Astarlı ve  
Yalın Basit Seramiklerin Arkeometrik  
İncelemesi: Tilbaşar, Gaziantep**

**Fürkan TANYERİ**

**YÜKSEK LİSANS**

**Arkeometri Anabilim Dalı**

**Şubat - 2019  
BATMAN  
Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Fürkan TANYERİ tarafından hazırlanan “Bir Grup Erken Tunç Çağı Kırmızı Astarlı ve Yalın Basit Seramiklerin Arkeometrik İncelemesi: Tilbaşar, Gaziantep” adlı tez çalışması 22/02/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Arkeometri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Doç. Dr. Mahmut AYDIN

#### Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Murat BAYAZİT

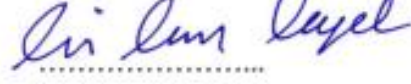
#### Üye

Doç. Dr. Ali Akın AKYOL

### İmza







Yukarıdaki sonucu onaylarım.

  
Doç. Dr. Bahattin İŞCAN  
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Batman Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından BTUBAP-2017-Yüksek Lisans-4 nolu proje ile desteklenmiştir.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Furkan TANYERİ

22/02/2019

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS

#### **Bir Grup Erken Tunç Çağı Kırmızı Astarlı ve Yalın Basit Seramiklerin Arkeometrik İncelemesi: Tilbaşar, Gaziantep**

**Fürkan TANYERİ**

**Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Arkeometri Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Murat BAYAZİT**

**2019, 131**

**Jüri**

**Dr. Öğr. Üyesi Murat BAYAZİT**

**Doç. Dr. Mahmut AYDIN**

**Doç. Dr. Ali Akın AKYOL**

Bu tez çalışmasında Gaziantep ili Oğuzeli ilçesinin, 12 km güneydoğusunda yer alan ve 2015 yılından bu yana Gaziantep Müze Müdürlüğü Başkanlığı'nda ve Çukurova Üniversitesi Arkeoloji Bölümünden Dr. Öğr. Üyesi Elif GENÇ'in sorumluluğunda yürütülen Tilbaşar Höyük kazısında bulunan Erken Tunç Çağı'na ait kırmızı astarlı ve yalın basit seramiklerden oluşan toplamda 24 adet temsili seramik numunesinin arkeometrik incelemesi yapılmıştır. Bu doğrultuda, numunelerin karakterizasyonunda XRD (X-ışını difraksiyon), petrografi (optik mikroskop), SEM/EDX (taramalı elektron mikroskopi/enerji saçınımlı X-ışını spektroskopisi), FTIR (Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi) ve TG-DTA (Termogravimetri-Diferansiyel termal analiz) yöntemleri kullanılarak örneklerin üretim özelliklerinin (hammadde, pişirim şartları vb.) belirlenmesi amaçlanmıştır. Kullanılan analiz yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ışığında seramiklerin kimyasal ve mineral/faz içerikleri belirlenmiş ve pişirim özellikleri (maksimum sıcaklık aralığı, atmosfer, pişirim tekniği vb.) hakkında öngörülerde bulunulmuştur.

Buna göre, her iki seramik grubunun da kalkerli hammaddeler kullanılarak üretildiği ve bölgenin jeolojik formasyonu dikkate alındığında bu seramiklerin büyük olasılıkla yerel üretime ait olduğu öngörülmüştür. Seramiklerin mineral/faz içeriklerine bakıldığında kırmızı astarlı seramiklerin genel olarak düşük sıcaklıkta (700-800 °C), yalın basit seramiklerin ise çoğunlukla daha yüksek sıcaklıklarda (800-900 °C) pişirildikleri saptanmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan FTIR ve TG-DTA analizleri seramiklerin mineral içeriklerini teyit edici nitelikte sonuçlar vererek başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Mikro yapısal açıdan bakıldığında kırmızı astarlı seramiklerde çoğunlukla vitrifikasyon belirtisine rastlanmazken, yalın basit seramiklerin bazı örneklerinde bölgesel vitrifikasyon davranışının olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada elde edilen veriler iki seramik grubu arasında üretim teknolojisi bakımından farklılıklar olduğuna işaret etmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Arkeometri, Erken Tunç Çağı, Seramik, Tilbaşar Höyük

## **ABSTRACT**

**MS**

### **Archaeometric Characterization of a Group of Red Slip Wares and Corrugated Goblet Wares (Early Bronze Age) Found from Tilbaşar Mound, Gaziantep, Turkey**

**Fürkan TANYERİ**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
BATMAN UNIVERSITY  
ARCHAEOLOGY DEPARTMENT**

**Advisor: Asst. Prof. Dr. Murat BAYAZİT**

**2019,131**

**Jury**

**Asst. Prof. Dr. Murat BAYAZİT  
Assoc. Prof. Dr. Mahmut AYDIN  
Assoc. Prof. Dr. Ali Akın AKYOL**

In this study, 24 representative samples of red slip wares and ring burnished pottery obtained from Tilbaşar Mound (located on 12 km southeastern of Oğuzeli district of Gaziantep, Turkey) archaeological excavation, which is carried out under the supervision of Assist. Prof. Dr. Elif Genç (Çukurova University) and the presidency of Gaziantep Museum Directorate since 2015, were archaeometrically investigated. In this context, it was aimed to identify the production features (raw material, firing conditions) of the samples using XRD (X-ray diffraction), petrography, optical microscopy, SEM/EDX (scanning electron microcopy/energy dispersive X-ray spectroscopy), FTIR (Fourier Transformed Infrared Spectroscopy) and TG-DTA (Thermogravimetric Differential Thermal Analysis) techniques in characterization process. The chemical and mineral/phase contents of the ceramics were criticized taking into account the results achieved through the analytical analysis methods employed, and the firing features (maximum temperature range, firing technique etc.) of the potsherds were evaluated considering the whole data.

It was deduced that both of the groups would have been produced using calcareous raw materials and they likely belong to a local production (according to the geological formation of the region). Considering the mineral/phase contents of the ceramics, it was found that the red slip wares have been fired at lower temperatures (i.e. 700-800°C), whereas the ring burnished ones generally have been subjected to relatively higher temperatures (800-900°C). FTIR and TG-DTA analyses used within the study were successfully employed as they gave convenient results approving the mineral contents of the ceramics. In terms of the micro structures of the potsherds, it was observed that there was no vitrification in general, whereas this phenomenon was partially/regionally seen for some of the ring burnished potsherds. The whole data obtained in this study indicated that there were differences between the two ceramic groups with regard to the production technology.

**Keywords:** Archaeometry, Early Bronze Age, Ceramic, Tilbaşar Mound

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimin her adımında desteğini esirgemeyen, tüm bilgi ve deneyimlerini paylaşan değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Murat Bayazit'e ve tezimin ana materyalleri olan temsili seramik numunelerin teminini sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Elif Genç'e (Çukurova Üniversitesi, Arkeoloji Bölümü) teşekkür ederim. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü'nden Doç. Dr. Ali Akın Akyol'a ve Batman Üniversitesi Arkeometri Anabilim Dalı Başkanı/Kurucusu ve Arkeoloji Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Mahmut Aydın'a katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Tez kapsamında yer alan analizlerin gerçekleştirildiği Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı (MARAL), Dicle Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (DUBTAM) yetkilileri ve çalışanlarına, ayrıca Prof. Dr. Yusuf Kağan Kadioğlu'na (Ankara Üniversitesi, Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi; YEBİM), Arş. Gör. Dr. Kıymet Deniz'e (Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü) ve Gülşen Albuz Geren'e (Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Malzeme Araştırma Ve Koruma Laboratuvarı; MAKLAB) desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Tez yazımı süresince benden maddi/manevi desteğini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Hüseyin Tanrıku ve Derya Çınar'a gönülden teşekkür ederim.

Bu çalışma Batman Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) koordinatörlüğünce finanse edilerek desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Batman Üniversitesi ve Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) koordinatörlüğü yetkililerine ve çalışanlarına teşekkür ederim (proje no: BTUBAP-2017-Yüksek Lisans-4).

Furkan TANYERİ  
BATMAN-2019

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>vi</b>
1.1. Seramik Tanımı ve Tarihçesi .....	1
1.2. Türkiye’de Seramik .....	1
1.3. Arkeometri .....	3
1.4. Arkeometrinin Tarihçesi .....	5
<b>2. TİLBAŞAR HÖYÜK</b> .....	<b>11</b>
2.1. Genel Bilgiler .....	11
2.2. Litaratür Araştırması .....	13
2.3. Amaç ve Kapsam .....	17
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1. Malzeme</b> .....	<b>18</b>
3.1.1. Seramik Numunelerin Belirlenmesi ve Belgelenmesi .....	18
3.1.2. Numunelerin Tanımlanması .....	19
<b>3.2. Yöntem</b> .....	<b>22</b>
3.2.1. Mineralojik karakterizasyon (XRD) .....	22
3.2.2. Petrografik karakterizasyon (Optik Mikroskop).....	22
3.2.3. FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi) Spektroskopisi .....	22
3.2.4. SEM/EDX (Taramalı Elektron Mikroskobu/Enerji Saçınımlı X-ışını Spektroskopisi) .....	23
3.2.5. TG-DTA (Termogravimetri Diferansiyel Termal Analiz).....	23
<b>4. BULGULAR</b> .....	<b>24</b>
4.1. XRD Analiz Sonuçları .....	24
4.2. Petrografi (Optik Mikroskop) Analiz Sonuçları .....	37
4.3. FTIR Analiz Sonuçları .....	42
4.4. TG-DTA Analiz Sonuçları.....	56
4.5. SEM-EDX Analiz Sonuçları.....	71
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ</b> .....	<b>104</b>
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>107</b>

<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>114</b>
-----------------------	------------

## ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2. 1. Tilbaşar Höyük kuşbakışı görünüm.....	12
Şekil 2. 2. Tilbaşar Höyük'ün konumu.....	12
Şekil 2. 3. Tilbaşar Höyük topografik harita .....	13
Şekil 3. 1. Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramik örnekleri (THK 1-4) .....	18
Şekil 3. 2. Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramik örnekleri (THK 5-9). .....	18
Şekil 3. 3. Erken Tunç Çağı yalın basit seramikler (THY 1-6). .....	19
Şekil 3. 4. Erken Tunç Çağı yalın basit seramikler (THY 7-12). .....	19
Şekil 3. 5. Erken Tunç Çağı yalın seramikler (THY 13-15).....	19
Şekil 4. 1. THK-1 kodlu örneğe ait XRD paterni.....	24
Şekil 4. 2. THK-2 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	24
Şekil 4. 3. THK-3 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	25
Şekil 4. 4. THK-4 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	25
Şekil 4. 5. THK-5 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	26
Şekil 4. 6. THK-6 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	26
Şekil 4. 7. THK-7 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	27
Şekil 4. 8. THK-8 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	27
Şekil 4. 9. THK-9 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	28
Şekil 4. 10. THY-1 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	28
Şekil 4. 11. THY-2 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	29
Şekil 4. 12. THY-3 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	29
Şekil 4. 13. THY-4 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	30
Şekil 4. 14. THY-5 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	30
Şekil 4. 15. THY-6 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	31
Şekil 4. 16. THY-7 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	31

Şekil 4. 17. THY-8 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	32
Şekil 4. 18. THY-9 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	32
Şekil 4. 19. THY-10 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	33
Şekil 4. 20. THY-11 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	33
Şekil 4. 21. THY-12 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	34
Şekil 4. 22. THY-13 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	34
Şekil 4. 23. THY-14 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	35
Şekil 4. 24. THY-15 kodlu örneğe ait XRD paterni. ....	35
Şekil 4. 25. Numunelere ait ince kesit görüntüleri (a) THK-1, (b) THK-2, (c) THK-3. ....	39
Şekil 4. 26. Numunelere ait ince kesit görüntüleri (a) THK-4, (b) THK-5, (c) THK-6. ....	39
Şekil 4. 27. Numunelere ait ince kesit görüntüleri (a) THK-7, (b) THK-8, (c) THK-9. ....	39
Şekil 4. 28. Numunelere ait ince kesit görüntüleri (a) THY-1, (b) THY-2, (c) THY-3, (d) THY-4. ....	39
Şekil 4. 29. Numunelere ait ince kesit görüntüleri (a) THY-5, (b) THY-6, (c) THY-7, (d) THY-8. ....	40
Şekil 4. 30. Numunelere ait ince kesit görüntüleri (a) THY-9, (b) THY-10, (c) THY-11, (d) THY-12. ....	40
Şekil 4. 31. Numunelere ait ince kesit görüntüleri (a) THY-13, (b) THY-14, (c) THY-15. ....	40
Şekil 4. 32. THK-1 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	42
Şekil 4. 33. THK-2 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	42
Şekil 4. 34. THK-3 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	43
Şekil 4. 35. THK-4 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	43
Şekil 4. 36. THK-5 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	44
Şekil 4. 37. THK-6 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	44
Şekil 4. 38. THK-7 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	45
Şekil 4. 39. THK-8 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	45
Şekil 4. 40. THK-9 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	46
Şekil 4. 41. THY-1 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	46

Şekil 4. 42. THY-2 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	47
Şekil 4. 43. THY-3 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	47
Şekil 4. 44. THY- 4 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	48
Şekil 4. 45. THY-5 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	48
Şekil 4. 46. THY-6 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	49
Şekil 4. 47. THY-7 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	49
Şekil 4. 48. THY-8 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	50
Şekil 4. 49. THY-9 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	50
Şekil 4. 50. THY-10 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	51
Şekil 4. 51. THY-11 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	51
Şekil 4. 52. THY-12 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	52
Şekil 4. 53. THY-13 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	52
Şekil 4. 54. THY-14 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	53
Şekil 4. 55. THY-15 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu. ....	53
Şekil 4. 56. THK-1 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	56
Şekil 4. 57. THK-2 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	56
Şekil 4. 58. THK-3 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	57
Şekil 4. 59. THK-4 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	57
Şekil 4. 60. THK-5 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	58
Şekil 4. 61. THK-6 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	58
Şekil 4. 62. THK-7 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	59
Şekil 4. 63. THK-8 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	59
Şekil 4. 64. THK-9 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	60
Şekil 4. 65. THY-1 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	60
Şekil 4. 66. THY-2 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	61
Şekil 4. 67. THY-3 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	61
Şekil 4. 68. THY-4 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	62

Şekil 4. 69. THY-5 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	62
Şekil 4. 70. THY-6 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	63
Şekil 4. 71. THY-7 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	63
Şekil 4. 72. THY-8 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	64
Şekil 4. 73. THY-9 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	64
Şekil 4. 74. THY-10 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	65
Şekil 4. 75. THY-11 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	65
Şekil 4. 76. THY-12 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	66
Şekil 4. 77. THY-13 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	66
Şekil 4. 78. THY-14 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	67
Şekil 4. 79. THY-15 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu.....	67
Şekil 4. 80. THK-1 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	71
Şekil 4. 81. THK-1 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	71
Şekil 4. 82. THK-2 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	72
Şekil 4. 83. THK-2 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	72
Şekil 4. 84. THK-3 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	73
Şekil 4. 85. THK-3 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	73
Şekil 4. 86. THK-4 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	74
Şekil 4. 87. THK-4 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	74
Şekil 4. 88. THK-5 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	75
Şekil 4. 89. THK-5 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	75
Şekil 4. 90. THK-6 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	76
Şekil 4. 91. THK-6 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	76
Şekil 4. 92. THK-7 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	77
Şekil 4. 93. THK-7 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	77
Şekil 4. 94. THK-8 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	78
Şekil 4. 95. THK-8 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	78

Şekil 4. 96. THK-9 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	79
Şekil 4. 97. THK-9 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	79
Şekil 4. 98. THY-1 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	80
Şekil 4. 99. THY-1 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	80
Şekil 4. 100. THY-2 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	81
Şekil 4. 101. THY-2 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	81
Şekil 4. 102. THY-3 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	82
Şekil 4. 103. THY-3 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	82
Şekil 4. 104. THY-4 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	83
Şekil 4. 105. THY-4 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	83
Şekil 4. 106. THY-5 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	84
Şekil 4. 107. THY-5 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	84
Şekil 4. 108. THY-6 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	85
Şekil 4. 109. THY-6 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	85
Şekil 4. 110. THY-7 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	86
Şekil 4. 111. THY-7 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	86
Şekil 4. 112. THY-8 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	87
Şekil 4. 113. THY-8 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	87
Şekil 4. 114. THY-9 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	88
Şekil 4. 115. THY-9 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	88
Şekil 4. 116. THY-10 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	89
Şekil 4. 117. THY-10 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	89
Şekil 4. 118. THY-11 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	90
Şekil 4. 119. THY-11 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	90
Şekil 4. 120. THY-12 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	91
Şekil 4. 121. THY-12 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	91
Şekil 4. 122. THY-13 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	92

Şekil 4. 123. THY-13 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	92
Şekil 4. 124. THY-14 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	93
Şekil 4. 125. THY-14 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	93
Şekil 4. 126. THY-15 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm). .....	94
Şekil 4. 127. THY-15 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm). .....	94
Şekil 4. 128. Kırmızı astarlı seramiklerin kimyasal kompozisyon dağılımı (ağ. %). .....	98
Şekil 4. 129. Yalın basit seramiklerin kimyasal kompozisyon dağılımı (ağ. %). .....	98
Şekil 4. 130. Kırmızı astarlı seramikler için (tüm oksitler dikkate alınarak) yapılan kümeleme analizi ile çizilen dendrogram. ....	99
Şekil 4. 131. Yalın basit seramikler için (tüm oksitler dikkate alınarak) yapılan kümeleme analizi ile çizilen dendrogram. ....	100
Şekil 4. 132. Kırmızı astarlı seramikler için (SiO <sub>2</sub> ve Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dikkate alınarak) yapılan kümeleme analizi ile çizilen dendrogram. ....	101
Şekil 4. 133. Yalın basit seramikler için (SiO <sub>2</sub> ve Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dikkate alınarak) yapılan kümeleme analizi ile çizilen dendrogram .....	102

Çizelge 1. 1. Seramik karakterizasyonunda kullanılan bazı teknikleri gösteren şema .....	4
Çizelge 1. 2. Arkeometride tercih edilen analiz teknikleri .....	7
Çizelge 4. 1. Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramik örneklerin petrografik özellikleri. .....	37
Çizelge 4. 2. Erken Tunç Çağı yalın basit seramik örneklerin petrografik özellikleri. ..	38
Çizelge 4. 3. Temsili bazı örneklerde meydana gelen ağırlık kayıpları. ....	69
Çizelge 4. 4. THK -1 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	71
Çizelge 4. 5. THK -2 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	72
Çizelge 4. 6. THK -3 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	73
Çizelge 4. 7. THK-4 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	74
Çizelge 4. 8. THK-5 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	75
Çizelge 4. 9. THK-6 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	76
Çizelge 4. 10. THK-7 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	77
Çizelge 4. 11. THK-8 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	78
Çizelge 4. 12. THK-9 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	79
Çizelge 4. 13. THY-1 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	80
Çizelge 4. 14. THY-2 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	81
Çizelge 4. 15. THY-3 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	82
Çizelge 4. 16. THY-4 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	83
Çizelge 4. 17. THY-5 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	84
Çizelge 4. 18. THY-6 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	85
Çizelge 4. 19. THY-7 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	86
Çizelge 4. 20. THY-8 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	87
Çizelge 4. 21. THY-9 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	88
Çizelge 4. 22. THY-10 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	89
Çizelge 4. 23. THY-11 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	90

Çizelge 4. 24. THY-12 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	91
Çizelge 4. 25. THY-13 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	92
Çizelge 4. 26. THY-14 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	93
Çizelge 4. 27. THY-15 numunesine ait genel EDX analiz sonucu.....	94
Çizelge 4. 28. Kırmızı astarlı seramik buluntularına ait % oranlarında EDX sonuçları.	96
Çizelge 4. 29. Yalın basit seramik buluntularına ait % ağırlıkça EDX sonuçları.....	97

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Seramik Tanımı ve Tarihçesi

Seramik, kelime kökeni olarak Yunancadan gelmektedir. Yunancada “boynuz” sözcüğünün karşılığı olan “keramoslar” antik çağda gelişen üretim teknolojisiyle yerlerini seramik kaplara bıraktıktan sonra seramik ürünler bu adla anılmaya başlanmıştır. Seramik, (genel anlamıyla) organik olmayan malzemelerinin bir araya gelip bileşimlerinin farklı yöntemler ile şekil verildikten sonra sırlı ya da sırsız olarak sertleşip mukavemet kazanmasına varacak kadar fırınlarda pişirilen ve günlük hayatta kullanılan ürün olarak tanımlanabilmektedir (Arçasoy, 1983).

Günümüzde seramiğin en eski örnekleri Mezopotamya’da bulunmuştur. Elle biçimlendirilmiş ve üzeri çizilerek süslenmiş seramik ilk olarak Orta Taş (Mezolitik) Çağı’nda görülmüştür. Seramiğin üretilmeye başlanması insanların toprağa yerleşmesi ile olmuştur. Tarihsel özelliği ile seramiğe tanım getirilmesi bakımından bu bilgilerin önemi büyüktür. Seramik pişen bir malzeme olması nedeniyle yüzlerce yıl sonraya kalabilen nadir malzemelerden biridir. Tarih boyunca insanlığın ihtiyaçlarına cevap veren toprak basit işlemlerden geçirilip suyla belirli oranda karıştırıldığında plastik hale gelmekte ve şekil alarak pişirimi yapıldıktan sonra yüzlerce yıl varlığını sürdürülebilmektedir. Kil esaslı pişmiş toprak malzemeler bu yönü ile sadece ait olduğu dönemin gereksinimini karşılamakla kalmaz, gelecek nesiller için önemli bir kültürel miras niteliği de kazanmış olur (Deveci, 2012).

### 1.2. Türkiye’de Seramik

Toprak ile ateşin buluşması yaklaşık sekiz bin yıldan bu yana Anadolu’da süre gelmektedir. Anadolu toprağı üzerinde Neolitik Çağ’dan Roma ve Bizans’a, Selçuklu ve Osmanlı’dan modern Türkiye’ye uzanan tarihsel sürecin her adımında karşımıza yeni buluşlar, farklı formlar ve teknoloji arayışlarıyla seramiğin izleri çıkmaktadır. İnsanın var olduğu her yerde seramiğin izlerine rastlanmış, pişmiş toprak malzemeler tarih boyunca türlü biçim ve işlevlerle hayatın içinde yerini almıştır. Bu tip ürünler çağlar boyunca insanlığın gelişimine ışık tutmuş, yer aldığı toplumun ekonomik, siyasal ve kültürel gelişiminin bir göstergesi olmuştur. Seramik üretimi insanın uygarlığa yapmış olduğu en eski ve en kalıcı katkılardan biri olarak kabul edilmektedir. Bu anlamda

seramik, geçmişimizi daha iyi anlayıp değerlendirebileceğimiz bilgi ve kaynakları günümüze taşımasıyla önemli bir görev üstlenmektedir (Mutlu, 2007).

Seramik öncelikle günlük gereksinim için kullanılmış, daha sonra da çağlar boyunca gelişerek her kültürün ve uygarlığın izlerini alarak duygu, düşünce ve toplumsal değerlerin anlatımında bir araç olmuştur. Bir toplumdaki seramik sanatının geldiği nokta bir bakıma o toplumun çağdaşlaşma yolundaki çizgisini göstermektedir. Bu nedenle, seramiğin gelişimi toplumların sosyo-kültürel ve ekonomik evreleriyle paralel doğrultudadır. Seramik formları ve süsleme çeşitleri değişik çağların kültür özelliklerini oluşturmuştur (Mutlu, 2007).

Seramik insanlığın başlangıcından günümüze insana en yakın malzeme olarak daima varlığını sürdürmektedir. Ateşin bulunuşu ile üreilmeye başlanan seramik için tekerleğin keşfi en az ateşin bulunuşu kadar önem taşır (seramik çarkının bulunması ve tekerleğin bulunuşu aynı döneme rastlamaktadır). Torna, seramikte seri ve düzgün üretimin başlamasındaki önemli unsurlardan biridir. Seri ve düzgün üretim refah seviyesinin yükseldiğini, biriktirme, yani üretim fazlasının olduğunu göstermektedir. Seramik, geçmişten bu yana pek çok gereksinimi içine alacak kadar geniş bir alanı ve bu alan içerisinde çok çeşitli ürünü kapsamı içine almaktadır. Anadolu'da kilden yapılmış kaplara en erken MÖ 7. binde Konya, Burdur, Antalya bölgelerinde rastlanmaktadır. İlk örnekler tek renkli, kaba yapılı ve basit biçimlerdir. Sonraları MÖ 6. binin ortalarında Çatal Höyük ve Hacılar' da yapılanlar çok başarılı olup, insanlığın seramik konusunda ortaya koyduğu ilk sanat ürünleridir. Çok renkli olan bu kaplar biçimleri ve desenleri yönünden gerçekten göz alıcıdırlar (Deveci, 2012).

Bünyesinde çeşitli kültürleri barındıran Anadolu, bu çeşitliliği sanat alanında da muhafaza edebilmiştir. Çeşitli motifler ve formlar bu zenginliği kanıtlar niteliktedir (Ayda, 2001). Teknolojinin gelişmesiyle arkeolojik kazılardan elde edilen buluntuların arkeometrik çalışmalarla farklı metot ve yöntemler kullanılarak analiz etme olağanı sağlanmış ve bu tip çalışmalar toplumların kültürel özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmasına öncülük etmiştir. Arkeometrik incelemeler seramik, cam ve metal gibi buluntuların disiplinler arası bilimlerin bir araya gelmesiyle oluşan bir çalışma kapsamında karakterize edilme imkânını sağlamış olup, ilintili diğer bilim alanlarına (arkeoloji, sanat tarihi, restorasyon, koruma ve onarım vb.) bu bağlamda analitik bilgi kaynağı sunmuştur. Özellikle arkeolojik kazılarda ele geçirilen seramik malzemeler hakkında alınan sonuçların yorumlanmasıyla çok yönlü bilgiler elde edilip malzemenin hammadde içeriği, renk tespiti ve üretim teknolojileri gibi birçok farklı sonuca

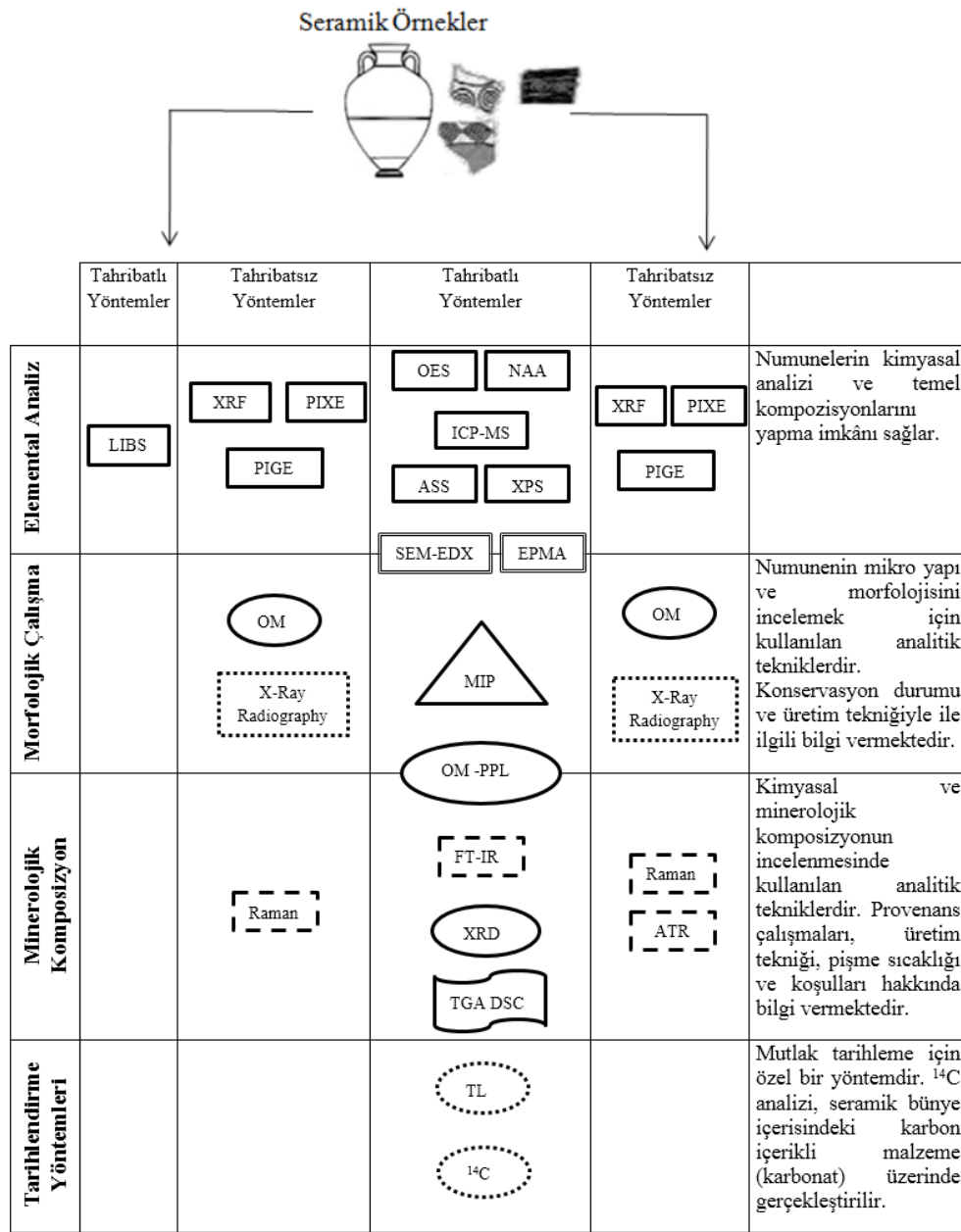
ulaşabilme imkânı sağlamıştır. Anadolu coğrafyası çok farklı medeniyet ve kültürlere ev sahipliği yapmış ve bu yönü ile kültürel miras bakımından zengin bir ülke konumundadır. Bu bağlamda, özellikle arkeolojik kazılarda sıklıkla ele geçen seramik buluntuların arkeometrik olarak incelenmesini içeren çalışmalar kültürel mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılması bakımından oldukça faydalı veriler sağlamakta ve bu tip çalışmalara duyulan gereksinim giderek artmaktadır.

### **1.3. Arkeometri**

Arkeometri; çeşitli matematiksel ölçüm ve (teknolojinin gelişmesiyle birlikte daha donanımlı) analiz teknikleri ile tarihi buluntuların karakterize edilmesi amacıyla uygulanan yeni bir bilim dalı olarak tanımlanabilir. Günümüzde yapılan arkeolojik araştırmaların elden geldiğince eksiksiz olarak değerlendirilebilmeleri için fen ve doğa bilimleriyle birlikte yararlanılan bu bilim dalı arkeoloji, sanat tarihi, restorasyon gibi bir çok bilim dalına yardımcı olmakla beraber tarihin bir çok bilinmeyenine ışık tutmaktadır (Esin, 1985).

Arkeometrik çalışmalarda dikkat edilmesi gereken başlıca noktalardan biri eserlerin zarar görmeden karakterizasyonunun yapılmasıdır. Bu nedenle ait olduğu grubu belirgin özellikleriyle yansıttığı dşnlen temsili numuneler seçilip bunların analiz edilmesi tercih edilmektedir. Bu kapsamda yapılması planlanan tahribatlı ve tahribatsız analiz yöntemlerinin basit olarak kullanım amaçları izelge 1.1.'de aşağıdaki gibi özetlenerek sıralanabilir (Ricci, 2016).

**Çizelge 1. 1.** Seramik karakterizasyonunda kullanılan bazı teknikleri gösteren şema (Ricci, 2016)



Seramik arkeometrisinde sıklıkla kullanılan bazı analiz teknikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

**XRD (X-ışını Difraksiyonu):** Bu yöntem, kristal yapılarda düzlemler arası mesafeyi hesaplamakta kullanılır. Bu teknik, yapının elemental karakterizasyonundan daha çok mineralojik tanımlanmasına olanak sağlayan bir tekniktir. Kristal yapıdaki

atomların geometrik düzeni ve aralarındaki mesafe hakkındaki çoğu bilgi bu yöntemle elde edilmektedir. Bundan dolayı X-ışınları kırınımı (XRD) kristalin bileşiklerin kalitatif olarak tanınmasında pratik ve uygun bir yöntemdir (Şişman, 2006).

İnce kesit (optik mikroskop): İnce kesit analizi ile harç, sıva ve seramiklerin bağlayıcı-agrega oranları, içerdikleri agregaların türleri ve özellikleri tespit edilir. Örneklerin mineral içeriği, dokusu (varsa ayrışma, bozulma gibi durumları) belirlenir ve kayacın kökeni tespit edilir (web kaynak-1).

FTIR (Fourier dönüşümlü kızılötesi) Spektroskopisi: Bir tür titreşim spektroskopisidir. IR ışınları molekülün titreşim hareketleri tarafından soğurulmaktadır. Organik veya inorganik bileşiklerin karakterize edilmesinde kullanılan bir cihazdır. IR spektrumu, maddeyi oluşturan atomlar arasındaki bağların titreşimiyle oluşan frekanslarına karşılık gelen absorpsiyon pikleri ile örneğin parmak izini göstermektedir. FTIR analizinde elde edilen bant değerleri ile mineraller tespit edilerek özellikle seramiklere renk veren başlıca doğal renklendiricilerden biri olan demir (Fe) türünün bulunması pişirim atmosferi hakkında önemli bilgiler vermektedir (Ono ve ark., 2011; Lin ve Wang, 2011).

SEM/EDX (taramalı elektron mikroskobu/enerji saçınımlı X-ışını spektroskopisi): Taramalı elektron mikroskobu kaynak olarak ışık yerine elektronların kullanıldığı ve analizi yapılacak seramik numunenin yüzeyini yüksek enerjili şeritler halinde tarayarak görüntüleyen bir analiz tekniğidir. SEM/EDX analizi ile seramiklerin mikro yapısal/mikro kimyasal özellikleri tayin edilmektedir (Arıkan, 2009).

TG-DTA (termogravimetri-diferansiyel termal analiz): Termogravimetri-diferansiyel termal analiz yöntemi inorganik maddelerin, silikatların, killerin, oksitlerin, seramiklerin incelenmesinde; organik maddelerin erime, kaynama ve parçalanma sıcaklıklarının bulunması amacıyla ve polimerlerde meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişikliklerin incelenmesi amacı ile kullanılmaktadır (Ünlü, 2007).

#### **1.4. Arkeometrinin Tarihçesi**

Arkeometrinin başlangıcının 19. yüzyılın başlarına kadar geriye gittiği söylenebilir. 1800'de ilk kez M.H. Klaproth (1743-1817) Berlin Bilim Akademisi'nde sikkeler, camlar ve Ortaçağ heykelleri üzerinde gerçekleştirdiği bazı kimyasal analizlerin sonuçları hakkında bir bildiri vermiştir (Riederer, 1982; Esin, 1985). 19. yüzyılın sonlarına doğru ve yüzyılımız başlarında gerek Avrupa'da Üst Paleolitik Devir

mağara duvar resimlerinin bulunuşu, Ön Asya ile Anadolu'da başlayan ve yoğunluk kazanan arkeolojik kazılarda ele geçen çeşitli buluntuların (metal, seramik, cam, duvar resimlerinin boyları gibi) kimyasal analizleri arkeometriye ivme kazandırmıştır. Troya kazıları, Ur Kral Mezarları'nın keşfi, Mısır'da özellikle Flinders Petrie'nin Negade kültürüne ait buluntuları uygulanan analizlerin daha yoğun bir biçimde kullanıldığına işaret etmiştir. Böylece Klaproth'un analizlerini F. Rathgen, C.H. Desdh, J. R. Partington, H. H. Coghlan ve daha birçoklarının araştırmaları izlemiş ve bunlar gitgide daha büyük bir ilgi ile karşılanmaya başlanmıştır (Otto ve Witter, 1952; Esin, 1969).

1878'de Baron De Geer İsveç'te göl ve bataklık tortul kültelerindeki yıllık ömürlü bitki kalıntılarını inceleyerek bunların içinde bulunduğu balçık katmanlarının sayımına dayanan "Varv analizleri" olarak adlandırılan bir mutlak tarihlendirme yöntemi geliştirmiştir. 1920'lerde ise Yugoslav matematikçi ve astronomlarından Milutin Milankovitz güneş sistemindeki lekelerin dünyada iklim değişmelerine neden olduğu varsayımından hareket etmiş; bu değişimlerin matematiksel olarak hesaplanmasının Buzul Çağları'nın 600.000 yıl kadar geriye tarihlendirilebileceğini ortaya koymuştur (Hole ve Heizer, 1969; Zeuner, 1958).

1901'de bulunan, fakat arkeoloji alanında 1929'da ilk olarak uygulanan bir diğer yöntem ise dendrokronolojidir. Uzun ömürlü ağaçların yatay kesitlerindeki halkaların oluşumları ve bunların sayılmaları ile ağacın kesildiği zamandaki yaşının mutlak olarak bulunabileceği belirlenmiştir. Arkeolojiye dönük bu araştırmaların arkeometri adı altında yeni bir boyut kazanması ve bugünkü konumuna kavuşması 1950-60 yılları arasında gerçekleşmiştir (Michael ve Ralph, 1971).

Libby ve arkadaşlarının yaşamları sona ermiş organik maddelerin içinde bulunan radyoaktif karbon 14'ün ölçülmesi ile (C-14) arkeolojiye yeni bir mutlak tarihlendirme yöntemini kazandırmaları bir anlamda gerçek anlamıyla arkeometrinin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Bilindiği gibi, eskisinden farklı olarak bugün artık arkeolojik araştırmalar geçmiş uygarlıkların tarihsel gelişimleri içinde mümkün olduğunca eksiksiz bir şekilde değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Bu yüzden eski bir kültürün anlaşılabilmesi, tanımlanabilmesi ve o kültürü meydana getiren insanların o günkü doğal çevrelerinin içinde yaşadıkları biyolojik ortamı oluşturan hayvan ve bitki topluluklarının (yani ekolojilerinin), insan, hayvan, bitki ilişkilerinin, ellerindeki kaynaklardan yararlanma biçim ve derecelerine bağlı olarak ekonomilerinin, teknolojilerinin, sosyal, politik, sanatsal düzeylerinin aydınlatılması gerekmektedir (Libby, 1955).

Bu amaçlara uygun olarak arkeometrinin günümüzde kullandığı yöntemler Çizelge 1.2’de özetlenerek verilmiştir (Ricci, 2016);

**Çizelge 1. 2.** Arkeometride tercih edilen analiz teknikleri (Ricci, 2016)

<b>Kısaltma</b>	<b>İsim</b>	<b>Çalışma Prensibi</b>	<b>Numune Hazırlama</b>
<b>XRF</b>	X-ışını Floresans	Örneği uyarmak için yüksek enerjili X-ışını kullanan ve temel duruma geri döndüklerinde atomlardan yayılan karakteristik ışınımın dalga boyunu ve enerjisini ölçen niteliksel ve niceliksel analiz. Seramik sır ve gövde yüzeyi kimyasal analizlerinde kullanılır.	Numune hazırlama gerekli (portatif olanlar için gerekli değil).
<b>PIXE</b>	Proton indüklemeli X-ışını Emisyon Spektroskopisi	Parçacık kaynaklı X-ışını emisyonu veya proton kaynaklı X-ışını emisyonu (PIXE) bir malzemenin veya numunenin elementel yapısının belirlenmesinde kullanılan bir tekniktir.	Numune hazırlama gerekli.
<b>PIGE</b>	Proton indüklemeli $\gamma$ -ışını Emisyon Spektroskopisi	Parçacık kaynaklı Gama emisyonu (PIGE) yöntemi, numune analizi ve tahribatsız derinlik profili elde etmede ve diğer iyon demeti yöntemlerini (özellikle PIXE’nin) tamamlayan çok yönlü elementel bir analiz tekniğidir.	Numune hazırlama gerekli.
<b>NAA</b>	Nötron Aktivasyon Analizi	Radyoaktif olmayan elementlerin nötron bombardımanı ile radyoaktif hale dönüştürüldüğü ve ilgili elementlerden ortaya çıkan radyoaktiviteden belirlendiği bir elementel analiz yöntemidir. Güvenlik sorunları olan ve yüksek analiz maliyetli bir metottur.	Toz numune gereklidir.
<b>AAS</b>	Atomik Absorpsiyon Spektrometresi	Elementlerin derişimlerinin ppm ve ppb mertebesinde ölçümünde kullanılan, güvenilir ve kullanımı kolay kantitatif analizdir.	Toz numune gereklidir.

Çizelge 1.2. (Devamı) Arkeometride tercih edilen analiz teknikleri (Ricci, 2016)

Kısaltma	İsim	Çalışma Prensibi	Numune Hazırlama
<b>XPS</b>	X-ışını Fotoelektron Spektroskopisi	X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS) prensip olarak özellikle basit bir işleme dayanmaktadır. Bir numune içindeki elektronlar belirli bir enerjinin fotonlarını emer ve sonra katıdan ortaya çıkar. Kinetik yüzeyinden yayılan elektronların enerji analizi yüzey bölgesinde atomlarının elektronik durumları hakkında bilgi vermektedir.	Toz numune gereklidir.
<b>OES</b>	Optik Emisyon Spektroskopisi	Optik Emisyon Spektroskopisi (OES) Metalik numunelerin optik emisyon spektrometre cihazı kullanılarak kimyasal içeriklerinin belirlenmesinde kullanılan bir analitik tekniktir. Tüm OES analizörleri aynı ana parçaları içerir. Bir elektrik kaynağı numunedeki atomları uyarır, böylece ayırt edici bir ışığı atarlar. Bir kırınım ızgarası daha sonra yayılan ışığı ayrı elemanlara özgü ışık dalga boylarına ayırır ve karşılık gelen bir detektör her bir dalga boyu için ışığın gücünü ölçer	Çözeltide 200-500 mg.
<b>ICP-MS</b>	İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma - Kütle Spektrometresi	Kütle spektrometresi elementleri katı ve sıvı örneklerde çok sayıda elementin hızlı, ucuz, hassas ve doğru biçimde, niteliksel, niceliksel ya da yarı-niceliksel olarak ölçülmesine olanak sağlayan ileri teknoloji ürünü bir analiz tekniğidir. Numune indüktif eşleşmiş plazma ile iyonize edilir ve bu iyonları ayırmak ve incelemek için kütle spektrometresi kullanılmaktadır.	Asit çözeltisi içinde >100 mg.
<b>LIBS (LAS)</b>	Lazer İndüklenmiş Plazma Spektroskopisi	Lazer oluşturmali Plazma Spektroskopisi yüksek enerjili bir lazer kaynağı ile yüzeyde mikro plazma oluşturan, plazmadaki uyarılmış elektron ve iyonların soğurken yaydıkları karakteristik ışığı ölçen bir optik emisyon spektroskopisi yöntemidir. LIBS ile katı, sıvı ve gazlarda kalitatif ve kantitatif olarak elementel analiz yapabilmektedir.	Numune hazırlama gerekli değil.

Çizelge 1.2. (Devamı) Arkeometride tercih edilen analiz teknikleri (Ricci, 2016)

Kısaltma	İsim	Çalışma Prensibi	Toz numune gereklidir.
<b>OM</b>	Optik Mikroskop	Yüzey analizi, seramik bünye, sır ve/veya dekorasyon tabakası hakkında bilgi sağlar.	Bulk örnek gerekli (kesit hazırlanır).
<b>OM-PPL</b>	Optik Petrografik Mikroskop - Düzlem Polarize Işık	Analiz için ince kesit gereklidir. Analiz mikro yapı, sır ve / veya dekorasyon tabakasını inceleyebilir. İnce kısma nüfuz eden polarize ışık minerallerin optik özelliklerinden dolayı mineralojik bileşimin belirlenmesini sağlar.	İnce kesit hazırlığı için 2-4 cm <sup>2</sup> ebatlı numune gerekli.
<b>XRD</b>	X-ışını Kırınımı	Mineralojik bileşimin nitel ve yarı nicel analizidir. Monokromatik X-ışınlarının ve kristal örneğin yapıcı girişimine dayanır. Kristal yapı ve atomik boşlukları incelemek için yararlı bir yöntemdir.	Toz numune gereklidir.
<b>FT-IR</b>	Fourier-Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi	Kimyasal bileşikleri tanımlamak için kullanılabilen bir absorpsiyon tekniğidir. Hem inorganik hem de organik materyallerde kimyasal bağlanma hakkında bilgi sağlar. IR ışınması bir molekül ile etkileşir ve karakteristik frekanslarda bağların titreşim hareketine neden olur.	Toz numune gereklidir.

Çizelge 1.2. (Devamı) Arkeometride tercih edilen analiz teknikleri (Ricci, 2016)

Kısaltma	İsim	Çalışma Prensibi	Numune hazırlama
<b>ATR (FTIR)</b>	Zayıflatılmış Toplam Yansıma	ATR numunelerin herhangi bir ön hazırlık olmadan doğrudan analiz edilmesine izin veren FT-IR ile birleştirilmiş bir örnekleme tekniğidir. IR spektroskopisi yaygın olarak kullanılır ve düşük maliyetlidir.	Numune hazırlama gerekli değil.
<b>RAMAN Spektroskopisi</b>	Raman Spektroskopisi	Monokromatik ışığın elastik olmayan saçılmasına dayanan ve FT-IR gibi moleküler tanımlama için kullanılan bir absorpsiyon tekniğidir. Organik ve inorganik materyalleri tanımlamaya yarar ve seramik malzeme çalışmalarında mineralleri tespit etmeye izin verir.	Numune hazırlama gerekli değil ama bazı durumlarda kesit hazırlamak gerektirebilir.
<b>TGA-DSC</b>	Termogravimetrik Analiz ve Diferansiyel Taramalı Kalorimetre Analizi	Numune ısıtılıp, soğutulup veya sabit bir sıcaklıkta tutulurken, soğurulan veya salıverilen enerji miktarını ölçer. Bu teknikte referans ile numuneden gelen veya uzaklaşan ısı farkı sıcaklığını zamana bağlı olarak gösterir. DSC, DTA ile aynı ölçüm prensiplerini kullanır.	Tipik olarak 5-20 mg toz numune gereklidir.
<b>SEM-EDX</b>	Taramalı Elektron Mikroskopi - Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi	Görüntüleme için SEM, kimyasal bileşimi tespiti için eş zamanlı olarak EDX kullanılır. Bir elektron demeti örnek yüzeyine odaklanarak yüksek büyütme ve kontrastlı görüntüler sağlayabilen ikincil ve geri saçılmış elektronlar üretir ve X-ışınları da element analizlerini yapar.	Bulk örnek gerekli. Parlatma ve/veya iletkenlik için kaplama gerektirebilir.

## 2.TİLBAŞAR HÖYÜK

### 2.1. Genel Bilgiler

Yüzey araştırmaları, kazılar ve yazılı kaynaklardan elde edilen bilgiler Tilbaşar'ın Kalkolitik Çağ'dan (MÖ 3400) Orta Tunç Çağı sonuna kadar (MÖ 1600) kesintisiz iskân edildiğini, uzun bir aradan sonra Orta Çağ'da (MS 12.-13.yy) tekrar büyük bir kent olarak kullanıldığını göstermiştir. Kuzey Aşağı Şehir'de yapılan yüzey araştırmalarında Halaf ve Obeyd boyalı çanak çömlek parçalarına rastlanmış, Akhamenid ve Bizans dönemlerinde sınırlı yerleşim alanlarının varlığı bildirilmiştir. Tilbaşar Höyük'ün doğusu, Güney Aşağı şehrin doğu bölümünün tamamı, Doğanpınar Barajı su toplama havzası içinde kalmaktadır (Şekil 2.1, Şekil 2.2 ve Şekil 2.3). Erken Tunç Çağı II ve III'ün büyük bir yerleşmesi olduğu düşünölen Tilbaşar Höyük'ün Kalkolitik dönemde de önemli bir merkez olduğu yorumu yapılmaktadır (Genç ve Uysal, 2017; Harmankaya ve ark., 1998).

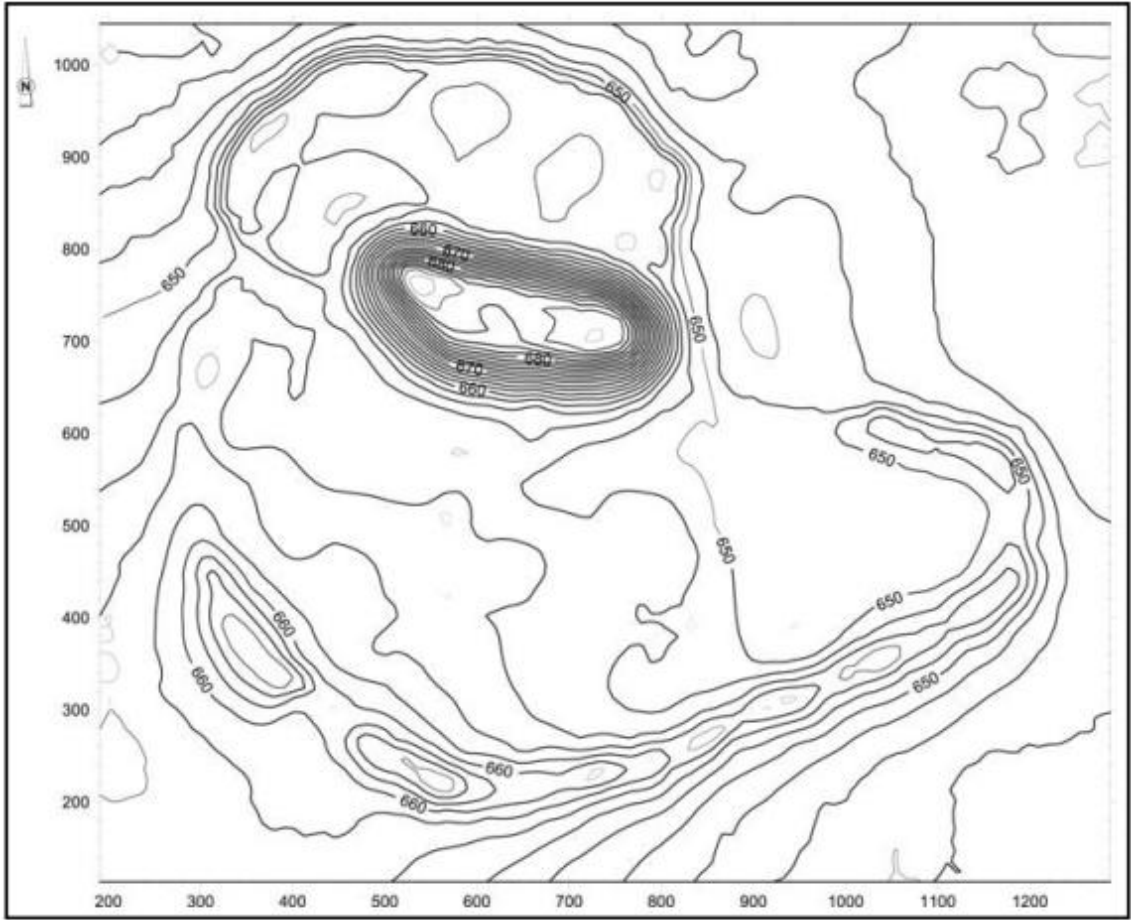
Gaziantep ilinin Oğuzeli ilçesinin 12 km güneydoğusunda yer alan, Sacır'ın nemli havzaları içerisinde bulunan Tilbaşar, höyük ve aşağı şehirleri ile birlikte 56 hektarlık bir alana sahiptir. Aşağı şehirlerin hemen hemen ortasında bulunan höyük 40 m.yükseklikte ve 6 hektarlık bir alanı kaplamaktadır. Kuzey ve Güney Aşağı Şehir olmak üzere iki aşağı şehri bulunmaktadır. Kuzey Aşağı Şehir yaklaşık 6-7 m yükseklikte, Güney Aşağı Şehir 1,5 ile 2 m yüksekliktedir. Tilbaşar Höyük'te 1994 yılında Gaziantep Müzesi Müdürlüğü ve Christine Kepinski yönetiminde başlatılan yüzey araştırması ve kazı çalışmalarını 2006 yılına kadar aralıklı olarak devam etmiş, bu tarihten itibaren kazı çalışmaları durmuştur. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nce yaptırılan Doğanpınar Barajı etki alanında kalan kültür varlıklarının korunmasına yönelik çalışmalar kapsamında (9 yıl aradan sonra) 2015 yılında Gaziantep Müze Müdürlüğü başkanlığında ve Çukurova Üniversitesi Arkeoloji Bölümü'nden Dr. Öğr. Üyesi Elif Genç'in sorumluluğunda tekrar başlamıştır. Tilbaşar Höyük kazısı geçmişten günümüze yapılan arkeolojik araştırmalarla yaşamış olduğu uygarlıkların tarihi bilgilerini eksiksiz bir şekilde değerlendirmeyi hedeflemektedir. Bu amaçla, ele geçen buluntular için yapılacak olan kapsamlı arkeometrik incelemeler buluntu malzemelerinin üretim teknolojileri ve bölgedeki medeniyetler hakkında bilgi edinilmesi bakımından önem arz etmektedir (Genç ve Uysal, 2017; Harmankaya ve ark., 1998).



Şekil 2. 1. Tilbaşar Höyük kuşbakışı görünüm (Kepinski, 2010)



Şekil 2. 2. Tilbaşar Höyük'ün konumu (Genç ve Uysal, 2017)



Şekil 2. 3. Tilbaşar Höyük topografik harita (Kepinski ve Önal 2006)

## 2.2. Literatür Araştırması

Bu tez çalışmasında arkeometrik olarak seramikler için uygulanan karakterizasyon tekniklerini kullanılan ilgili bazı çalışmalara ait literatür araştırması aşağıda verilmiştir.

--“*FT-IR spectroscopic analysis to study the firing processes of prehistoric ceramics*”  
(G. Barone , V. Crupi , F. Longo , D. Majolino , P. Mazzoleni, D. Tanasi , V. Venuti, 2011).

Bu çalışmada Katanya bölgesinin iç kesimlerinde ele geçirilen Orta Tunç Çağı'na ait bazı seramik buluntular incelenmiştir (Sicilya, Güney İtalya). Bu kapsamda FT-IR analizi kullanılarak seramiklerde pişirme işlemi sırasında ortaya çıkan faz dönüşümleri ele alınmıştır. Makro gözlemlerde örneklerin kaba ve ince seramikler olduğu tespit edilmiş olup, petrografik çalışmalar ile örneklerin heterojen yapı ve kompozisyona sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar X ışını kırınımı (XRD) ile elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Veriler ışığında seramikler için 800-900°C

aralığında bir pişirme sıcaklık aralığı saptanmıştır. Birçok numunede kalsit, kil mineralleri ve yeni oluşan kalsiyum silikatların eş zamanlı olarak yer alması sıcaklığın fırın içerisinde değişkenlik gösterdiği basit bir pişirim teknolojisine işaret etmiştir.

--“*Mineralogical characterization studies of archaeological pottery sherds using FT-IR and TGA-DTA*” (R. Palanivel, S. Meyvel, 2009).

Bu çalışmada, Tamilnadu’da (Hindistan) bulunan antik bir liman kenti olan Alagankulam’da yapılan arkeolojik kazılar sonucunda ele geçen bazı arkeolojik seramik parçalar spektroskopik ve termal analiz teknikleri ile incelenmiştir. Bu amaçla kullanılan Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ve termogravimetrik-diferansiyel termal analiz (TGA-DTA) teknikleri ile seramiklerin üretiminde kullanılan hammaddelerin mineralojik içerikleri belirlenmiştir. FTIR analizinde gözlemlenen mineralojik gruplara dayanarak kullanılan kilin yapısı belirlenmiştir. Kullanılan bu iki teknik ile seramiklerin pişirim özellikleri hakkında bilgilere ulaşılmıştır.

--“*Using FT-IR spectroscopy for study of calcareous ancient ceramics*” (S. Shoval, 2003).

Bu çalışmada Galilee Denizi’nin doğusunda yer alan Tel Hadar’da yapılan arkeolojik kazılarda ele geçen Demir Çağ’ına ait depolama/saklama amacı için kullanılan seramik kapların FT-IR spektroskopisi ile analizi gerçekleştirilmiştir. IR spektrumunda sırasıyla (meta) kil ve kalsit içeriğine işaret eden SiO ve CO<sub>3</sub> titreşimlerinin tespit edilmesi seramiklerin kalkerli bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Yapılan analizlerde kalsiyum silikatlara ait bant değerleri gözlenmemiştir. Çömlekçilerin depolama/saklama için kullanılan seramik kapların üretiminde düşük sıcaklıklarda pişirim yapmak amacıyla kalkerli hammadde kullandıkları öngörülmüştür. Bu bağlamda, kalkerli malzemelerde kalsitin bozunması için yaklaşık 700-800°C pişirim sıcaklığının yeterli geldiği belirtilmiştir. Seramiklerdeki yüksek miktardaki kalsit oranı (39-57 ağırlık %) seramik saklama kaplarının sağlamlaştırılmasını sağladığını göstermiştir.

--“*Mineralogical and thermal analyses of a bangle shard from Harrappa, an indus valley settlement in Pakistan*” (Saheeb Ahmed Kayani, Rehan ul Haq Siddiqui, 2011).

Bu araştırmada, Harrappa’da ele geçen pişmiş topraktan yapılmış bir halhal (bilezik) parçası üzerine mineralojik ve termal analiz yapılmıştır. Bentonit kili bileklik kırıntısının ana bileşeni olarak bulunmuştur. Ayrıca X-ray ışını kırınımı (XRD) tekniği ile mineralojik yapı ve buna bağlı olarak bileklik kırıntısının pişirim sıcaklık değeri saptanmıştır.

--“*Early Medieval ceramics from the Viile Tecii archaeological site (Romania): an optical and XRD study*” (Corina Ionescu, Lucreția Ghergari, Marius Horga, Gabriela Rădulescu, 2007).

Bu çalışmada, Erken Orta Çağ seramiklerinin (Viile Tecii arkeolojik alanı, Kuzey Transilvanya, Romanya) optik, mineralojik ve petrografik analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, seramikler üzerinde mikroskobik analiz ve XRD teknikleri uygulanmış olup çalışma sonucunda seramiklerde illitik/kaolinitik killerin ve temper malzeme olarak da kuvarsitik kumun olduğu tespit edilmiştir. Seramiklerde saptanan mineral ve fazların değişimi pişirim sıcaklığının 800 ila 900°C aralığında olduğuna işaret etmiştir.

--“*Pottery firing temperatures: a new method for determining the firing temperature of ceramics and burnt clay*” (Kaare Lund Rasmussen, Guillermo A. De La Fuente , Andrew D. Bond , Karsten Korsholm Mathiesen, Sergio D. Vera, 2012).

Bu çalışmada, seramik ve yanmış kilin (kuzey batı Arjantin) maksimum pişirim sıcaklığını belirlemek amacıyla yeni bir analitik analiz yöntemi uygulanmıştır. Kullanılan teknik örneklerin kademeli olarak yeniden pişirilmesi esnasındaki manyetik duyarlılığın ölçülmesine dayandırılmıştır. Kullanılan metodun geçerliliği 400°C ile 1000°C arasında değişen sıcaklıklarda pişirilen iki kil seti örneğinin pişirim derecelerinin belirlenmesi ile test edilmiştir. Artan sıcaklıkla birlikte meydana gelen yapısal ve mineralojik değişimlerin gözlenebilmesi amacıyla örneklerin bir kısmı da petrografi ve XRD ile incelenmiştir. Kullanılan yeni tekniğin seramik pişirim teknolojilerinin belirlenmesinde etkin bir metot olduğu öngörülmüştür.

--“*X-Ray Diffraction and TG-DTA studies of archaeological artifacts recently excavated in Salamankuppam Tamilnadu*” (G. Velraj, R. Sudha and R. Hemamalini, 2010).

Bu çalışma, yakın zamanda Tamilnadu Salamankuppam'da yapılan arkeolojik kazılarda elde edilen seramik örneklerinin karakterizasyonu ile ilgilidir. Seramik örnekler X-ışını kırınımı ve termal analiz teknikleri ile incelenmiştir. Seramiklerin mineral/faz bileşimleri XRD ile tespit edilmiştir. Mineral içeriklerindeki farklılıklar dikkate alınarak numunelerin pişirim sıcaklıkları ele alınmış ve buna ek olarak numuneler üzerinde TG-DTA analizi yapılarak pişirim sıcaklık aralıkları teyit edilmiştir.

--“*Thermal and spectroscopic analysis of ancient potteries*” (R. Palanivel, U. Rajesh Kumar, 2009).

Bu çalışma, Hindistan'daki Sembiankandiyur'da yapılan arkeolojik kazılar sonucunda elde edilen antik seramiklerin karakterizasyonunu içermektedir. Yapılan çalışma seramiklerin pişirim sıcaklığı, pişirim koşulları ve morfolojisi gibi özellikleri üzerinde durmaktadır. Örnekler FTIR, XRD ve TG-DTA kullanılarak analiz edilmiştir. XRD analizi yapılarak seramiklerin mineralojik içerikleri belirlenmiştir. Pişirim bileşimindeki farklılıklar FTIR ve XRD teknikleri ile incelenerek pişirim koşulları yorumlanmıştır. Örnekler daha sonra tamamlayıcı bir teknik olan TG-DTA analizi ile karakterize edilerek sonuçları teyit edici bilgiler elde edinilmeye çalışılmıştır.

--“*Değirmentepe (Malatya) seramiklerinin mineralojisi ve üretim tekniği*” (Mehmet Bilgi Er, 2011).

Bu çalışmada Değirmentepe Höyük'te (Malatya) yapılan yüzey araştırması ve kazı çalışmaları sonucunda bulunan Kalkolitik Çağ, İlk Tunç Çağı I ve Demir Çağı'na ait çanak-çömlek örneklerin karakterizasyonu yapılmıştır. Bu amaçla petrografi ve X-ışını kırınımı (XRD) metotları uygulanmıştır. Ayrıca, mikro yapısal ve mikro kimyasal içerikler taramalı elektron mikroskop (SEM) ve enerji saçınımlı X-ışını (EDX) spektrometresi kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada tamamlayıcı analiz olarak endüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ile çoğu örnekteki kayaç içeriğinin metamorfik ve volkanik kökenli olduğu ve iki çağa ait seramik grupları arasında tane iriliği bakımından farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Uygulanan XRD analizi sonucunda her iki çağa ait seramikler için kuvars, piroksen ve feldspat tespit edilmiş, hematit ve mika mineralleri ayrıca mikalı kil içeriği farklı gruplardaki seramikler için belirlenmiştir. XRD analizi verilerinde kil içeriğinin olmaması minimum pişirme sıcaklığının 800-850°C aralığında olabileceğine işaret etmiştir. Müllit fazının rastlandığı seramikler için pişirim sıcaklığı 950-1050°C olarak değerlendirilmiştir. Numuneler kimyasal kompozisyon açısından ele alındığında her iki çağa ait seramiklerin genel olarak paralel olduğu öngörülmüştür.

--“*Bazı Orta Çağ tuğla ve çinilerinin teknolojik özellikleri ve koruma problemleri*” (Ayşe Şenay Dinçer, 2012).

Bu çalışmada, Sivas Gök Medrese ve Tokat Gök Medrese'ye ait bazı çini, tuğla ve harç örnekleri karakterize edilmiştir. Bu amaçla, çini ve harçlar için standart testler, ultrasonik hız ölçümleri ve civalı porozimetre uygulanmıştır. Çini bünyeleri ve sır yüzeylerinin incelenmesinde X-ışınları toz difraksiyonu (XRD), mikro yapısal özelliklerin belirlenmesinde taramalı elektron mikroskobu (SEM)/enerji dağılımlı X-ışınları (EDX) spektroskopisi kullanılmıştır.

### 2.3. Amaç ve Kapsam

Yapılan bu tez çalışmasında Tilbaşar Höyük'te yürütülen arkeolojik kazılarda ele geçen Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramikler (numune kodu: THK; 9 adet) ve yine Erken Tunç Çağı yalın basit seramiklerin (numune kodu THY; 15 adet) arkeometrik karakterizasyonunun yapılması planlanmış olup, incelenen seramiklerin hammadde içerikleri ve üretim teknolojilerinin farklı analiz teknikleri kullanılarak belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu tezde gerçekleştirilen arkeometrik çalışmanın amaçları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Kimyasal ve mineralojik olarak seramik örneklerin yapısındaki bileşimlerinin belirlenmesi
- Mikroyapısal olarak seramik bünyelerin incelenmesi.
- Seramiklerin pişirim sıcaklık aralıklarının belirlenmesi.
- Aynı döneme ait diğer ürünler arasında sosyal, kültürel, teknolojik ve ticari ilişkiler bağlamında karşılaştırma yapabilmek için bilgi birikiminin oluşturulması.
- Anadolu'nun diğer çağdaş seramik üretim merkezleri ile Anadolu dışındaki üretim merkezlerindeki ürünler arasında kıyaslama yapabilmek için yeterli bilgi birikimi ve deneyimin sağlanması.
- Seramik kalıntıların ait oldukları döneme ilişkin sosyal, kültürel ve ticaret ilişkilerini anlamak için oluşturulabilecek kaynaklara katkıda bulunulması.

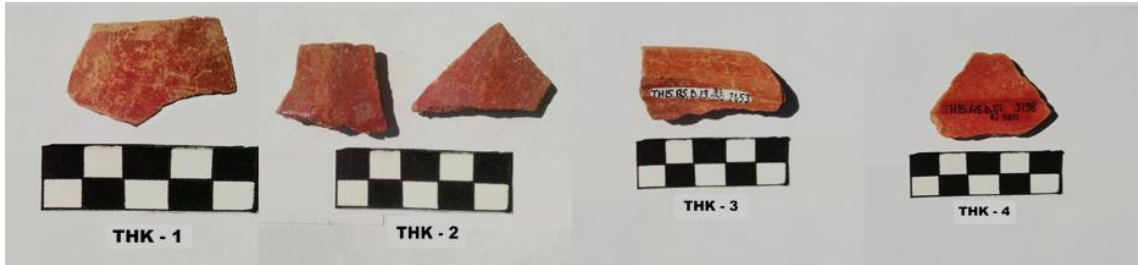
Bu amaçla, seramikler için XRD (X-ışını difraksiyon), ince kesit (optik mikroskop), SEM/EDX (taramalı elektron mikroskobu/enerji saçınımlı X-ışını spektroskopisi), FTIR (Fourier dönüşümlü kızılötesi) spektroskopisi ve TG-DTA (termogravimetri-diferansiyel termal analiz) yöntemleri kullanılmıştır. Höyükte ele geçen seramikler üzerinde yapılan arkeometrik analiz yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ışığında seramiklerin kimyasal ve mineral/faz içerikleri belirlenmiş ve pişirim özellikleri (maksimum sıcaklık aralığı, atmosfer, pişirim tekniği vb.) hakkında öngörülerde bulunulmuştur.

### 3. MALZEME VE YÖNTEM

#### 3.1. Malzeme

##### 3.1.1. Seramik Numunelerin Belirlenmesi ve Belgelenmesi

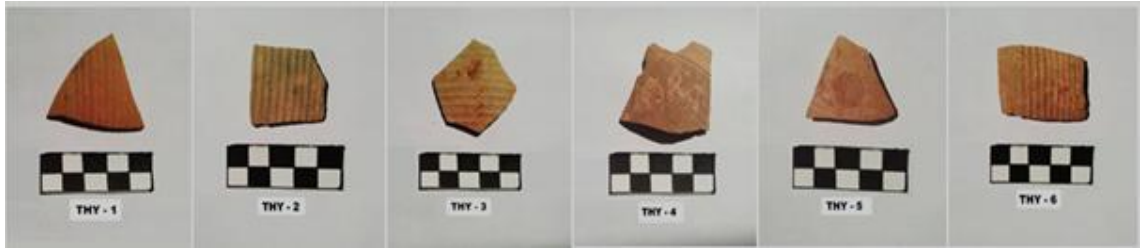
Çalışma kapsamında incelenen örnekler seramik grupları içerisinde belirleyici parametreler (renk, doku, form vb.) kullanılarak kazı danışmanı (Dr. Öğr. Üyesi Elif Genç, Çukurova Üniversitesi) tarafından seçilmiştir. Dolayısıyla çalışılan seramikler ait oldukları grupları temsil edecek nitelikte olmuştur. Seramikler makro tanımlamaların yapılabilmesi amacıyla ölçekli olarak fotoğraflanmıştır. (Şekil 3.1 - 3.5). Seçilen seramik parçalar 1 (bir) gün süreyle saf suda bekletilerek çözünebilir tuzların uzaklaştırılması ve kirliliklerin yumuşaması, böylelikle temiz yüzeyler elde edilmesi sağlanmıştır. Bu işlemlerin ardından seramiklerde bulunan safsızlıklar uzaklaştırılarak analiz sonuçlarının en güvenilir biçimde elde edilmesi hedeflenmiştir. Temizlik işleminin ardından toz numune gerektiren analizler için seramik örnekler porselen havanda öğütülerek belirli bir tane boyutuna ( $\sim < 100 \mu\text{m}$ ) indirgenmiştir. Bulk numune gerektiren analizler için ise seramik buluntulardan temsili parçalar alınmıştır.



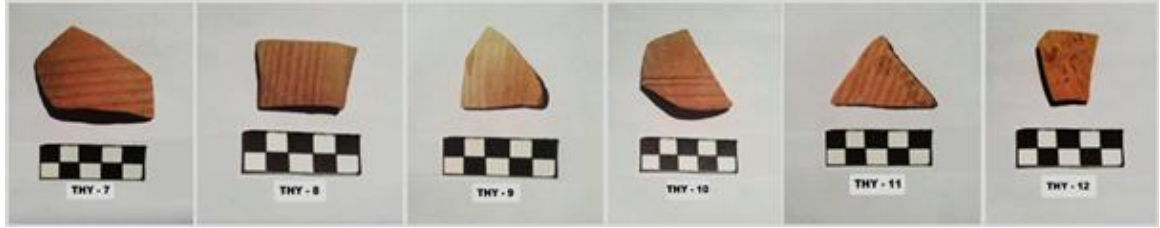
Şekil 3. 1. Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramik örnekleri (THK 1-4)



Şekil 3. 2. Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramik örnekleri (THK 5-9)



Şekil 3. 3. Erken Tunç Çağı yalın basit seramikler (THY 1-6)



Şekil 3. 4. Erken Tunç Çağı yalın basit seramikler (THY 7-12)



Şekil 3. 5. Erken Tunç Çağı yalın seramikler (THY 13-15)

### 3.1.2. Numunelerin Tanımlanması

Temsili seramik numunelerin arkeolojik kodları, numune kodları, temsil edilen parça türleri, kumpas yardımıyla ölçülen numune kalınlıkları ve son olarak hamurdaki tane irilikleri (makro gözlem) Çizelge 3.1’de verilmiştir. Seramiklerin tanımlanmasında önemli bir kriter olan renk değerleri bu bölümde ele alınmıştır. Örnek renkleri ColorQA Pro System III programı ve Commission Internationale de L’Eclairage renk sistemini (L, a ve b) kullanan portatif kolorimetre ile belirlenmiştir. Seramiklere uygulanan renk analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3’te verilmiştir.

**Çizelge 3. 1.** Seramik örneklere ait numune ve arkeolojik kod, parça türü, kalınlık, tane iriliği

Numune Kodu	Arkeolojik Kodu	Temsil Ettiği Parça Türü	Kalınlık (mm) Min.Mak.	Tane İriliği
THK-1	TH15. AŞ. D. 1660 BI-BJ 990	Gövde	0,65-0,80	Orta
THK-2	TH15.AŞ.D. Ø. 29 BI-BJ 990	Gövde	0,60-0,80	İnce
THK-3	TH15.AŞ.D.13 – 2453 990 BI 2453	Ağız Parçası	0,80-1,20	Kalın
THK-4	TH15.AŞ.D. 47 3198 BJ 980	Gövde	0,60-0,70	Orta
THK-5	TH15.AŞ.D. Ø. 28 BI-BJ 990	Gövde	0,45-0,85	Orta
THK-6	TH15.AŞ.D.Ø. 324 BI-BJ 990	Gövde	0,60-1,10	Orta
THK-7	TH15.AŞ.D.12 – 532 BI-BJ 990-980	Gövde	0,60-1,00	Kalın
THK-8	TH15.AŞ.D.12 - 457 BJ 980-990	Gövde	0,80-0,90	Kalın
THK-9	TH15.AŞ.D. 1322 BI-BJ 990	Gövde	0,70-0,80	Orta
THY-1	TH15.AŞ.D. 49 3562 BJ 980	Gövde	0,25-0,40	İnce
THY-2	TH15.AŞ.D. Ø. 75 BI - BJ 990	Gövde	0,30-0,40	İnce
THY-3	TH15.AŞ.D. 49 3384 BJ 980	Gövde	0,25-0,30	İnce
THY-4	TH15.AŞ.D. 20 BJ 990 1213	Gövde	0,25-0,40	İnce
THY-5	TH15.AŞ.D.13 3298 BI 990	Gövde	0,35-0,50	İnce
THY-6	TH15.AŞ.D.12 718 BJ 980-990	Gövde	0,30-0,35	İnce
THY-7	TH15.AŞ.D. 7. 2759 BR 1030	Gövde	0,25-0,30	İnce
THY-8	TH15.AŞ.D. 12 374 BJ- 980-990	Gövde	0,30-0,35	İnce
THY-9	TH15.AŞ.D. 1522 BI-BJ 990	Gövde	0,25-0,50	İnce
THY-10	TH15.AŞ.D. 22 2055 BJ 990	Gövde	0,45-0,50	İnce
THY-11	TH15.AŞ.D.49 3516 BJ 980	Gövde	0,25-0,35	İnce
THY-12	TH15.AŞ.D. 49 3403 BJ 980	Gövde	0,25-0,30	İnce
THY-13	TH15.AŞ.D.46 3517 B5 980	Gövde	0,25-0,35	İnce
THY-14	TH15.AŞ.D. 7 2751 BR 1030	Gövde	0,40-0,60	İnce
THY-15	TH15.AŞ.D. 1323 BI-BJ 990	Gövde	0,30-0,45	İnce

**Çizelge 3. 2.** Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramiklerin renk analiz verileri

Örnek Kodu	<sup>1</sup> L	<sup>2</sup> a	<sup>3</sup> b	Renk
THK-1	28,0592	11,3287	19,8870	kahverengi
THK-2	26,6173	10,9269	20,4610	kahverengi
THK-3	24,1674	7,0646	16,4336	kahverengi
THK-4	23,8736	12,6943	15,5816	kahverengi
THK-5	25,2161	7,6973	15,2921	kahverengi
THK-6	22,6333	16,0536	15,9884	kahverengi
THK-7	23,5318	9,7932	16,9671	kahverengi
THK-8	20,0155	16,4630	16,4486	kahverengi
THK-9	26,5587	9,2195	17,8061	kahverengi
<i>Ortalama</i>	<i>24,5192</i>	<i>11,2490</i>	<i>17,2072</i>	

<sup>1</sup>Beyaz/siyah (L: 0/100), <sup>2</sup>yeşil (a: 0/-60), <sup>2</sup>kırmızı (a: 0/+60), <sup>3</sup>mavi (b: 0/-60), <sup>3</sup>sarı (b: 0/+60).

**Çizelge 3. 3.** Erken Tunç Çağı yalın basit seramik grubuna ait renk analiz verileri

Örnek Kodu	<sup>1</sup> L	<sup>2</sup> a	<sup>3</sup> b	Renk
THY-1	32,0706	6,7334	16,4008	kahverengi
THY-2	27,1854	4,7997	15,3208	kahverengi
THY-3	28,5398	6,6591	15,9597	kahverengi
THY-4	28,0879	6,5772	16,6108	kahverengi
THY-5	28,4841	6,3082	17,7714	kahverengi
THY-6	29,2623	4,3058	14,3366	kahverengi
THY-7	33,2388	7,8304	18,0410	kahverengi
THY-8	29,2111	4,2504	12,3403	kahverengi
THY-9	31,4880	6,0535	17,4564	kahverengi
THY-10	26,6416	9,4067	19,8116	kahverengi
THY-11	29,2628	5,9880	16,2954	kahverengi
THY-12	29,7587	6,0802	18,2307	kahverengi
THY-13	29,9107	10,0068	19,8155	kahverengi
THY-14	40,2798	6,9016	21,5363	kahverengi
THY-15	36,2505	7,8099	19,0870	kahverengi
<i>Ortalama</i>	<i>30,6448</i>	<i>6,6473</i>	<i>17,2676</i>	

<sup>1</sup>Beyaz/siyah (L: 0/100), <sup>2</sup>yeşil (a: 0/-60), <sup>2</sup>kırmızı (a: 0/+60), <sup>3</sup>mavi (b: 0/-60), <sup>3</sup>sarı (b: 0/+60).

## **3.2. Yöntem**

### **3.2.1. Mineralojik karakterizasyon (XRD)**

Bu aşamada tahribatlı bir yöntem olan XRD metodu ile seramiklerdeki mineral ve oluşan yeni fazlar (mevcut ise) belirlenmiştir. Bu analizde elde edilen sonuçlar ışığında seramiklerin pişirim sıcaklık aralıkları belirlenmiştir. Seramiklerin pişirim sıcaklık aralıklarının belirlenmesi üretim teknolojisinin geldiği seviyeyi göstermesi bakımından (özellikle arkeolojik açıdan) önem arz etmektedir. Çalışmada Panalytical marka ve Empyrean model XRD cihazı (Cu-K $\alpha$ ) kullanılmıştır. Goniometri hızı 2°/dk ve tarama aralığı 5–70° 2 $\theta$  olacak şekilde analiz gerçekleştirilmiştir.

### **3.2.2. Petrografik karakterizasyon (Optik Mikroskop)**

İnce kesit analizi ile seramik malzeme içindeki agrega, porozite (gözenek), mineral kayaç türü, temper malzeme (mevcut ise) içeriği belirlenmiştir. Petrografik analiz mikroskopik bir yöntem olduğu için malzemenin hamur yapısı da görüntülenmiştir (tane boyut, şekil ve dağılımı). Ayrıca görüntülerin renkli olmasından faydalanarak pişirme atmosferi hakkında öngörülerde bulunulmuştur. Yapılan çalışmada alt ve üstten aydınlatmalı olarak çalışan LEICA Research Polarizan marka ve DMLP model optik mikroskop kullanılmıştır. Örneklerdeki mineral, kayaç gibi içeriklerin belirlenmesinde Point Counting metodu kullanılmıştır. Analizler süresince buluntular üzerinden (x25 büyütme) tek ve çift nikole sahip Leica DFC280 marka dijital kamera ile görüntü alınmış ve yorumlamalar Leica Qwin digital görüntüleme ile yapılmıştır.

### **3.2.3. FTIR (Fourier Dönüümlü Kızılötesi) Spektroskopisi**

Çalışmada Perkin Elmer marka ve Spectrum 100 model FTIR cihazı kullanılmıştır. Analizler 400-2000 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma aralığı parmak izi bölgesi olarak değerlendirilmekte ve bu aralıkta seramik hammaddeleri belirlenebilmektedir.

### **3.2.4. SEM/EDX (Taramalı Elektron Mikroskobu/Enerji Saçınımlı X-ışını Spektroskopisi)**

Pişmiş toprak malzeme olan kil esaslı seramiklerde sıcaklığın yükselmesiyle bazı fiziksel ve kimyasal değişimler görülmektedir. Optik mikroskopların vitrifikasyon ve sinterleme olaylarını incelemeye sınırlı imkânlar sunması nedeniyle mikro yapısal ve mikro kimyasal özellikler SEM-EDX tekniğiyle incelenmiştir. Bu amaçla Carl Zeiss marka, Supra 40VP model SEM/EDX cihazı kullanılmıştır. Analizlerden önce seramik buluntular Qorum marka, Q150R ES model kaplama cihazında platinyum ile kaplanmış ve iletken hale gelmeleri sağlanmıştır (görüntü alabilmek için). Numunelerin kimyasal kompozisyonları farklı ölçeklerde alınan EDX spektrumları ile belirlenmiştir. EDX sonuçları element ve bu elementlerden oluşan oksit formları şeklinde ele alınmıştır.

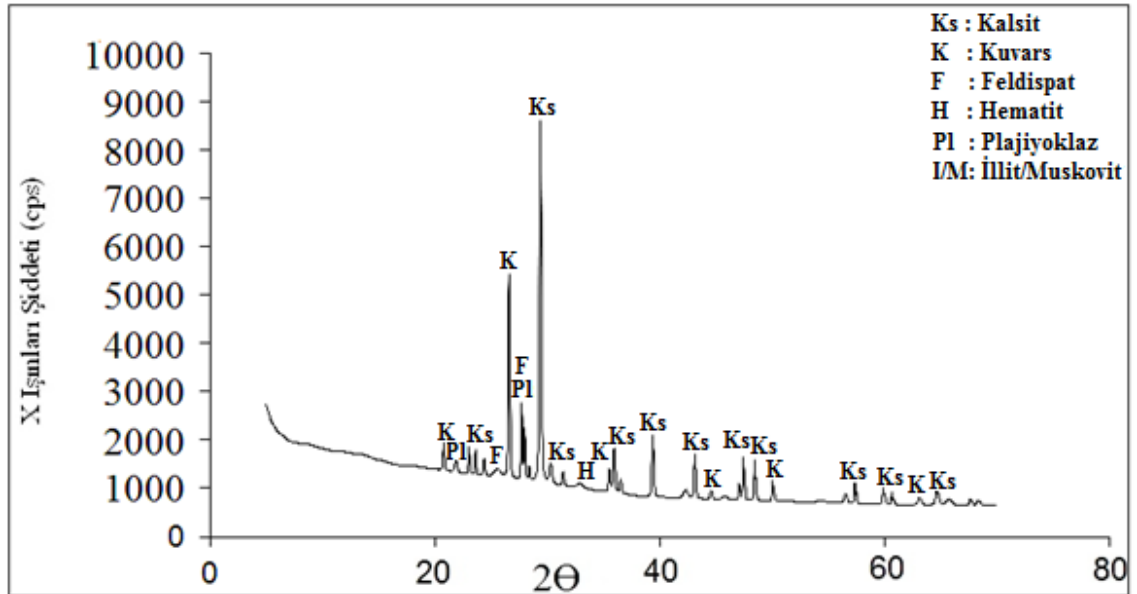
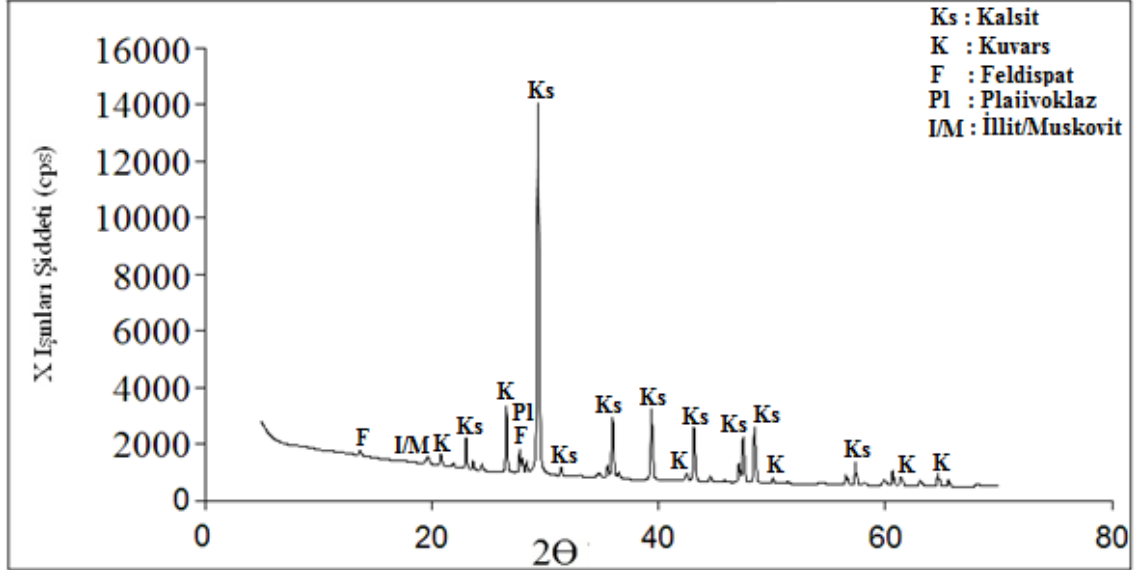
### **3.2.5. TG-DTA (Termogravimetri Diferansiyel Termal Analiz)**

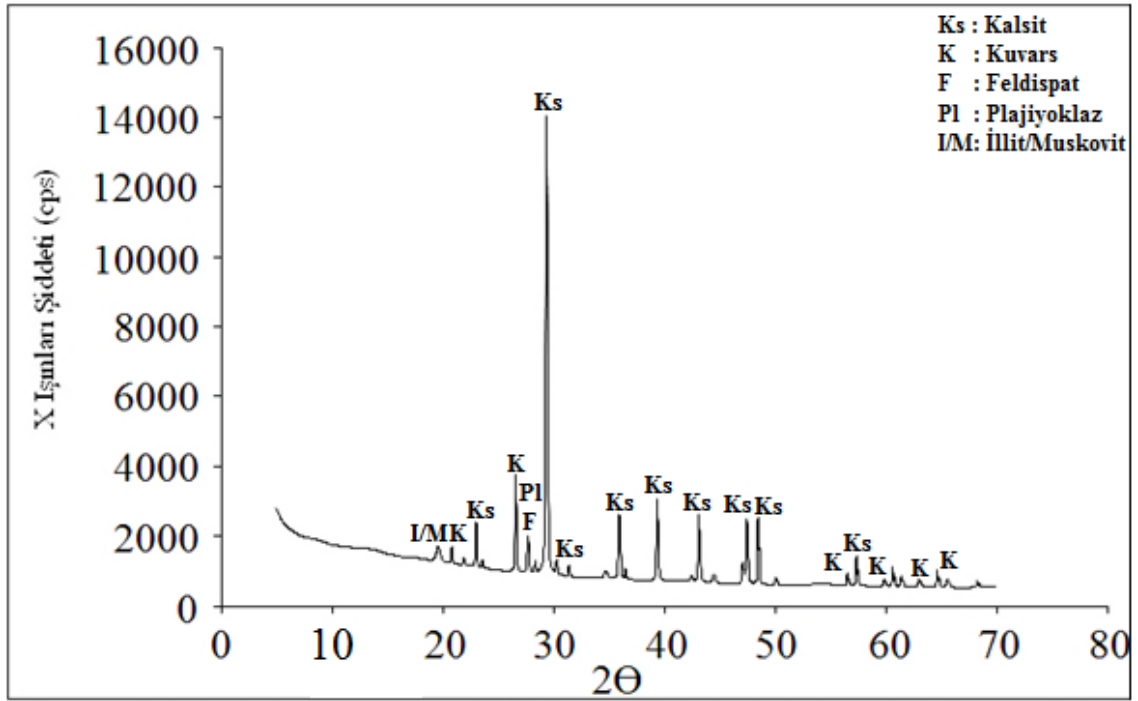
Bu yöntem ile seramiklerdeki endotermik (ısı alan), ekzotermik (ısı veren) etkiler ve buna bağlı olarak gözlemlenen ağırlık kaybı değerleri sayesinde fiziksel ve kimyasal su içeriği, organik madde, karbonatlı malzeme varlığı ve yüksek sıcaklık faz dönüşümü olup olmadığının tespiti yapılmıştır. Çalışmada SHIMADZU marka DTG-60H model TG-DTA cihazı kullanılmıştır. Analiz süresince platin kapsülde N<sub>2</sub> (g) atmosferinde 20 ml/dk akış ve 20°C/dk ısıtma hızıyla oda sıcaklığından 1000°C'ye kadar çalışılmıştır.

## 4. BULGULAR

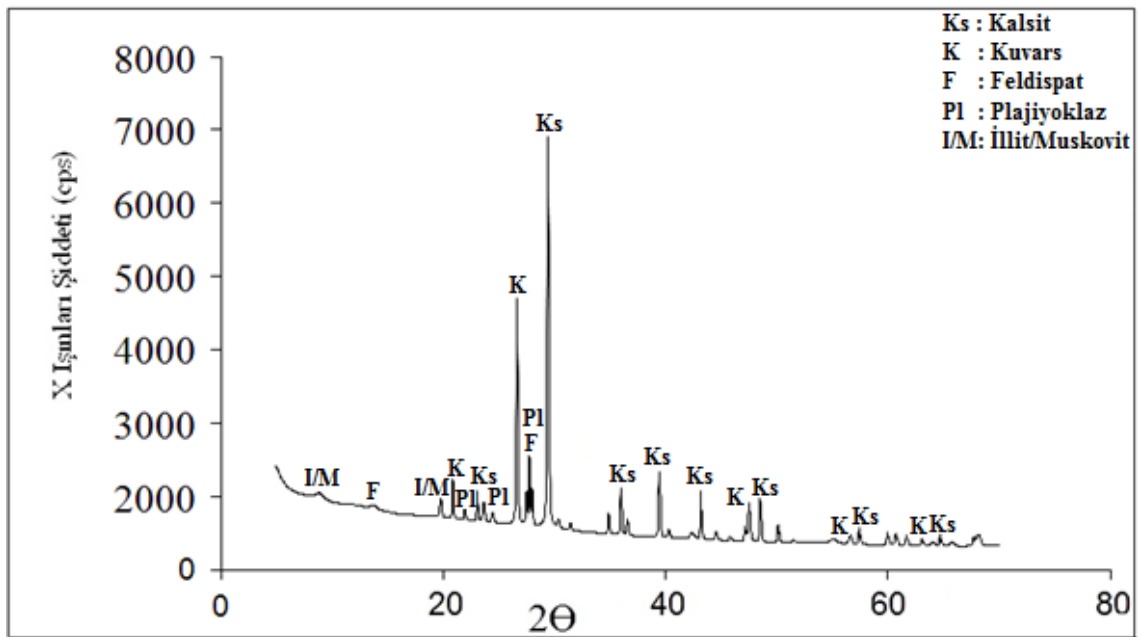
### 4.1. XRD Analiz Sonuçları

Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramik buluntulara ait XRD paternleri sırasıyla Şekil 4.1-4.9'da verilmiştir.

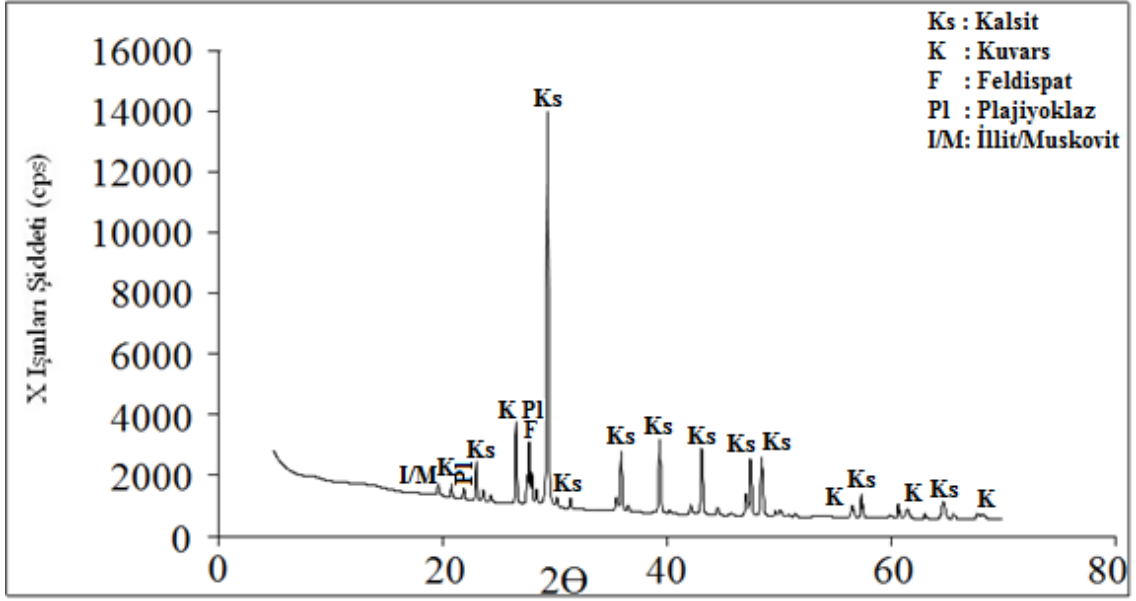




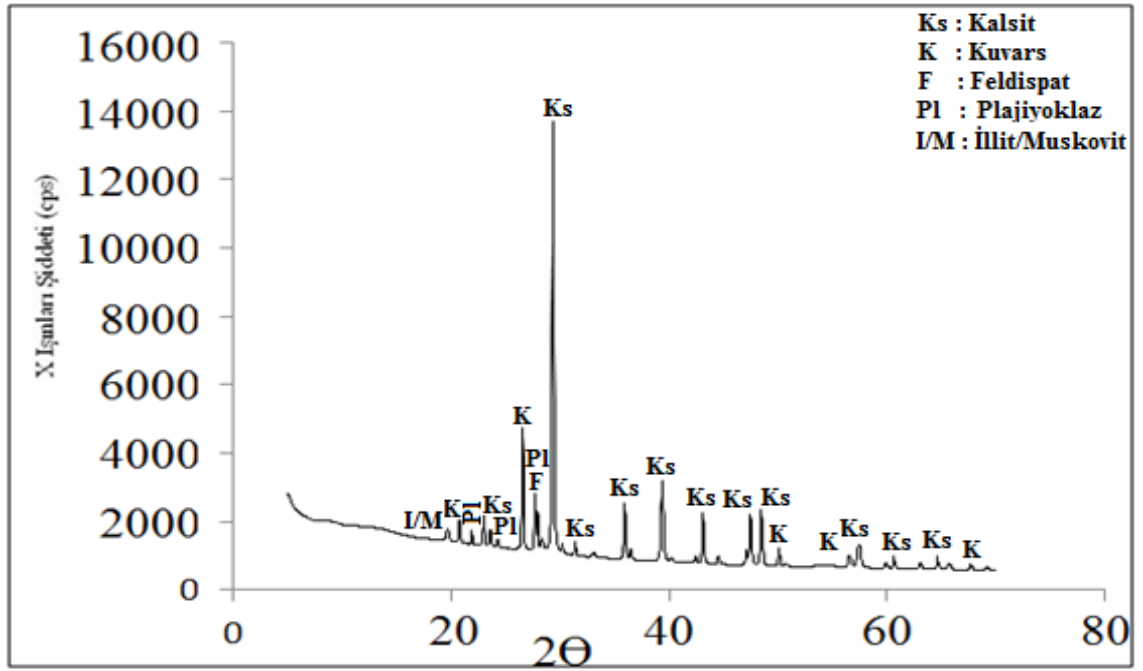
Şekil 4. 3. THK-3 kodlu örneğe ait XRD paterni



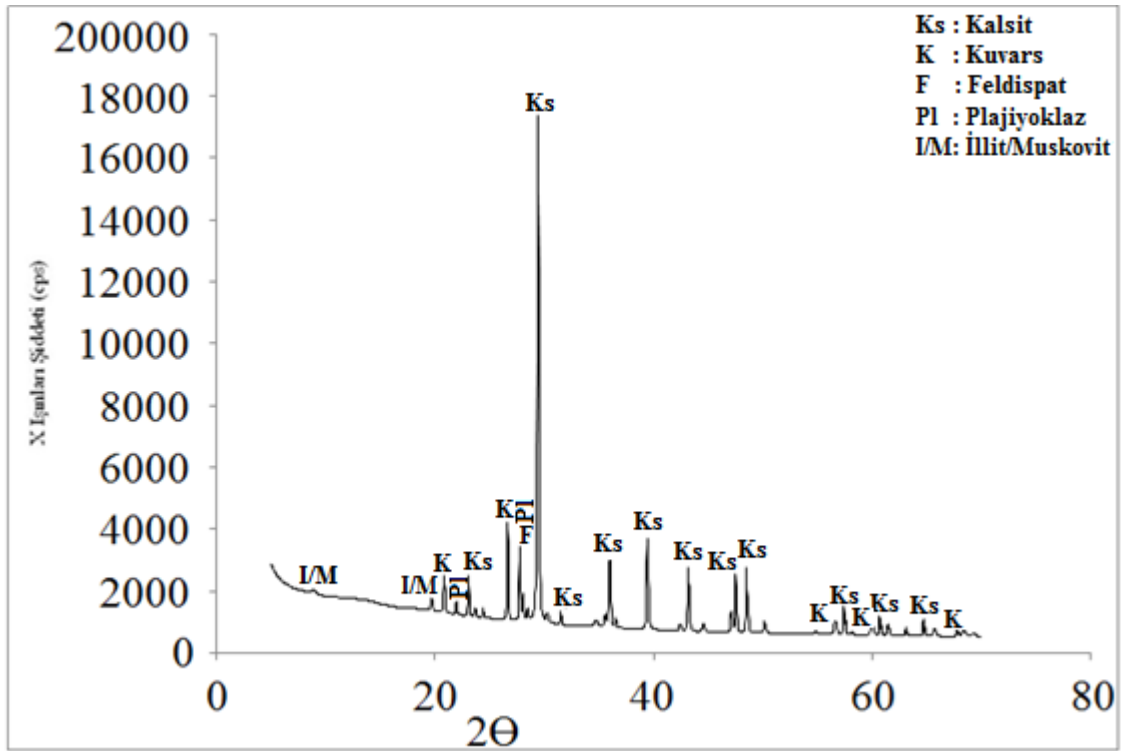
Şekil 4. 4. THK-4 kodlu örneğe ait XRD paterni



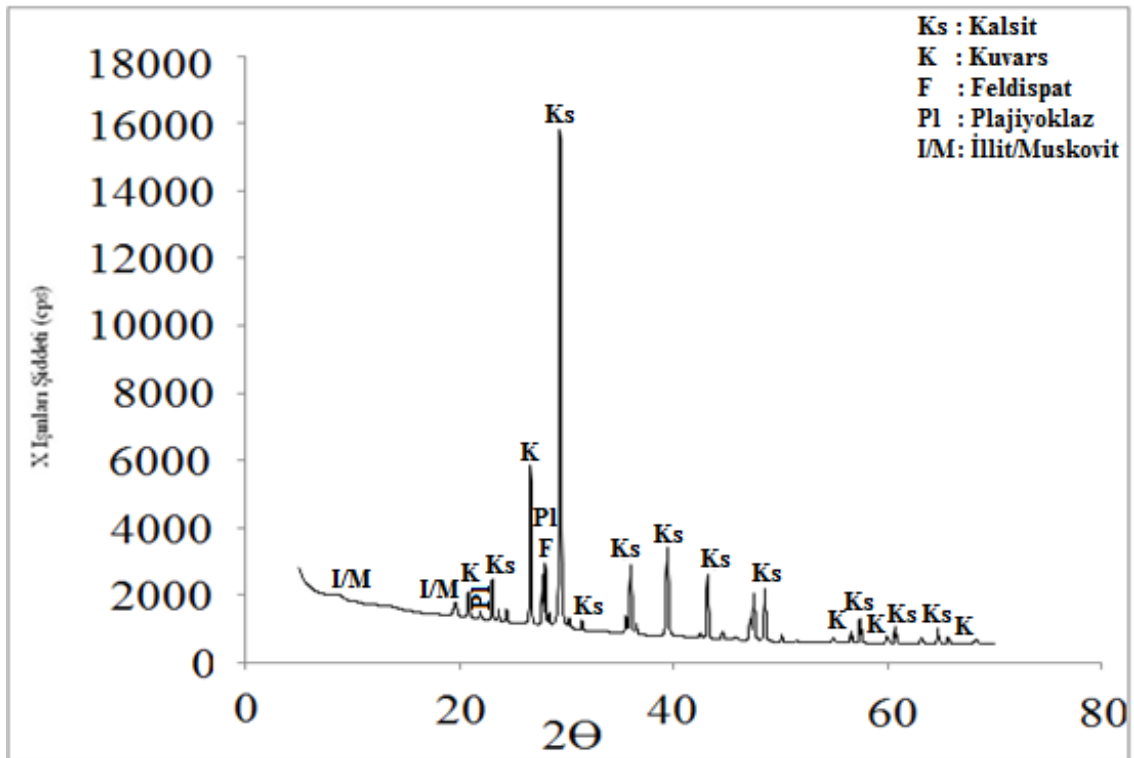
Şekil 4. 5. THK-5 kodlu örneğe ait XRD paterni



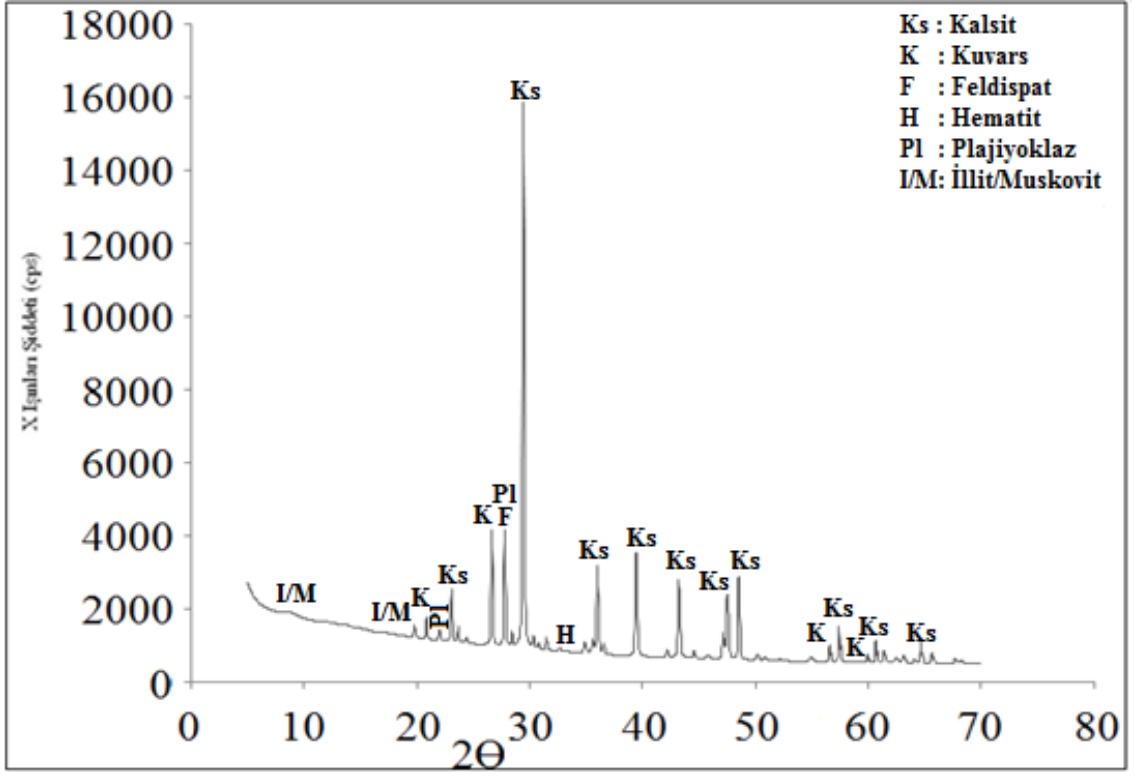
Şekil 4. 6. THK-6 kodlu örneğe ait XRD paterni



Şekil 4. 7. THK-7 kodlu örneğe ait XRD paterni

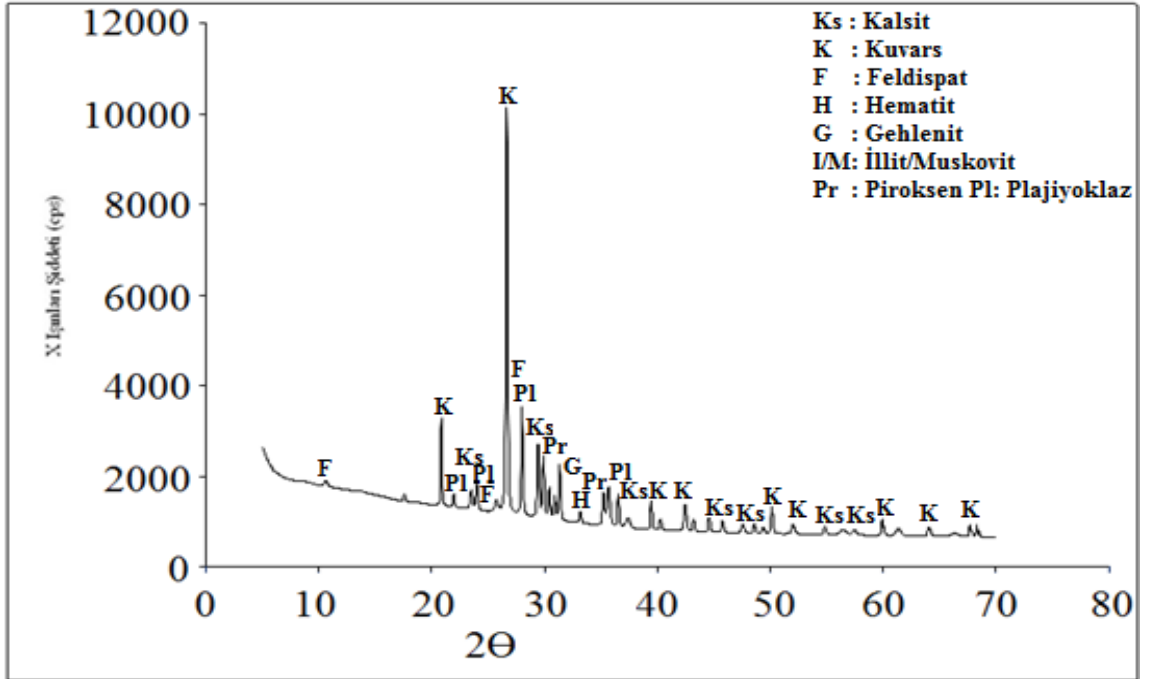


Şekil 4. 8. THK-8 kodlu örneğe ait XRD paterni

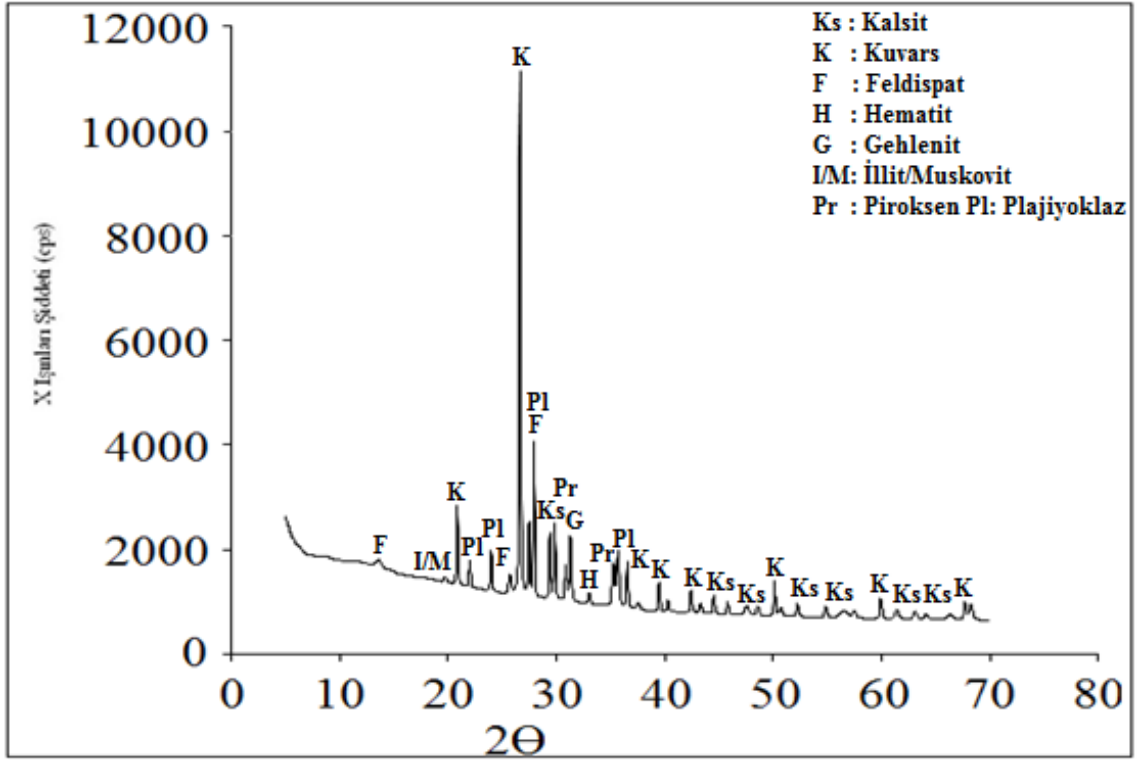


Şekil 4. 9. THK-9 kodlu örneğe ait XRD paterni

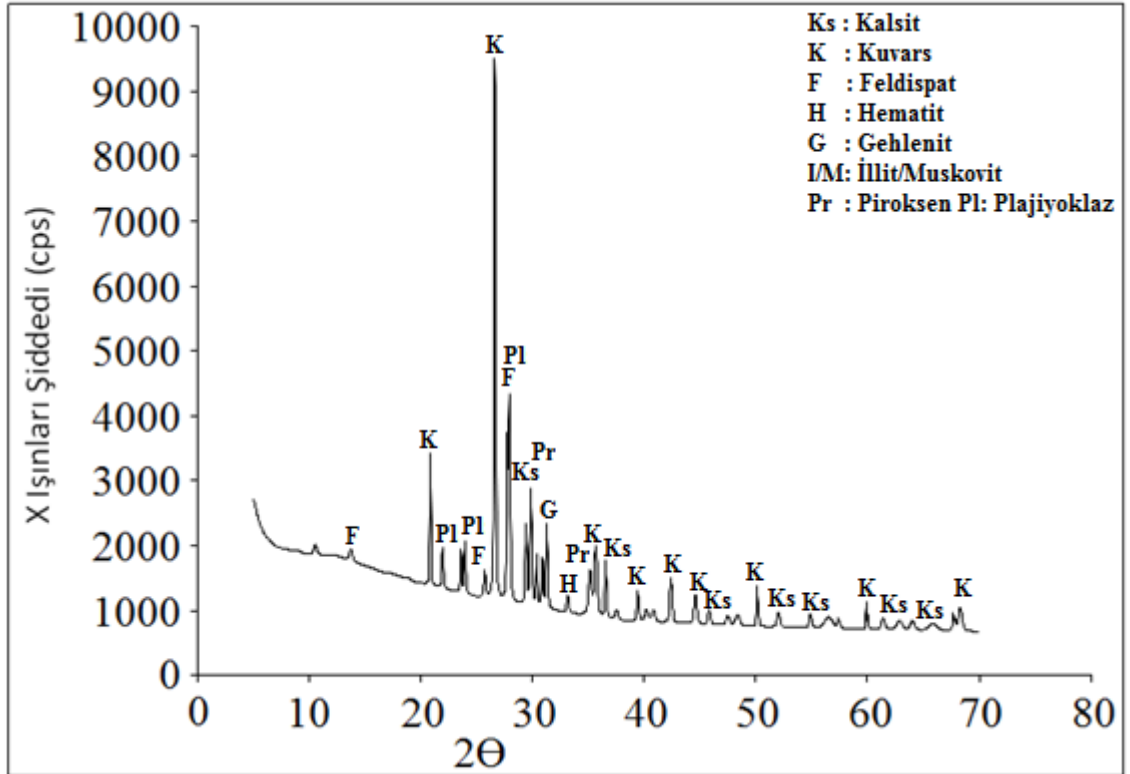
Erken Tunç Çağı yalın basit seramiklere ait ince kesit görüntüleri sırasıyla Şekil 4.10.-4.24'te verilmiştir.



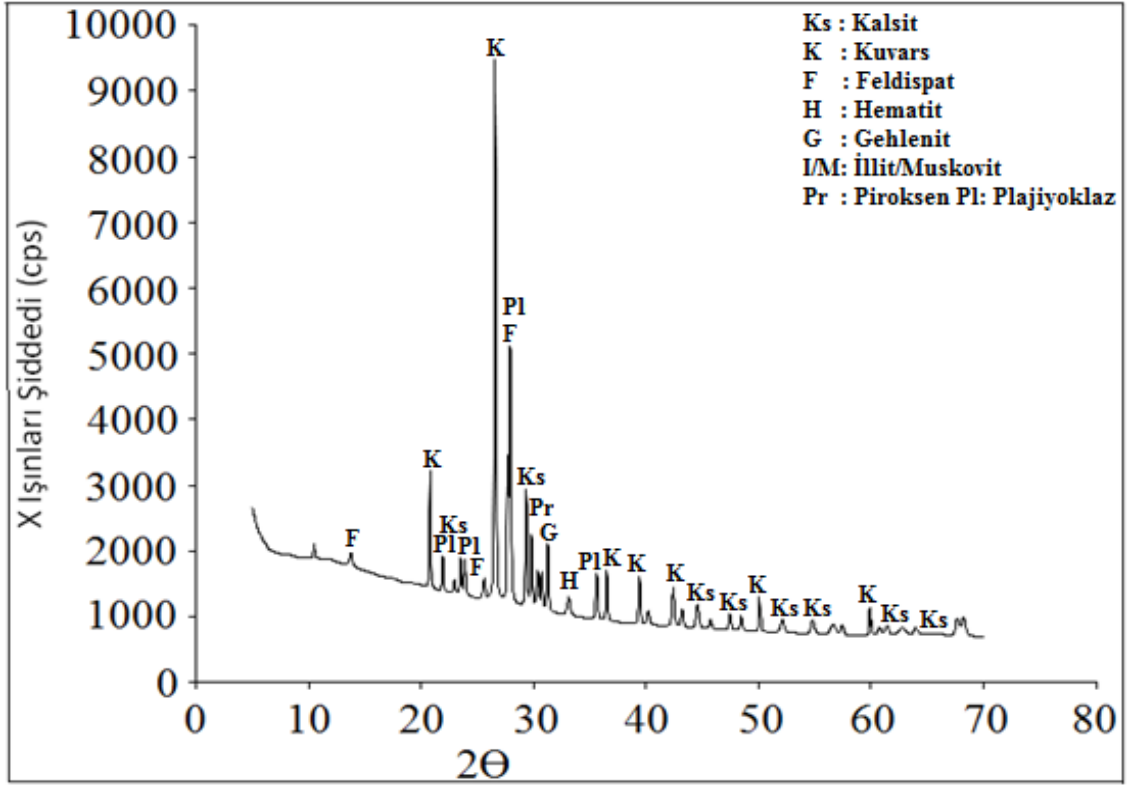
Şekil 4. 10. THY-1 kodlu örneğe ait XRD paterni



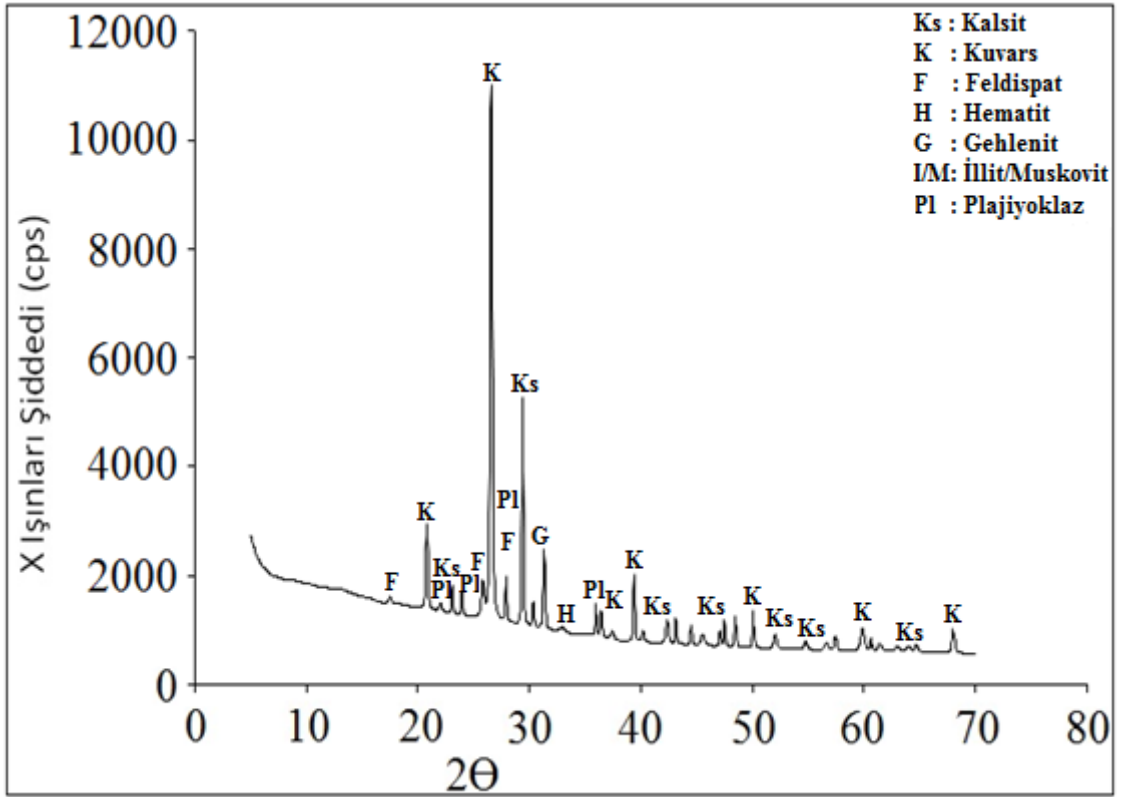
Şekil 4. 11. THY-2 kodlu örneğe ait XRD paterni



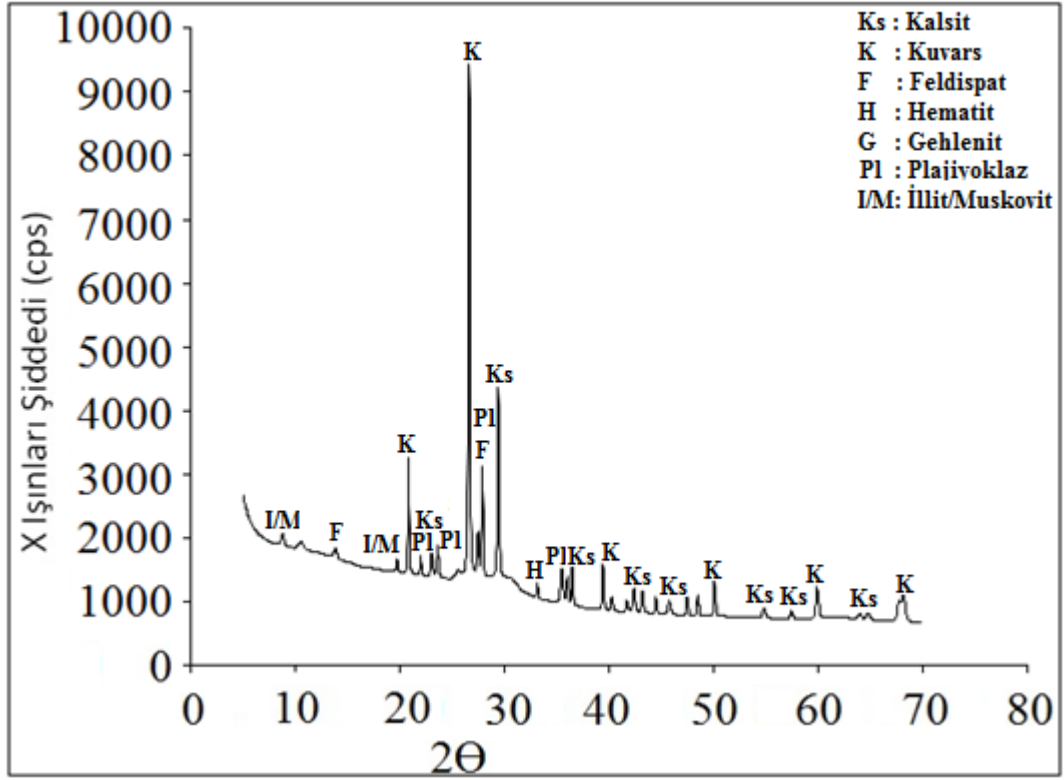
Şekil 4. 12. THY-3 kodlu örneğe ait XRD paterni



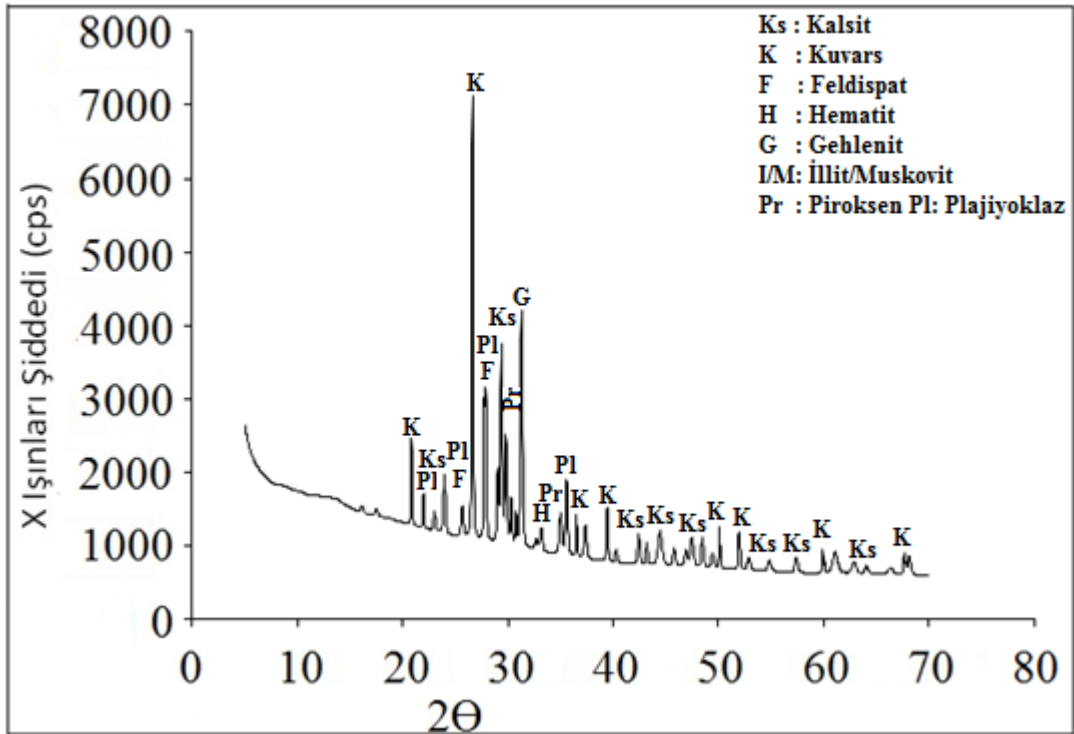
Şekil 4. 13. THY-4 kodlu örneğe ait XRD paterni



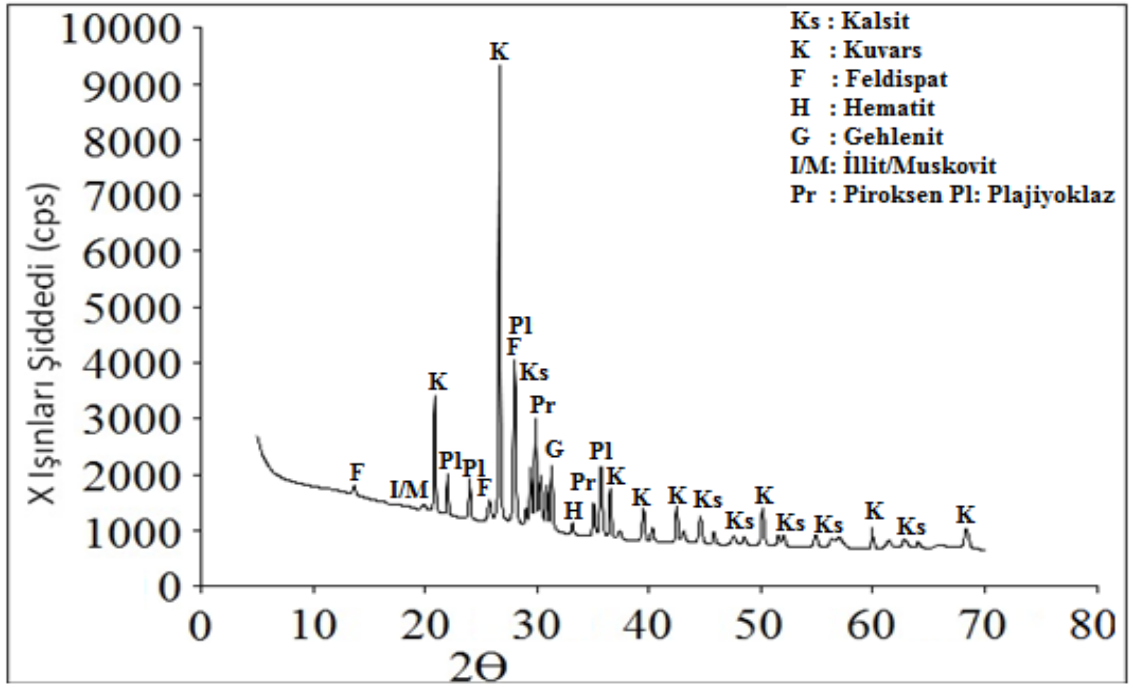
Şekil 4. 14. THY-5 kodlu örneğe ait XRD paterni



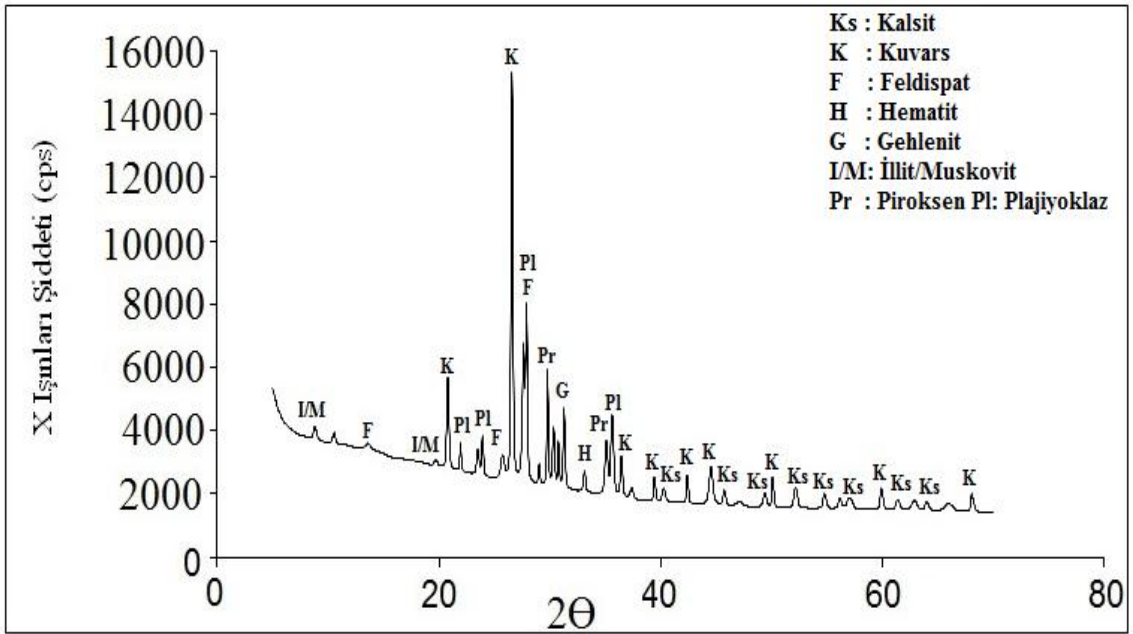
Şekil 4. 15. THY-6 kodlu örneğe ait XRD paterni



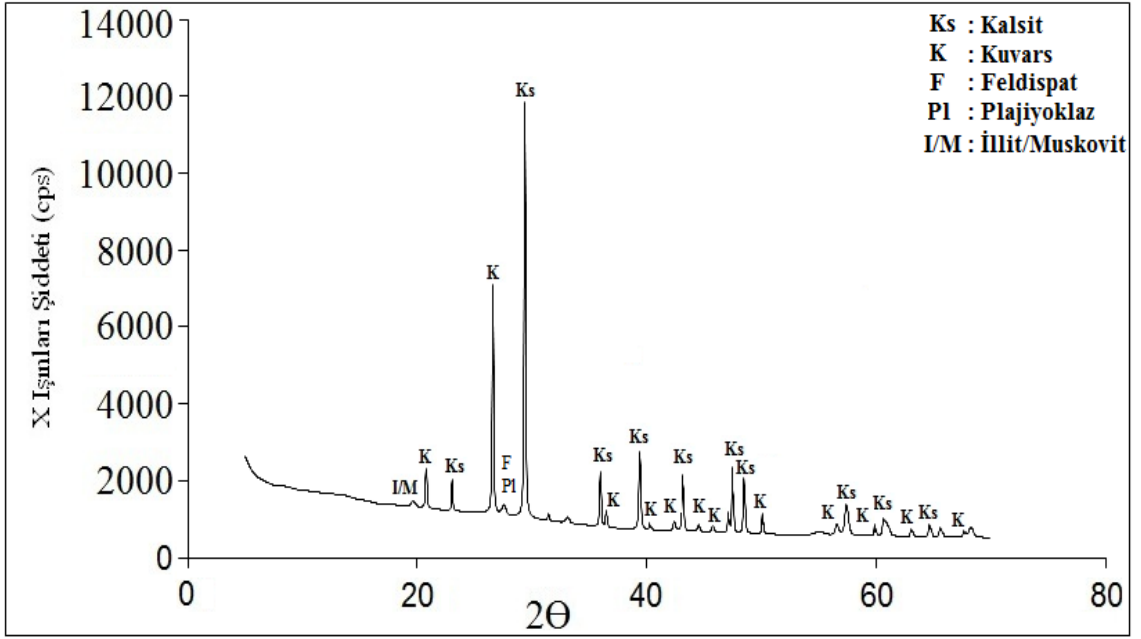
Şekil 4. 16. THY-7 kodlu örneğe ait XRD paterni



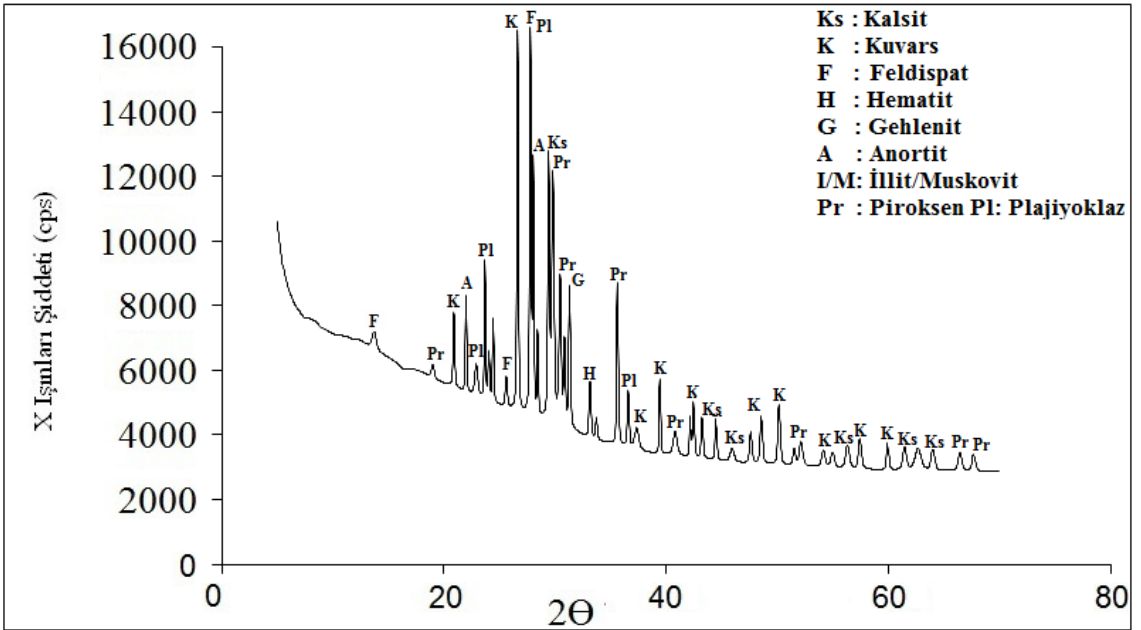
Şekil 4. 17. THY-8 kodlu örneğe ait XRD paterni



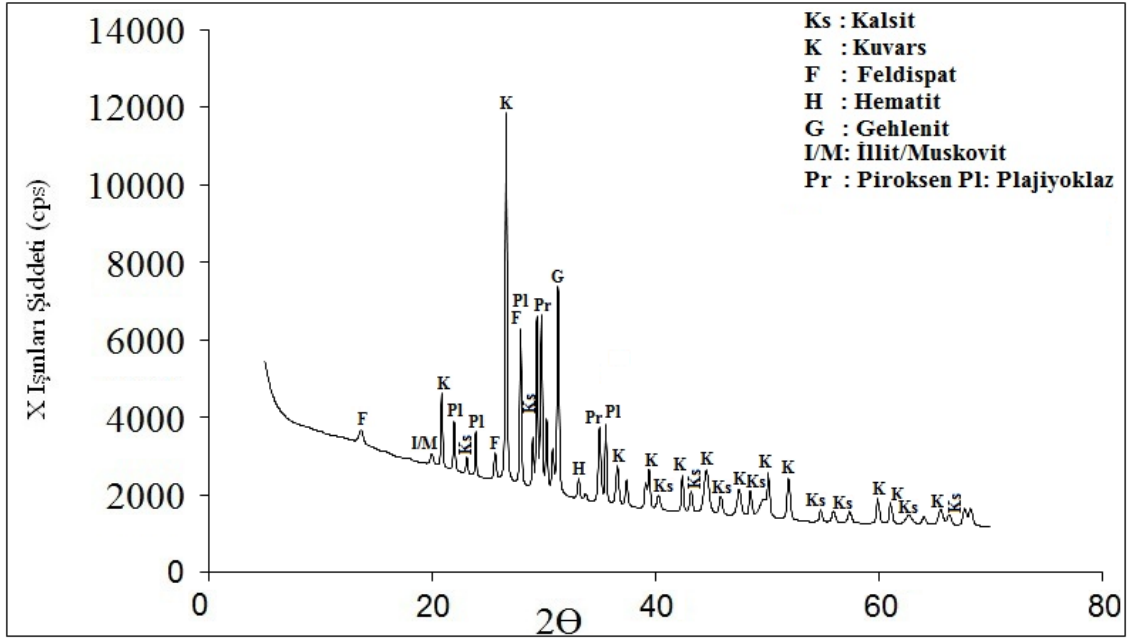
Şekil 4. 18. THY-9 kodlu örneğe ait XRD paterni



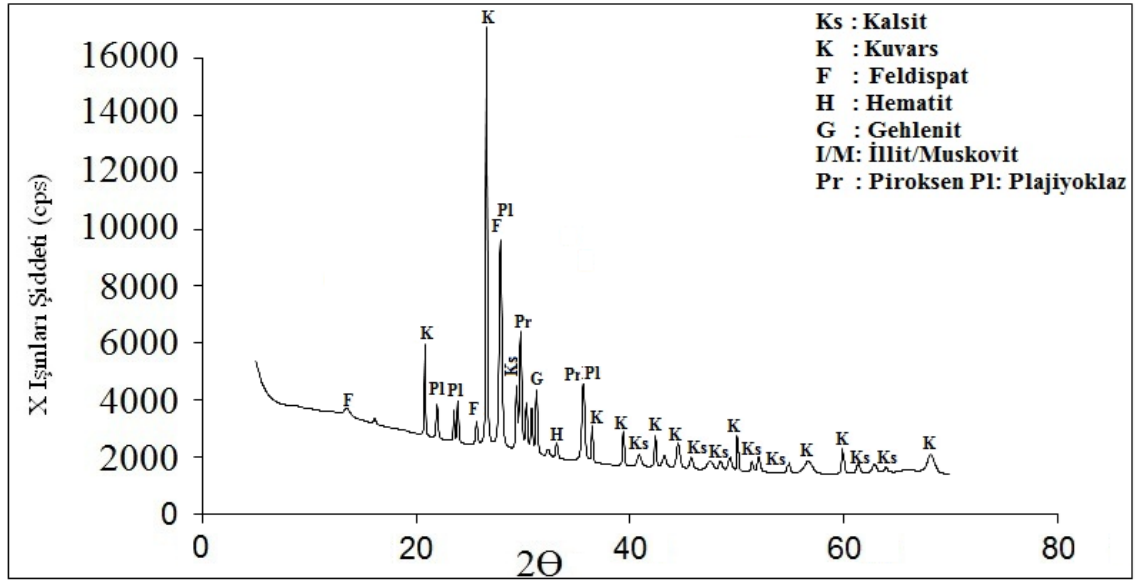
Şekil 4. 19. THY-10 kodlu örneğe ait XRD paterni



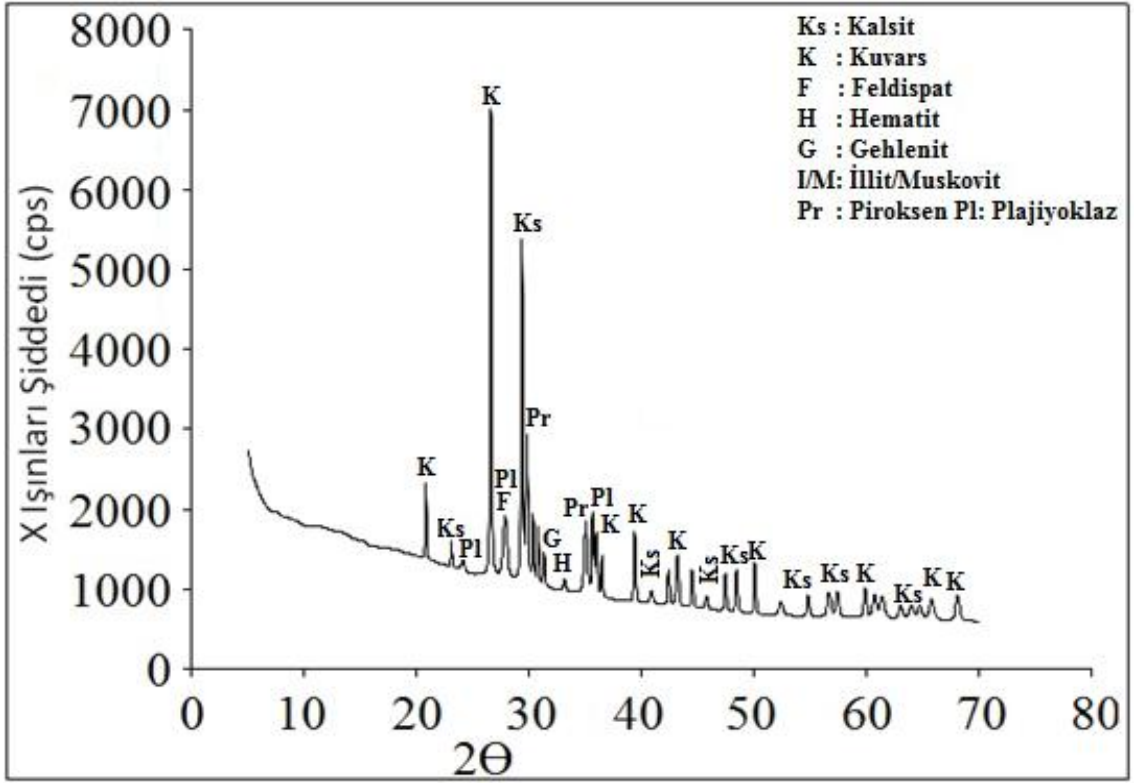
Şekil 4. 20. THY-11 kodlu örneğe ait XRD paterni



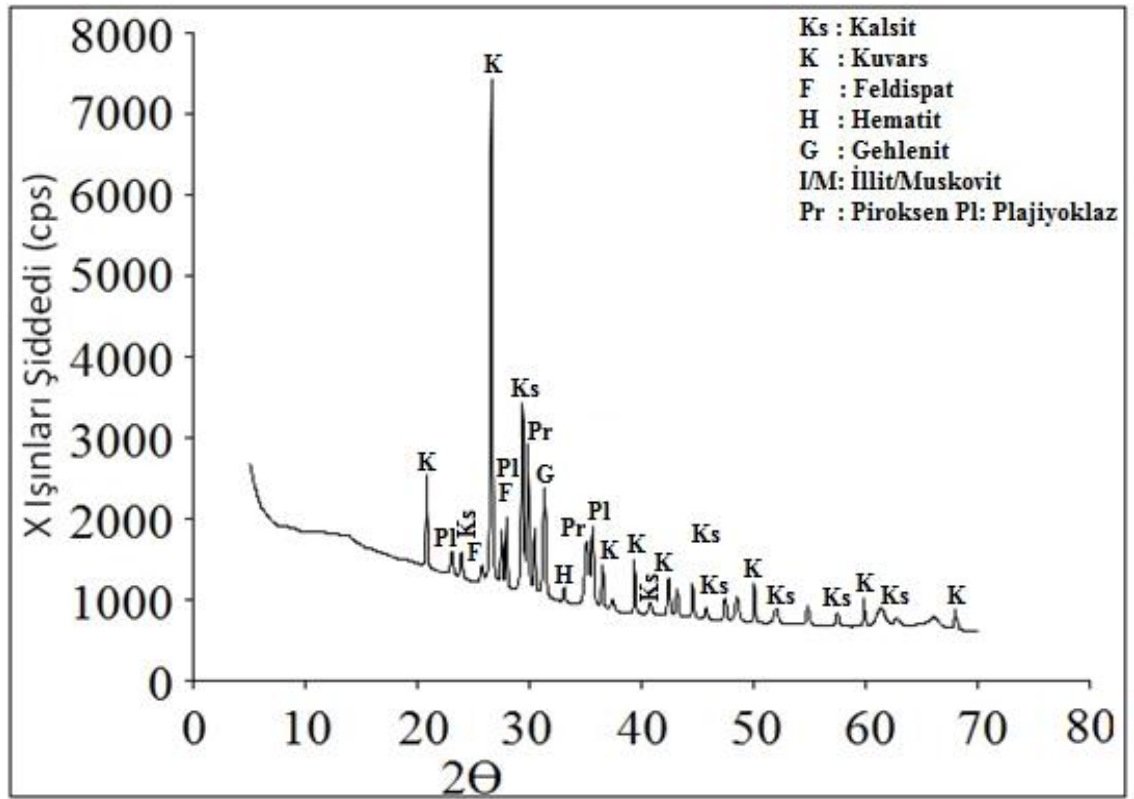
Şekil 4. 21. THY-12 kodlu örneğe ait XRD paterni



Şekil 4. 22. THY-13 kodlu örneğe ait XRD paterni



Şekil 4. 23. THY-14 kodlu örneğe ait XRD paterni



Şekil 4. 24. THY-15 kodlu örneğe ait XRD paterni

Çalışma kapsamında XRD analizi ile incelenen kırmızı astarlı ve yalın basit seramiklerde genel olarak belirlenen mineraller kuvars, kalsit, feldspat/plajiyoklaz ve kil mineralleri olmuştur. Bu minerallerin yanı sıra kırmızı astarlı gruba ait seramiklerde yüksek sıcaklık fazlarına (piroksen, gehlenit vb.) rastlanmazken yalın basit gruba ait değişik seramiklerde yüksek sıcaklık fazları belirlenmiştir. Buna bağlı olarak kırmızı astarlı gruba ait seramiklerin yalın basit seramiklere kıyasla daha düşük sıcaklıklarda pişirildikleri öngörülmüştür. Kalsitin majör faz olarak belirlendiği kırmızı astarlı seramiklerde bu mineralin bozunum sıcaklığı dikkate alındığında örneklerin 700-800°C aralığında bir pişirim sıcaklık değerine sahip oldukları saptanmıştır (Broekmans ve ark., 2004; Shoval, 2003). Yalın basit gruba ait seramiklerin XRD sonuçları incelendiğinde bu seramiklerin çoğunda piroksen ve gehlenit gibi yüksek sıcaklık fazlarının yer aldığı, bazı seramiklerde bu duruma bağlı olarak kalsitin ikincil olabileceği ve pişirim sıcaklık değerlerinin birincil kalsit içeren seramiklere göre daha yüksek olabileceği kanısına varılmıştır (Fabbri ve ark., 2014; Shoval ve ark., 1993). Dolayısıyla yalın basit seramiklerin genel olarak 800-900°C civarında pişirildikleri ön görülmektedir. Yalın basit seramik grubundan olan THY-11 kodlu örneğin tüm numune seti içerisinde en yüksek pişirim sıcaklığına sahip olduğu (900-950°C) görülmüştür.

Yalın basit seramiklerin XRD spektrumlarına göz atıldığında bazı seramiklerde yüksek sıcaklık fazlarına ait piklerin şiddet olarak nispeten düşük olduğu görülmüş ve bu durum seramik içerisindeki kalsitin tamamen bozunmadığına veya pişirim koşullarının yüksek sıcaklık fazlarının oluşumuna olanak sağlayacak nitelikte olmadığına işaret etmiştir (Cultrone ve ark., 2001). Buna ek olarak gömü koşulları neticesinde seramik bünye içerisinde ikincil kalsitin oluşabileceği de unutulmamalıdır.

XRD spektrumlarında kil mineralleri belirlenen örneklerin 900°C'yi geçmeyen sıcaklıklarda pişirildikleri öngörülmektedir (kil minerallerinde genel olarak 700°C civarında OH<sup>-</sup> grubu uzaklaşmakta ve tam bozunum 900°C civarında olmaktadır). (Cultrone ve ark., 2001). İki gruba değişik seramiklerde saptanan hematit pikleri bu örneklerin yükseltgen ortama maruz kaldıklarına (İssi, 2012) ve pişirim esnasında ortamda oksijen difüzyonunun gerçekleştiğine işaret etmiştir. Bu durum pişirim teknolojisinin belirlenmesi açısından önem arz etmektedir. Çalışmada yer alan diğer analiz teknikleriyle demir mineralinin indirgen veya yükseltgen ortama maruz kalıp kalmadığı hakkında yorum yapılabilecektir. İki grup için genel bir karşılaştırma yapıldığında (XRD sonuçları ışığında) seramiklerin üretiminde kalkerli kil kaynaklarının kullanıldığı ancak kırmızı astarlı gruba ait seramiklerin yalın basit

seramiklere kıyasla daha düşük sıcaklıklarda pişirildikleri ve buna bağlı olarak üretim teknolojilerinin de farklı olduğu öngörülmektedir.

#### 4.2. Petrografi (Optik Mikroskop) Analiz Sonuçları

Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramik buluntulara ait petrografik analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Buna göre seramiklerin genel olarak benzer içerikli olduğu saptanmış, ancak agrega boyutlarına göre örnekler iki gruba ayrılmıştır (ikinci grubu yalnızca bir numune oluşturmuştur; THK-3). Örneklerin genel olarak iri boyutlu agregalar içerdiği ve minerallerin bazalt kayalık kökenli olduğu görülmüştür. Seramiklerin tümünde kuvars, piroksen ve opak mineraller olduğu görülmüş olup çoğu numunede olivin ve bir örnekte de plajiyoklas tespit edilmiştir. Ayrıca yapısal boşluklarda tekrar kristalleşmiş kalsit izine rastlanmıştır. Seramiklerde porozite ve matris toplam agrega oranlarının sırasıyla hacimce % 5-10 ve % 16-17 aralığında olduğu görülmüştür.

**Çizelge 4. 1.** Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramik örneklerin petrografik özellikleri

Seramik Örnekler	P (%)	MTA (%)	Kayaç ve Mineraller*	Açıklamalar
Grup-1	5	16	Q,Py,B,Ol,Op (Yapısal boşluklarda Qr)	İri boyutta agregalı yapı bazalt kayalık kökenli agregalar içeriyor.
Grup-2	10	17	Q,Pl,Py,B,Op (Yapısal boşluklarda Qr)	Orta boyutta agregalı yapı bazalt kayalık kökenli agregalar içeriyor.

İnce / Orta / İri Boyutlu Agregalar (mm) : <0,5 / 0,5-1,0 / >1,0

P: Porozite, MTA: Matris Toplam Agregalar Oranı

Grup-1 : THK-1, THK-2, THK-4, THK-5, THK-6, THK-7, THK-8, THK-9

Grup-2 : THK-3

(\*) B: Bazalt. Ol: Olivin, Op: Opak Mineraller, Pl: Plajiyoklas, Py: Piroksen, Q: Kuvars, Qr: Rekrystalize Kalsit.

Erken Tunç Çağı yalın basit seramiklere ait petrografik analiz sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Buna göre seramikler 5 gruba ayrılmıştır. Örneklerin ince, iri ve/veya orta boyutlu agregalar içerdiği ve minerallerin andezit kayaç ve killi kireç taşı kökenli olduğu görülmüştür. Örneklerin tümünde kuvars, plajiyoklaz ve çört tespit edilirken, değişik numunelerde biyotit, piroksen, kalsit, kireçtaşı, muskovit ve opak minerallere rastlanmıştır. Seramiklerde porozite ve matris toplam agrega oranları sırasıyla hacimce % 1-7 ve % 24-35 aralığında tespit edilmiştir.

**Çizelge 4. 2.** Erken Tunç Çağı yalın basit seramik örneklerin petrografik özellikleri

Seramik Örnekler	P (%)	MTA (%)	Kayaç ve Mineraller*	Açıklamalar
Grup-1	7	30	Q,K,C,Pl,Ç,By,Py	Orta boyutta agregalı yapı andezit kayaç kökenli agregalar içeriyor.
Grup-2	5	35	Q,Pl,Ç,By,Py	İri boyutta agregalı yapı andezit kayaç kökenli agregalar içeriyor.
Grup-3	3	32	Q,K,C,Pl,Ç,By	İnce boyutta agregalı yapı killi kireçtaşı kayaç kökenli agregalar içeriyor.
Grup-4	3	25	Q,Pl,Ç,By,A,Ms	Orta boyutta agregalı yapı andezit kayaç kökenli agregalar içeriyor.
Grup-5	1	24	Q,C,Pl,Ç,Op	Orta boyutta agregalı yapı killi kireçtaşı kayaç kökenli agregalar içeriyor.

İnce / Orta / İri Boyutlu Agrega (mm) :<0,5 / 0,5-1,0 / >1,0

P: Porozite, MTA: Matriks Toplam Agrega Oranı

Grup-1 : THY-1, THY-2, THY-3

Grup-2 : THY-4, THY-5, THY-6, THY-7

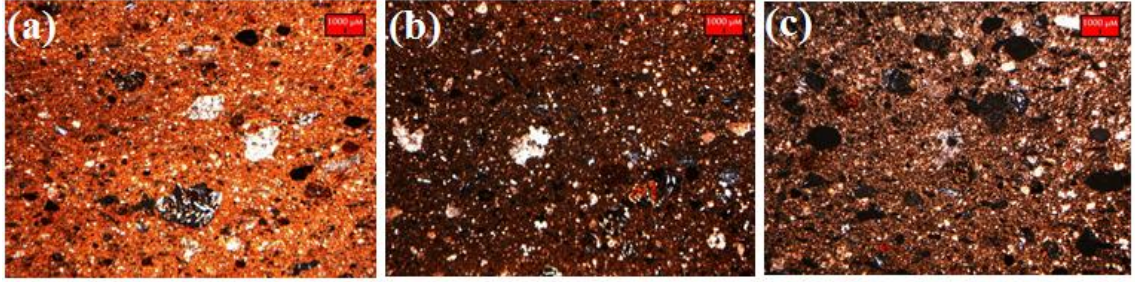
Grup-3 : THY-8, THY-11, THY-14, THY-15

Grup-4 : THY-9, THY-10

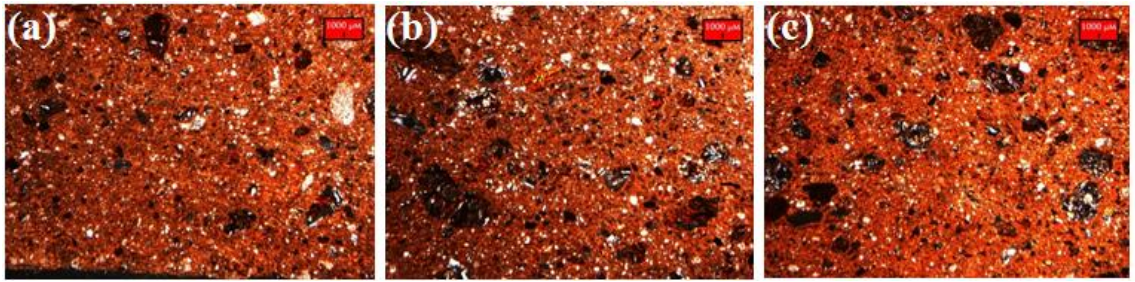
Grup-5 : THY-12, THY-13

(\*) A: Andezit, By: Biyotit, C: Kalsit, Ç: Çört, K: Kireçtaşı, Ms: Muskovit, Op: Opak Mineraller, Pl: Plajiyoklas, Py: Piroksen, Q: Kuvars,

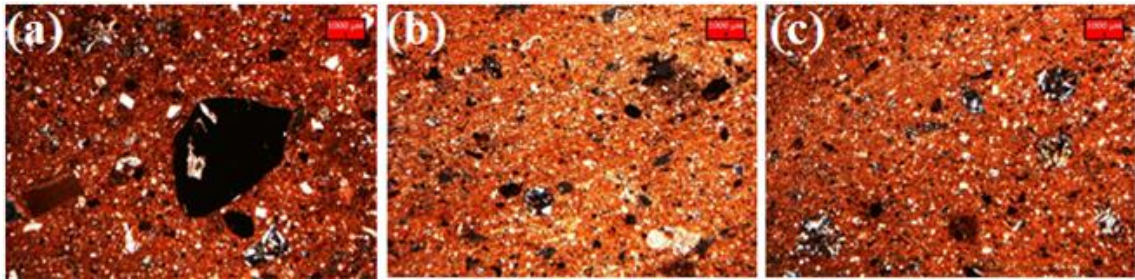
Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramik buluntulara ait ince kesit görüntüleri sırasıyla Şekil 4.25 - 4.27'de verilmiştir.



Şekil 4. 25. Numunelere ait ince kesit görüntüleri (a) THK-1, (b) THK-2, (c) THK-3

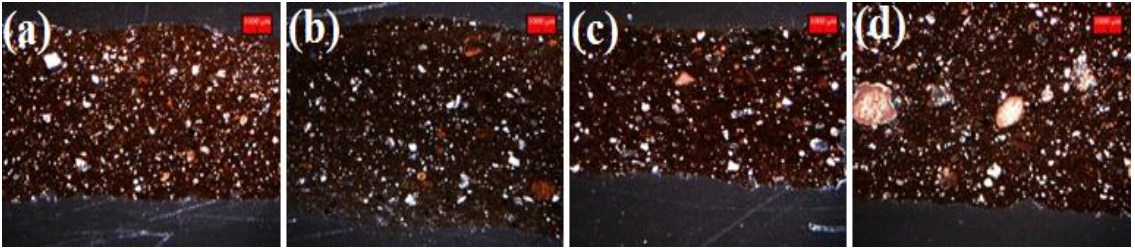


Şekil 4. 26. Numunelere ait ince kesit görüntüleri (a) THK-4, (b) THK-5, (c) THK-6

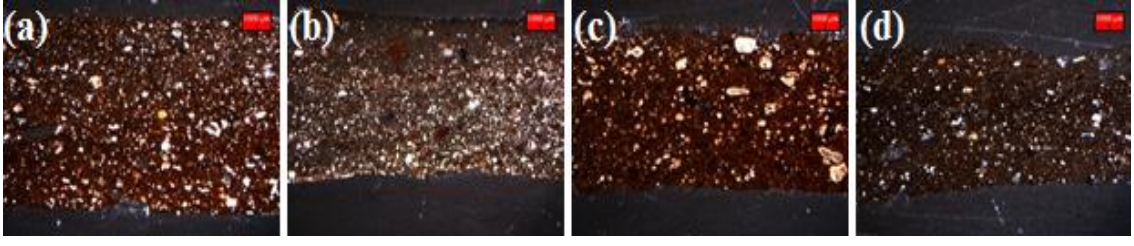


Şekil 4. 27. Numunelere ait ince kesit görüntüleri (a) THK-7, (b) THK-8, (c) THK-9

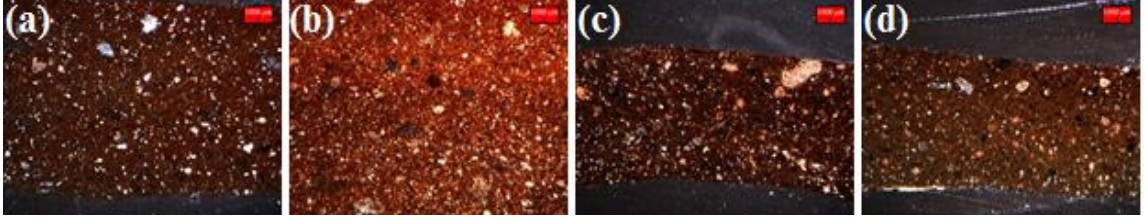
Erken Tunç Çağı yalın basit seramiklere ait ince kesit görüntüleri sırasıyla Şekil 4.28 - 4.31'de verilmiştir.



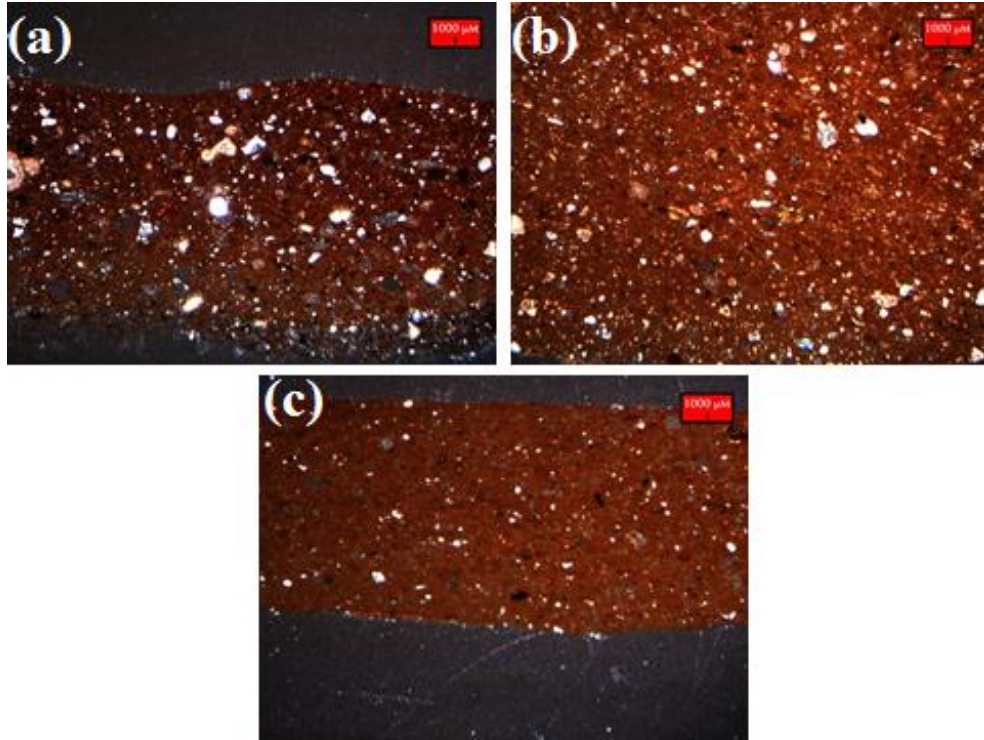
Şekil 4. 28. Numunelere ait ince kesit görüntüleri (a) THY-1, (b) THY-2, (c) THY-3, (d) THY-4



Şekil 4. 29. Numunelere ait ince kesit görüntüleri (a) THY-5, (b) THY-6, (c) THY-7, (d) THY-8



Şekil 4. 30. Numunelere ait ince kesit görüntüleri (a) THY-9, (b) THY-10, (c) THY-11, (d) THY-12



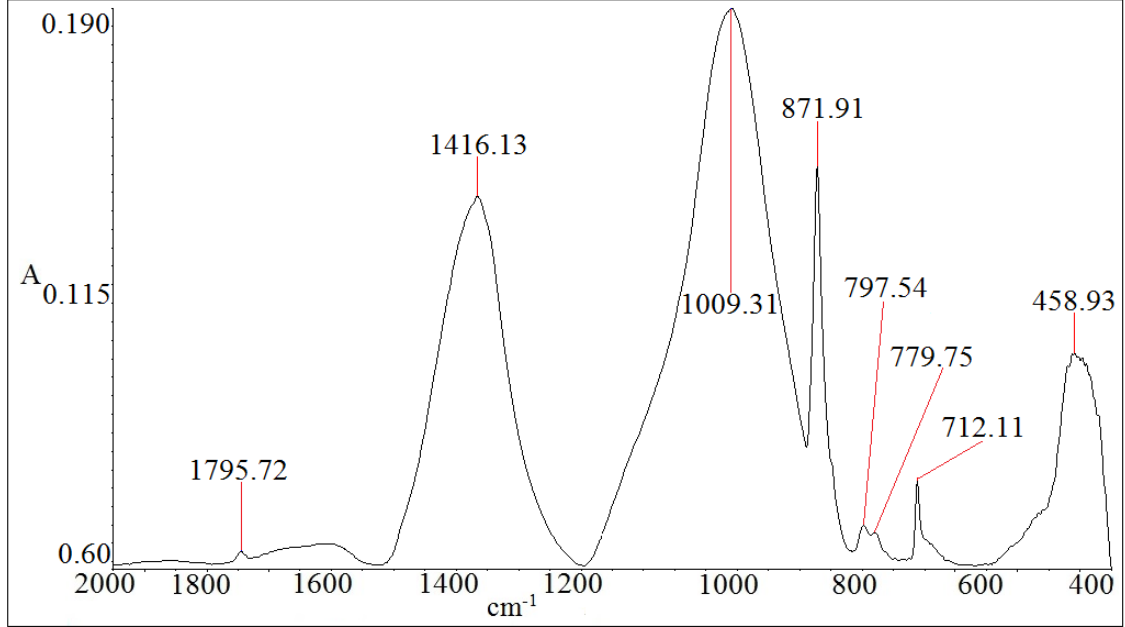
Şekil 4. 31. Numunelere ait ince kesit görüntüleri (a) THY-13, (b) THY-14, (c) THY-15

Örneklere ait ince kesit görüntüleri incelendiğinde plastik olmayan malzeme miktarı/matris oranının kırmızı astarlı seramik hamurlarında yalın basit seramiklere kıyasla genel olarak daha düşük olduğu görülmektedir. Kırmızı astarlı seramiklerde tespit edilen tekrar kristalleşmiş kalsit varlığı ince kesit görüntülerinde de belirgin biçimde gözlemlenmiştir (örneğin; THK-1, THK-3, THK-5, THK-6 ve THK-9). Seramik bünyede pişme esnasında (büyük ihtimalle organik ihtivaların yanarak uzaklaşması sonucu) oluşan yapısal boşlukların kalsit kristalleri ile dolduğu

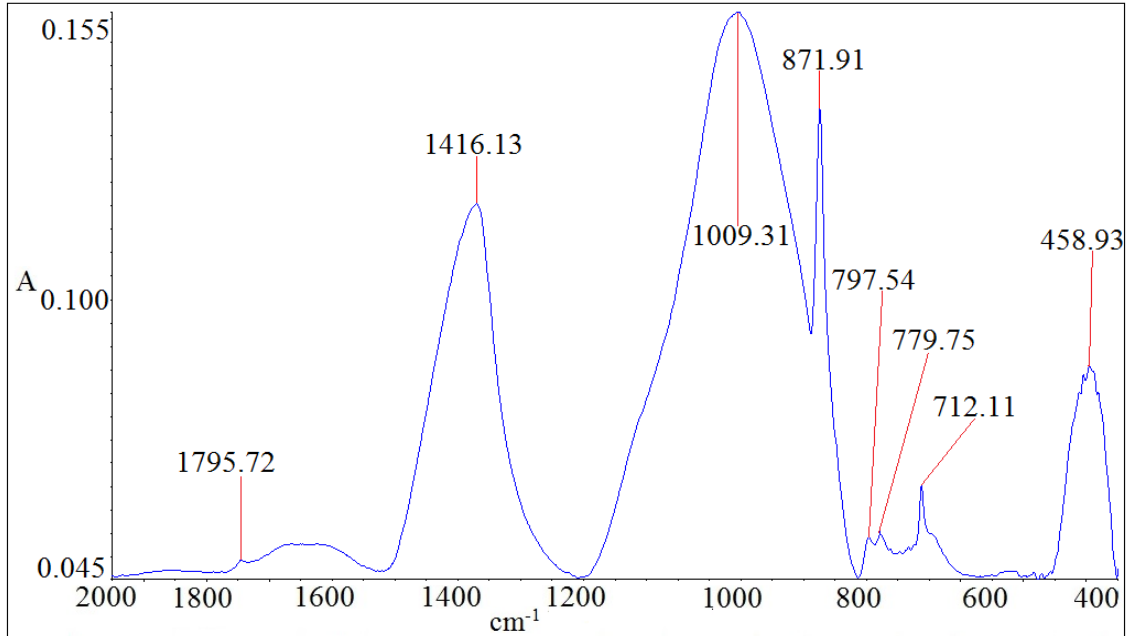
öngörölmüştür. Bazı örneklerde seramiğin kurutma ve/veya pişirimi esnasında deforme olmasını engellemek ve bünyeyi sağlamlaştırmak amacıyla ilave edilmiş olabilecek grog kalıntılarına rastlanmıştır (Rice, 1987) (örneğin; THY-4, THY-7 ve THY-10). İnce kesit görüntülerinde hamurun kırmızı, kahverengi ve ten rengi olduğu seramiklerin yükseltgen ortamda, gri ve siyah tonlarında olduğu seramiklerin ise indirgen ortamda pişirildikleri veya pişirim prosesinin son aşamasında bu seramiklerin sırasıyla oksijenli ve oksijensiz ortama maruz kaldıkları öngörölmüştür (Van der Weerd ve ark., 2004; Bayazit ve ark., 2016a).

### 4.3. FTIR Analiz Sonuçları

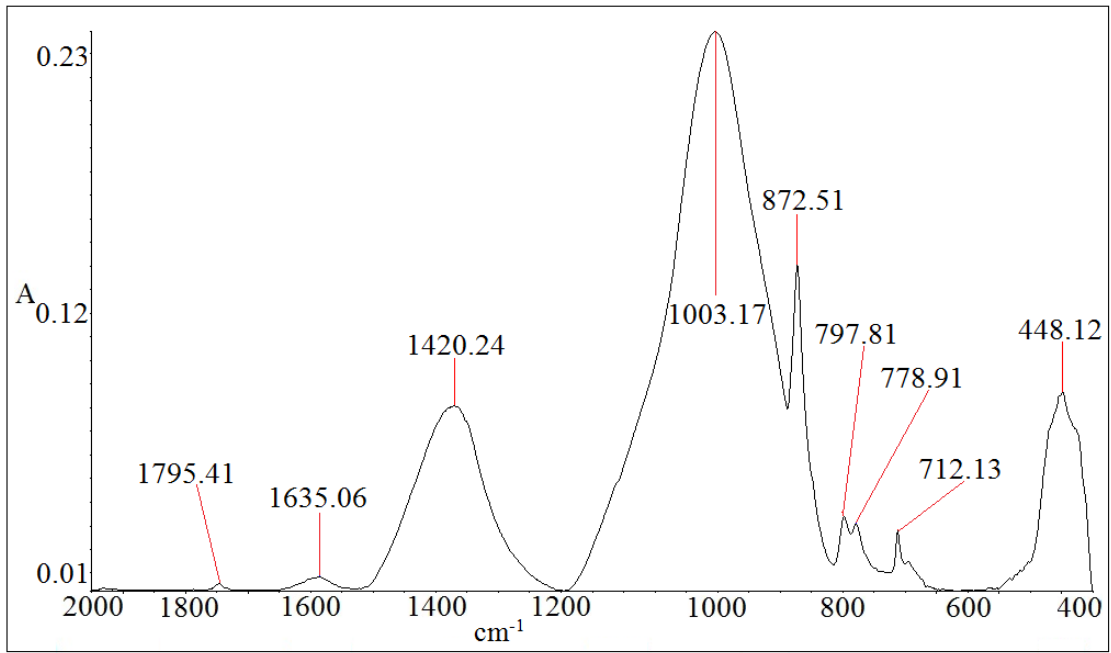
Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramik buluntulara ait FTIR spektrumları sırasıyla Şekil 4.32 - 4.40'de verilmiştir.



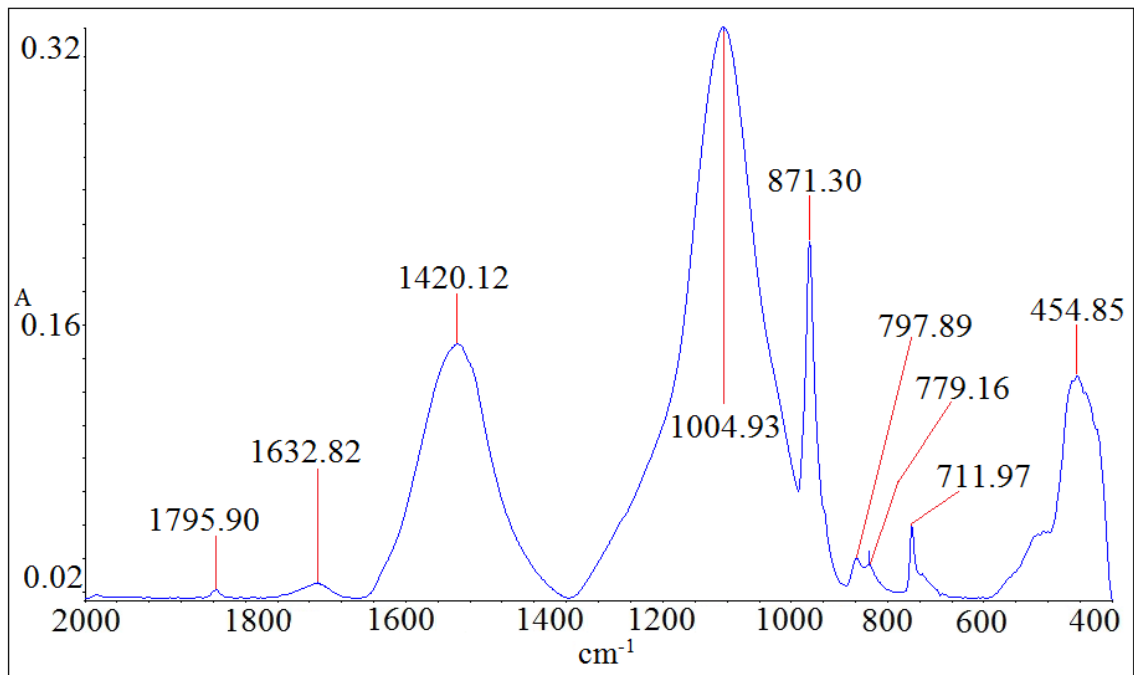
Şekil 4. 32. THK-1 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



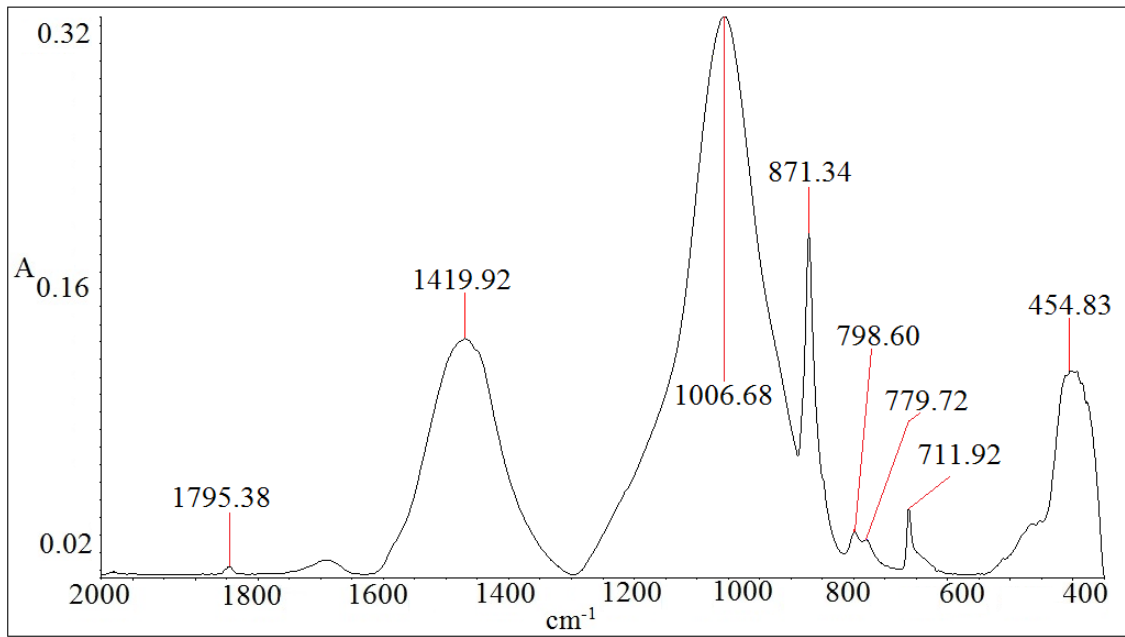
Şekil 4. 33. THK-2 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



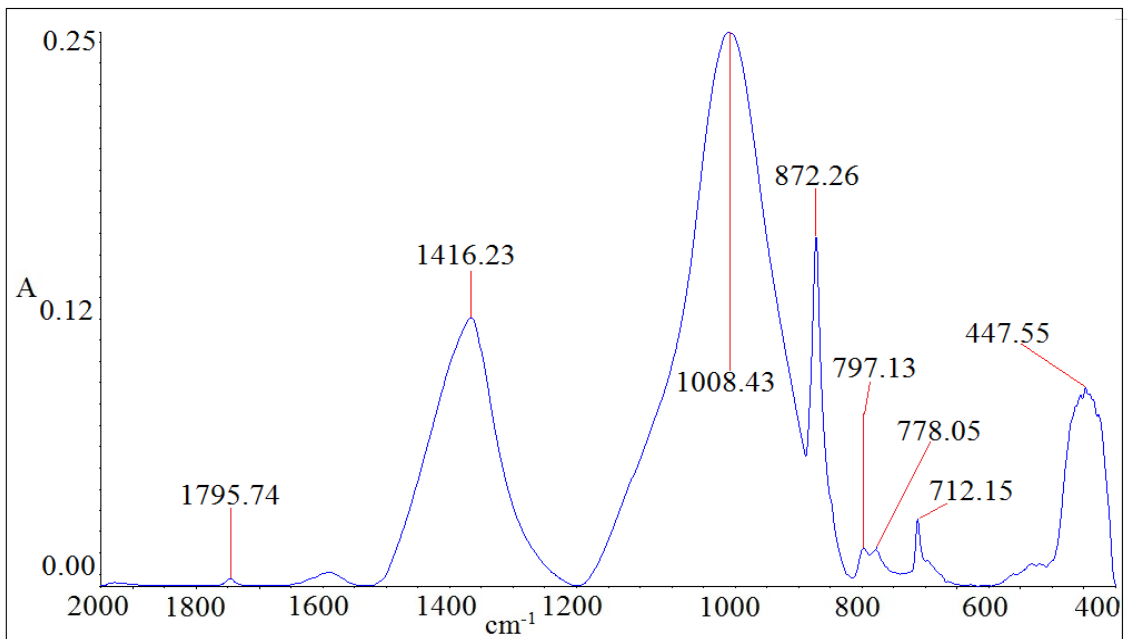
Şekil 4. 34. THK-3 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



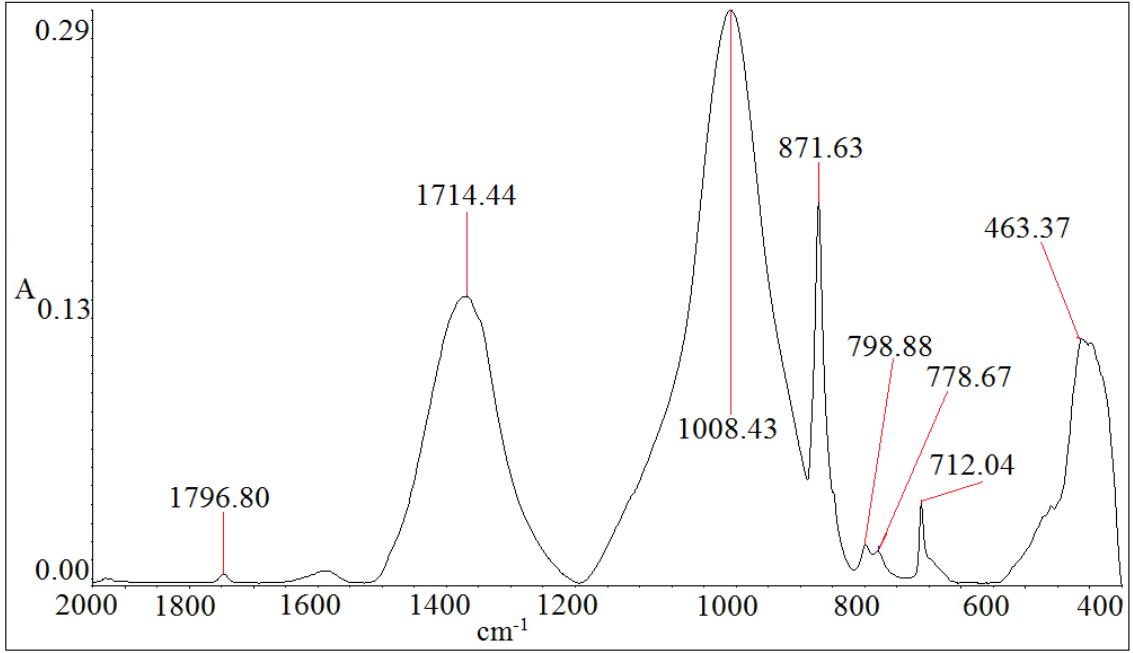
Şekil 4. 35. THK-4 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



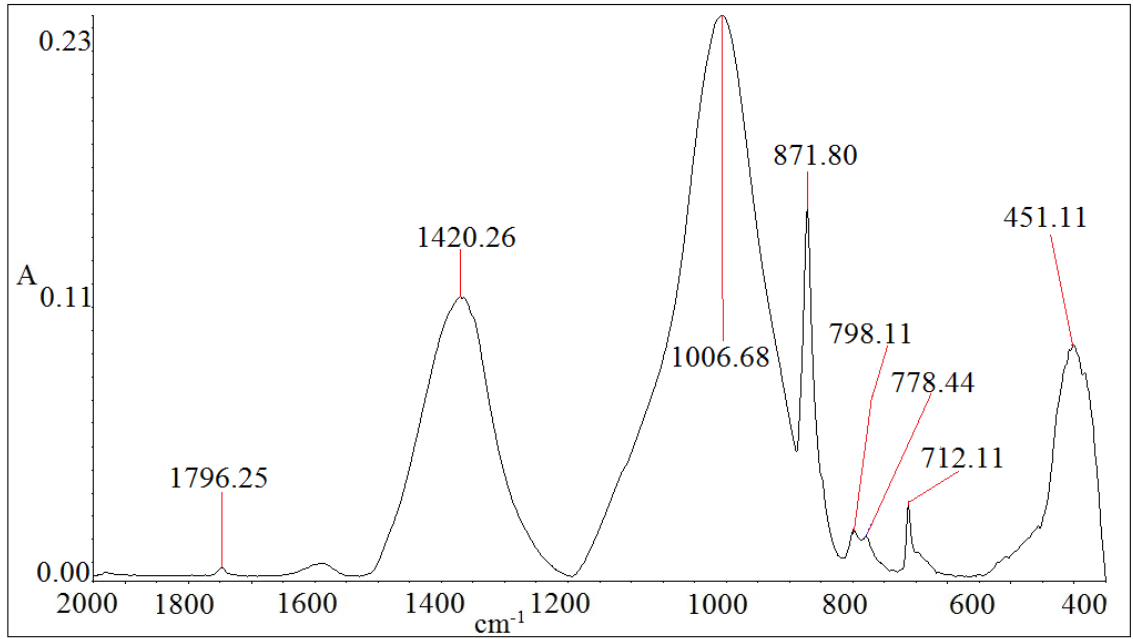
Şekil 4. 36. THK-5 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



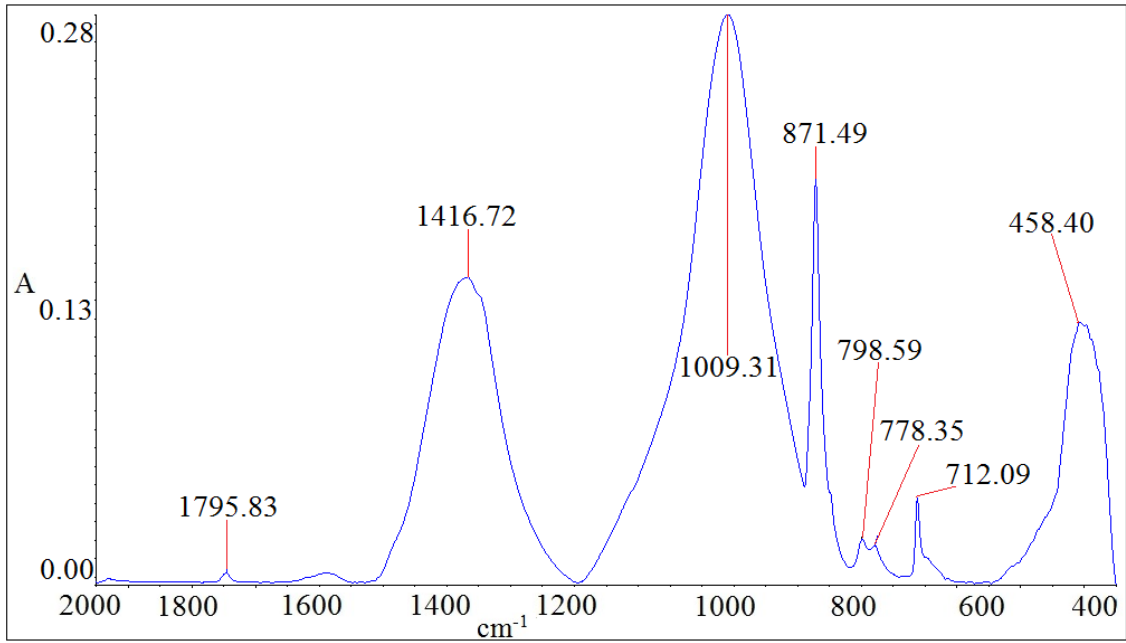
Şekil 4. 37. THK-6 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



Şekil 4. 38. THK-7 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu

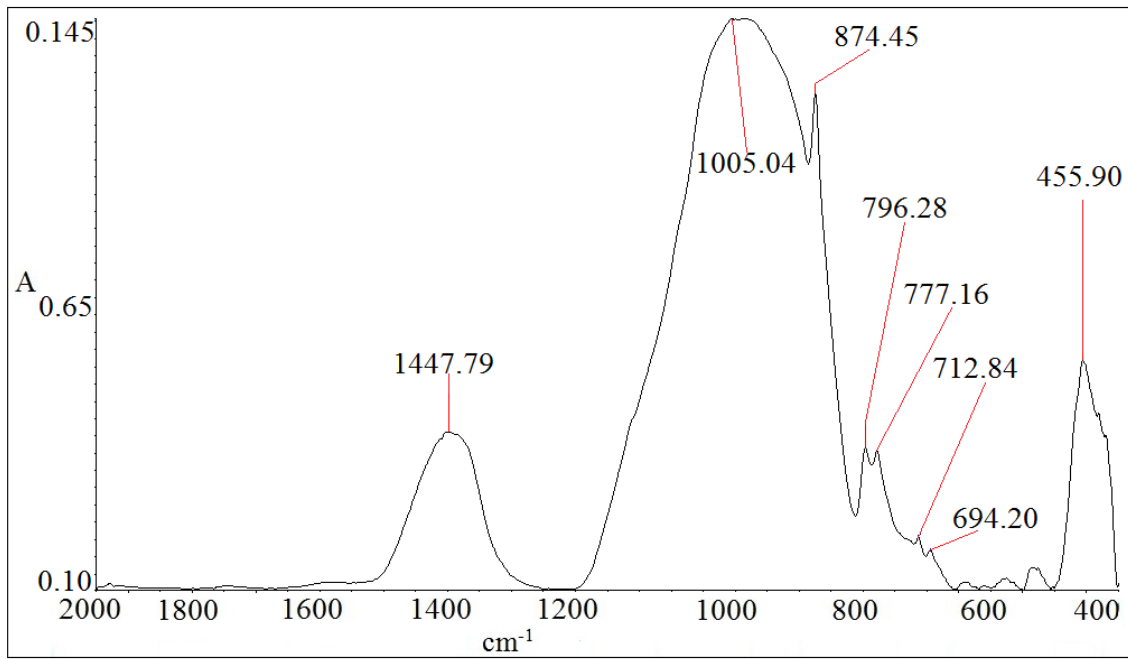


Şekil 4. 39. THK-8 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu

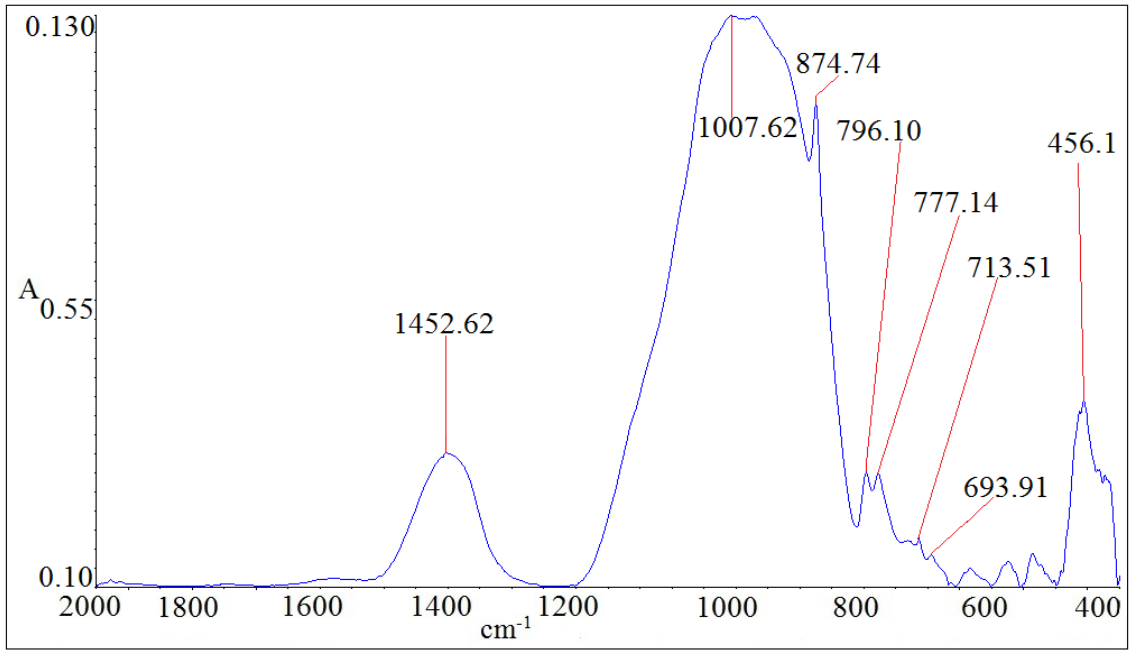


Şekil 4. 40. THK-9 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu

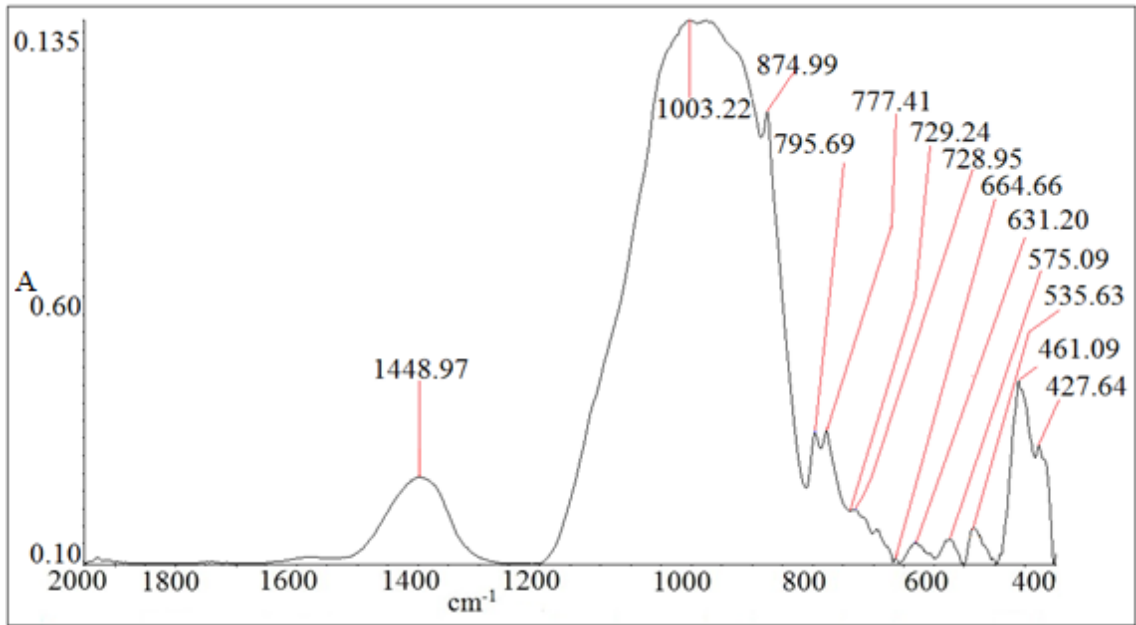
Erken Tunç Çağı yalın basit seramiklere ait FTIR spektrumları sırasıyla Şekil 4.41 - 4.55' de verilmiştir.



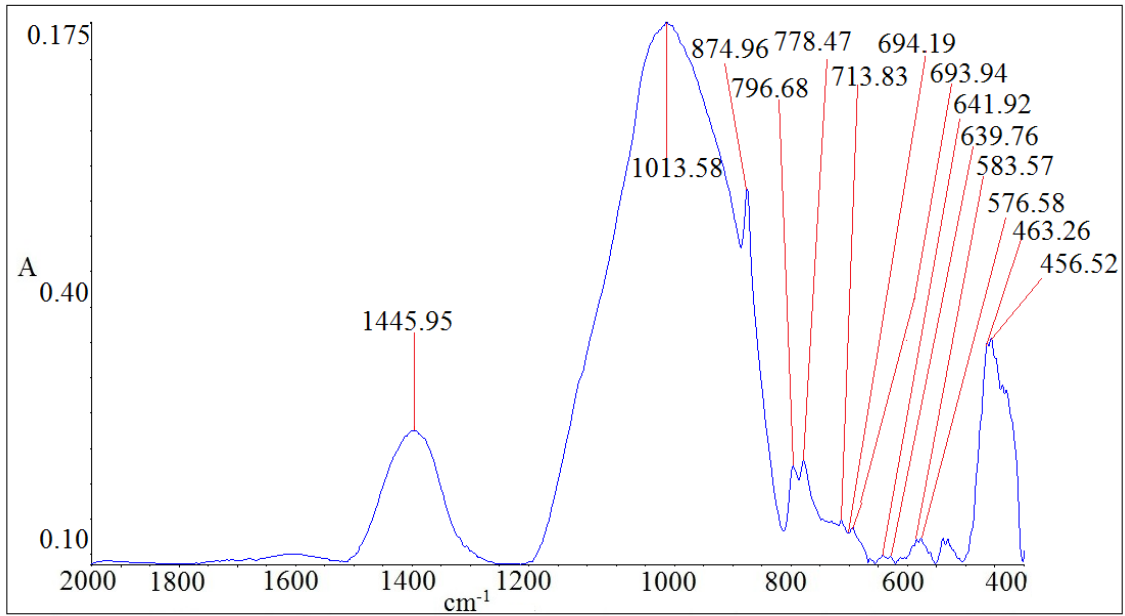
Şekil 4. 41. THY-1 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



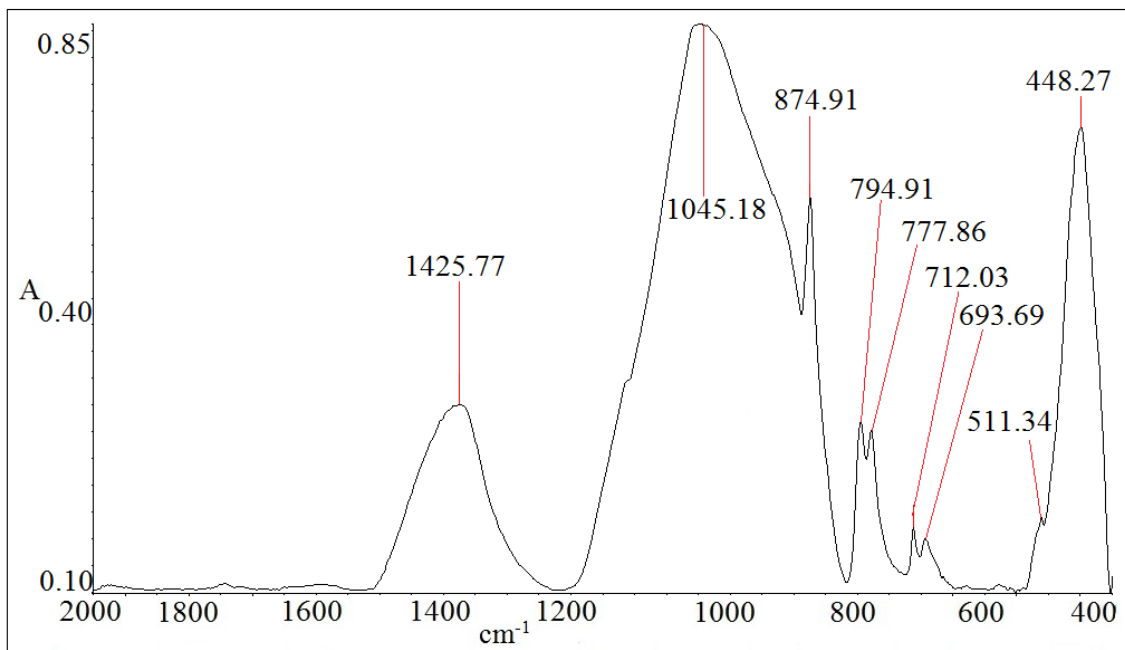
Şekil 4. 42. THY-2 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



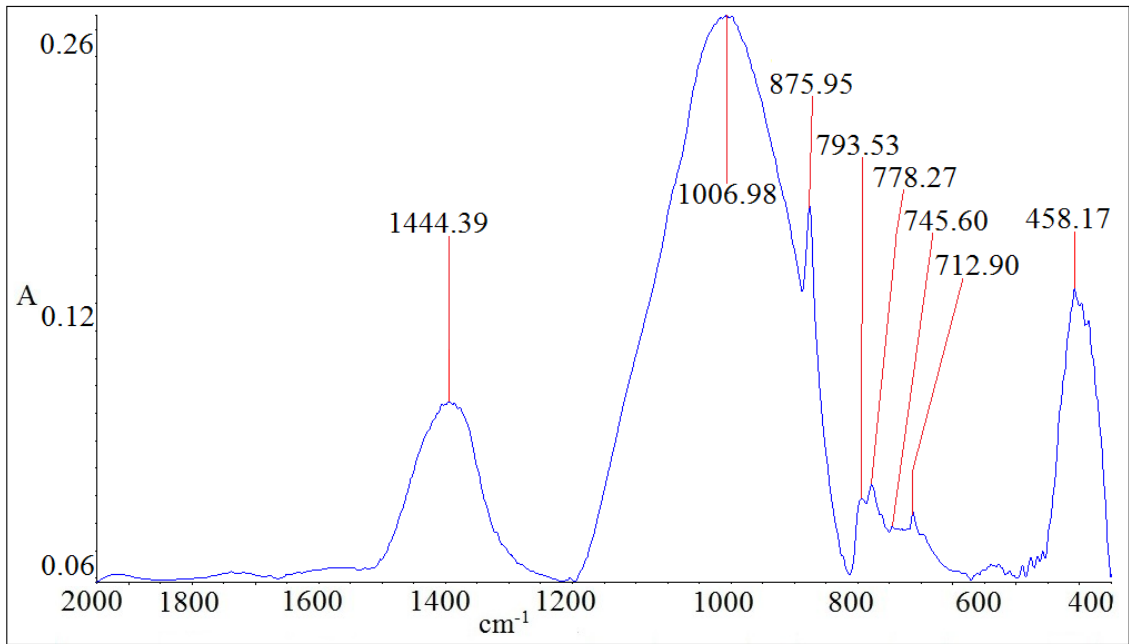
Şekil 4. 43. THY-3 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



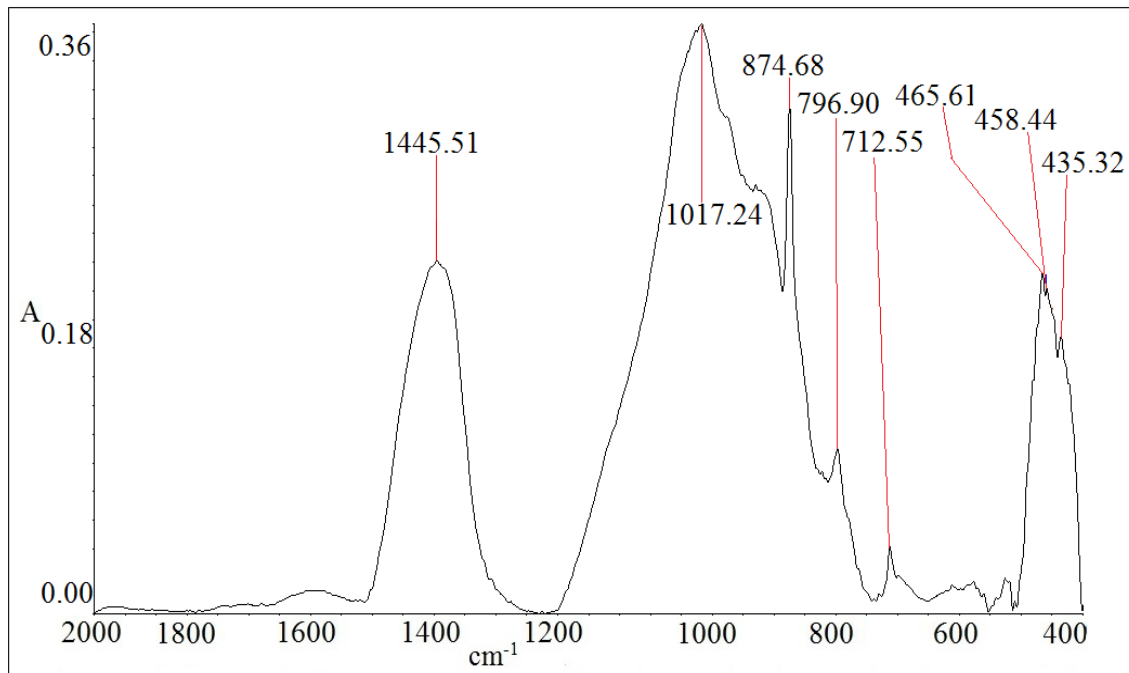
Şekil 4. 44. THY- 4 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



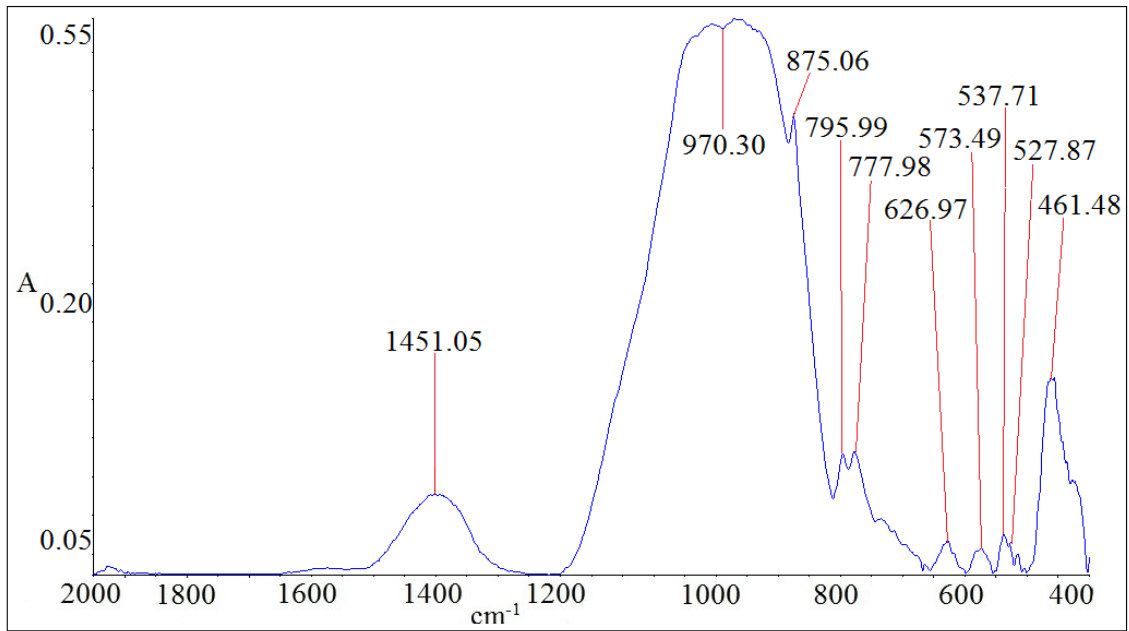
Şekil 4. 45. THY-5 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



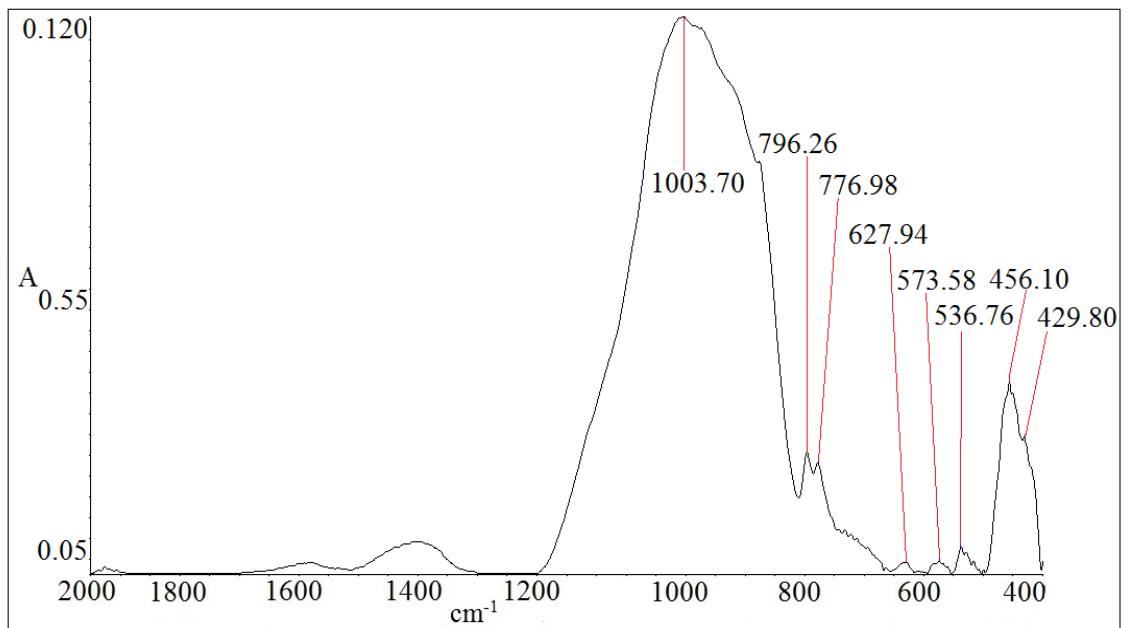
Şekil 4. 46. THY-6 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



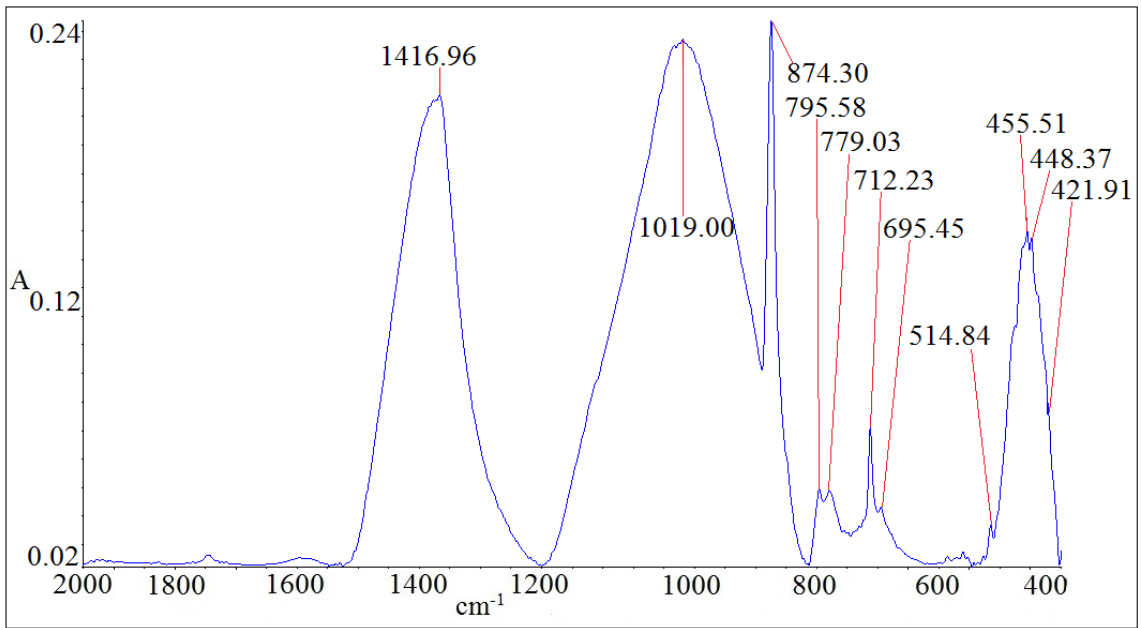
Şekil 4. 47. THY-7 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



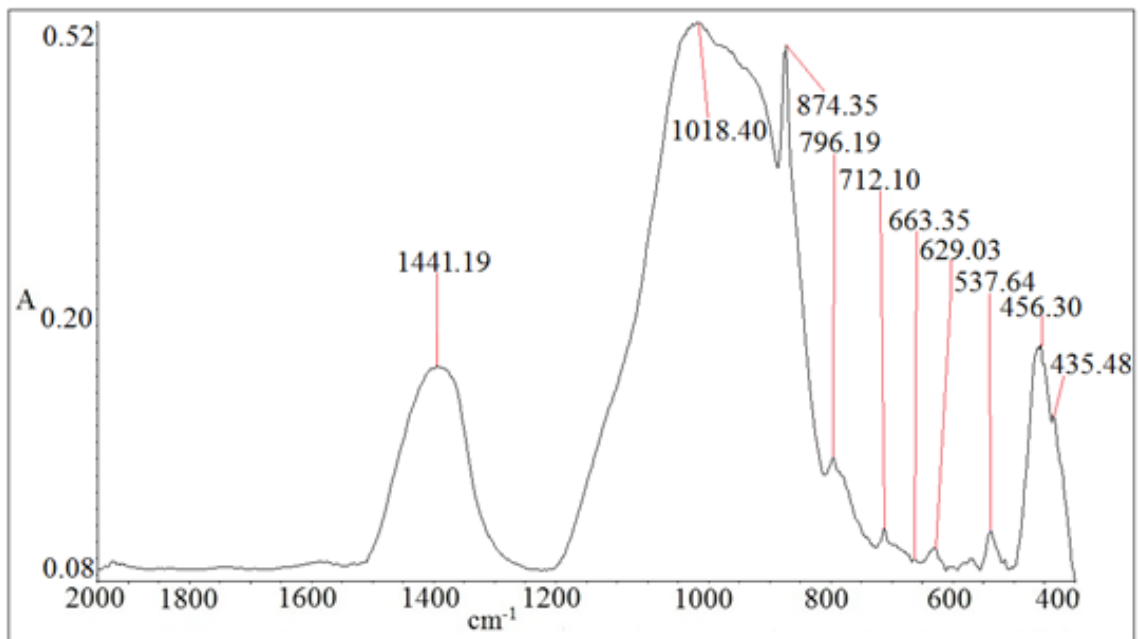
Şekil 4. 48. THY-8 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



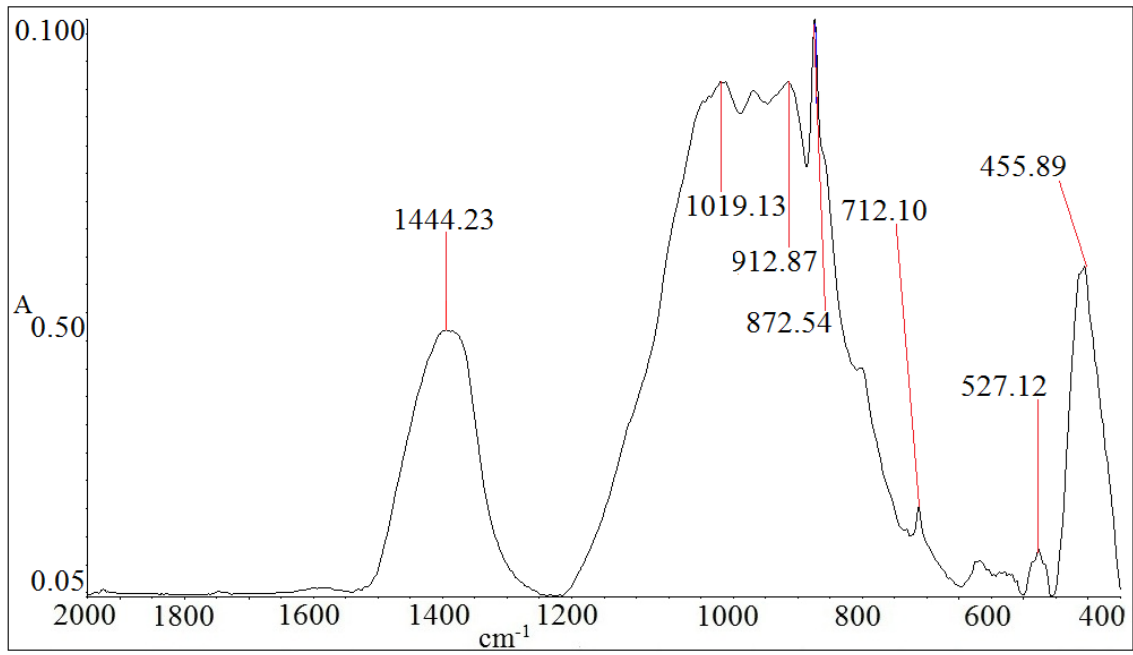
Şekil 4. 49. THY-9 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



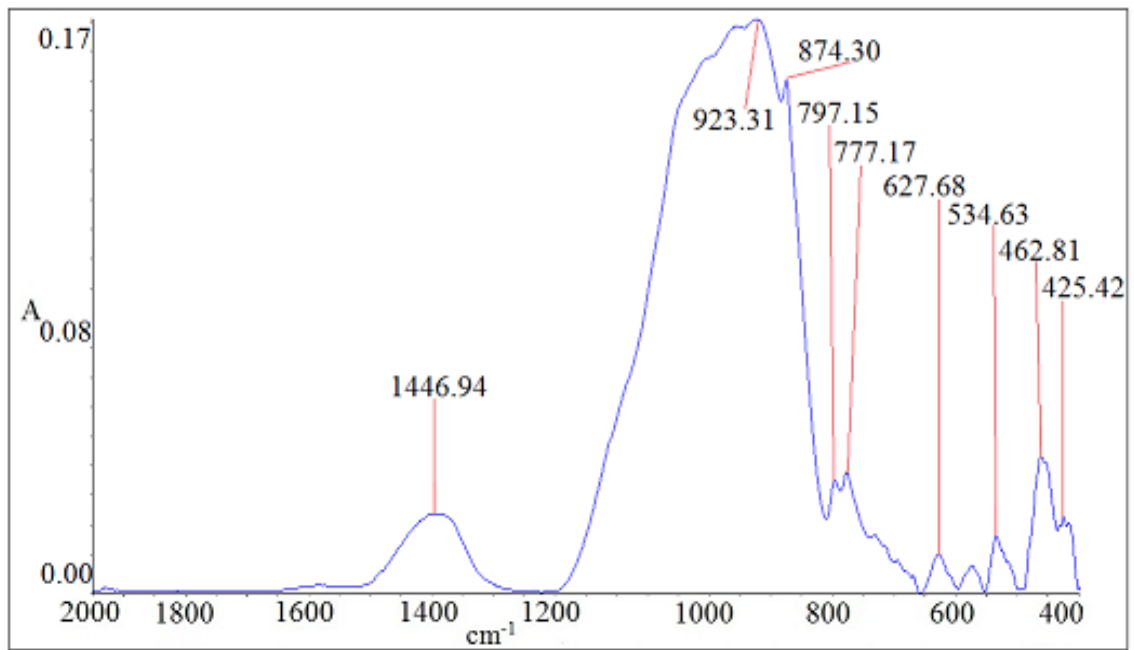
Şekil 4. 50. THY-10 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



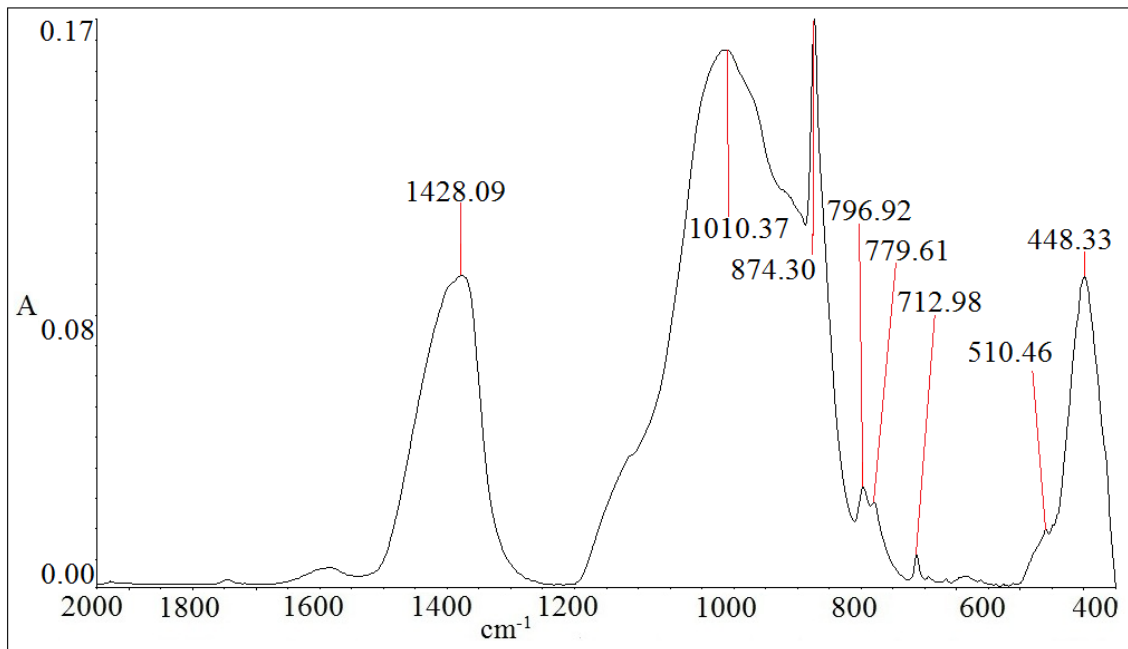
Şekil 4. 51. THY-11 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



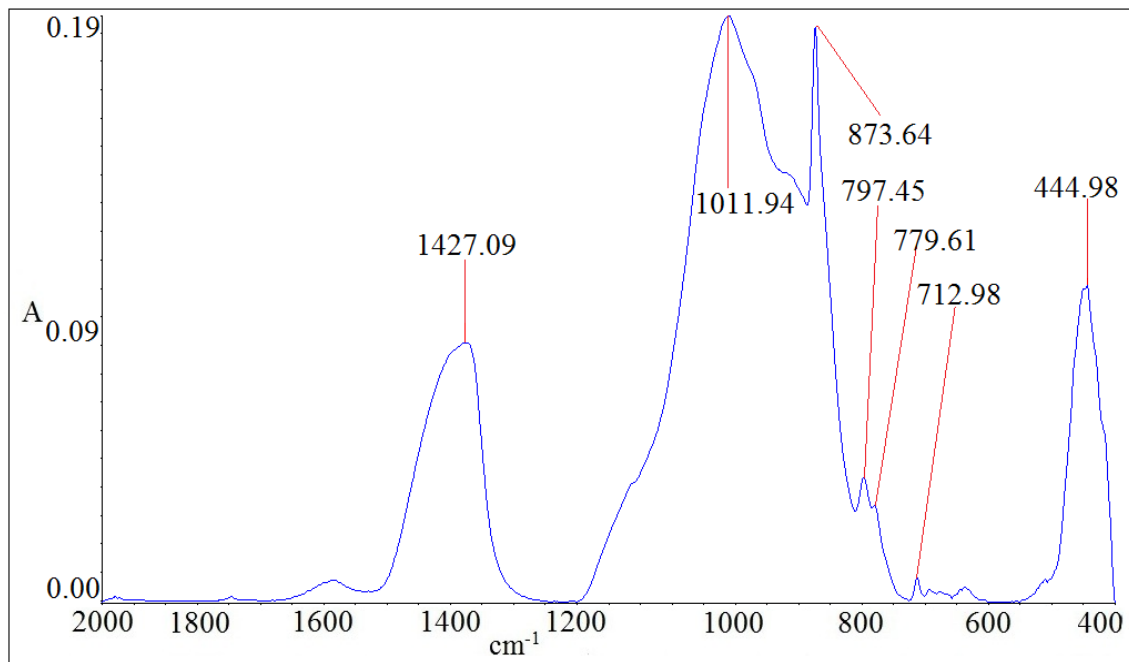
Şekil 4. 52. THY-12 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



Şekil 4. 53. THY-13 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



Şekil 4. 54. THY-14 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu



Şekil 4. 55. THY-15 kodlu numuneye ait FTIR spektrumu

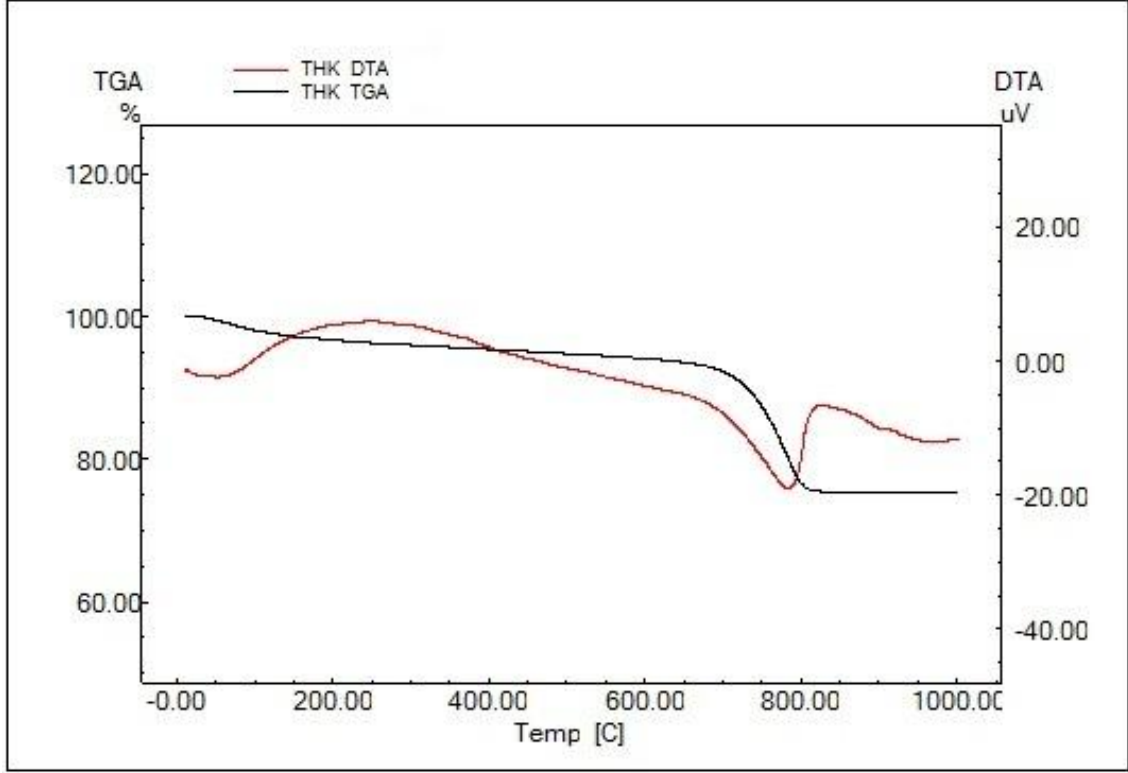
Kırmızı astarlı gruba ait seramikler için yapılan FTIR analizinde elde edilen bant değerlerinin seramiklerin mineralojik içerikleri ile uyumlu olduğu saptanmıştır. XRD analizinde majör mineral olarak belirlenen kalsit FTIR analizindeki karakteristik bant değerleri ( $1416\text{ cm}^{-1}$ ,  $1417\text{ cm}^{-1}$ ,  $1419\text{ cm}^{-1}$  ve  $1420\text{ cm}^{-1}$ ) ile de belirlenmiştir. FTIR spektrumunda yer alan bu değerler kalsitin birincil olduğuna işaret etmiştir. Elde edilen bu sonuç XRD analizi ile belirlenen pişirim sıcaklık aralığını teyit edici nitelikte olmuştur (yüksek sıcaklık fazlarına ait bant değerlerinin olmadığı da dikkate alınmıştır). XRD analizinde belirlenen kuvars, feldspat/plajiyoklaz ve kil mineralleri FTIR spektrumunda da belirlenmiştir. Buna göre kuvars minerali,  $777\text{ cm}^{-1}$ ,  $794\text{ cm}^{-1}$  ve  $797\text{ cm}^{-1}$  bant değerleri ile saptanmıştır. Feldspat/plajiyoklaz mineralleri  $1009\text{ cm}^{-1}$ ,  $454\text{ cm}^{-1}$ ,  $458\text{ cm}^{-1}$  ve  $463\text{ cm}^{-1}$  civarındaki bant değerleri ile belirlenmiştir. Kil mineralleri ise  $1005\text{ cm}^{-1}$  ve  $1009\text{ cm}^{-1}$  civarındaki bant aralıklarında saptanmıştır. FTIR analizinde bazı bant değerlerinin çakıştığı gözlemlenmiştir. Örneğin;  $458\text{ cm}^{-1}$  bant değerinin sırasıyla klorit, albit, oligoklaz ve illite işaret ettiği gözlemlenmiştir. Bu şekildeki bant çakışmaları ile ilgili olarak kesin yorumlarda bulunulmamıştır. Ancak kimi numunelerde bu bant çakışmaları için XRD verileri dikkate alınarak bazı sonuçlara ulaşılmıştır. Örneğin  $874\text{ cm}^{-1}$  civarındaki bant değerleri kalsit ve piroksen mineraline (ojit) işaret etmekteyken, seramiklerin XRD analizlerinde yüksek sıcaklık fazı olan piroksen piklerine rastlanmaması bu bant değerlerinin kalsite işaret ettiğini göstermiştir. Bu bağlamda bakıldığında, kırmızı astarlı seramikler için yapılan XRD analizi ile FTIR analiz sonuçlarının mineralojik içeriğin temsiliyeti bakımından uyumlu ve birbirini destekler nitelikte olduğu gözlemlenmiştir (Maravelaki-Kalaitzaki ve Kallithrakas-Kontos, 2003; Mazzocchin ve ark., 2003; Edreira ve ark., 2001; Böttcher ve ark., 1997; Kurap ve ark., 2010; Fabbri ve ark., 2014; Bayazit ve ark., 2015; Bayazit ve ark., 2016b; De Benedetto ve ark., 2002; Barone ve ark., 2011; Ravisankar ve ark., 2011; Hamadi ve Nabih, 2012; Farmer, 1974 ).

Yalın basit seramikler için yapılan FTIR analizinde sırasıyla  $1416\text{ cm}^{-1}$ ,  $1425\text{ cm}^{-1}$ ,  $1427\text{ cm}^{-1}$  ve  $1428\text{ cm}^{-1}$  bant değerlerinin birincil kalsite işaret ettiği görülürken  $1440\text{ cm}^{-1}$  ve  $1452\text{ cm}^{-1}$  aralığındaki bant değerlerinin ikincil kalsite işaret ettiği öngörülmüştür. Ayrıca bazı bant değerlerinin ( $1444\text{ cm}^{-1}$ ,  $1445\text{ cm}^{-1}$ ,  $1446\text{ cm}^{-1}$ ,  $1447\text{ cm}^{-1}$ ,  $1448\text{ cm}^{-1}$  ve  $1451\text{ cm}^{-1}$ ) kalsit (ikincil) ve ankerit/huntit minerallerine işaret ettiği gözlemlenmiştir. XRD analizinde kalsitin (şiddetine bağlı olarak birincil veya ikincil olarak) tespit edilmesi bahsedilen diğer mineral/fazların seramik bünye içerisinde yer almadığına işaret etmiştir. Ankerit ve huntit minerallerinin seramik bünye içerisindeki

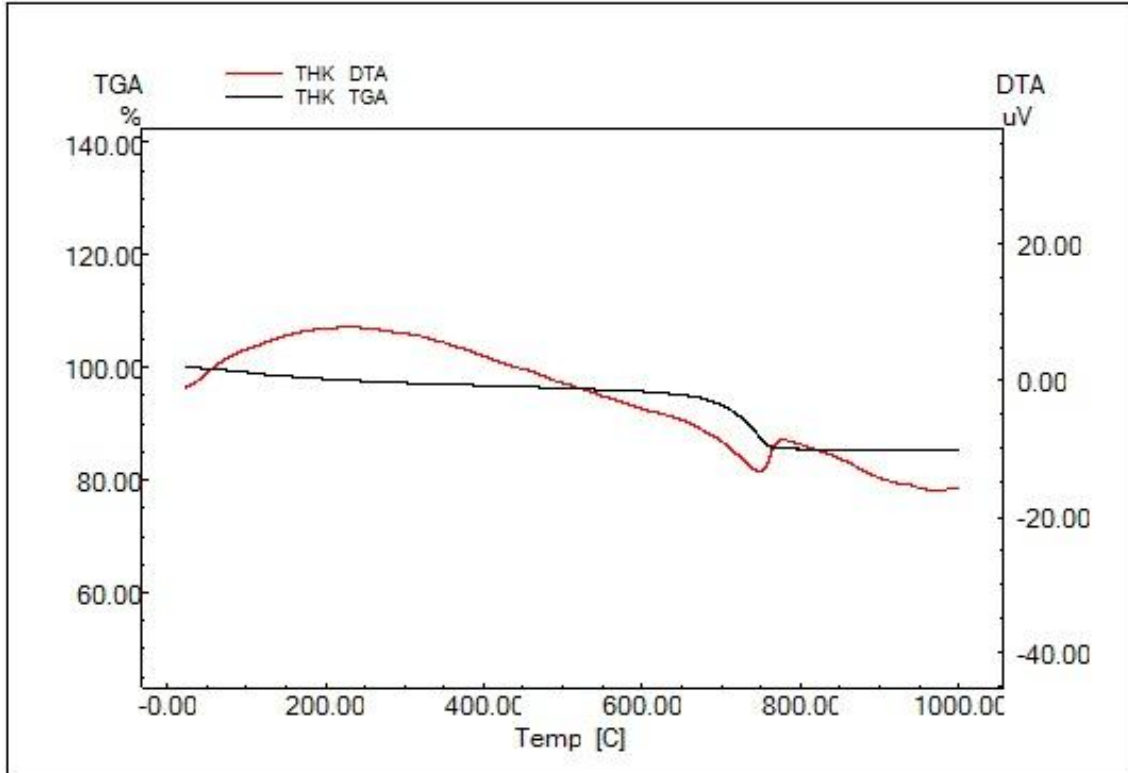
varlığı ile ilgili olarak daha sağlıklı yorum yapabilmek için ilerleyen bölümlerdeki TG-DTA analizinde yer alacak olan ekzotermik - endotermik reaksiyon eğrileri ayrıca ele alınacaktır. Yalın basit seramikler için belirlenen piroksen mineralinin varlığı FTIR analizindeki bazı karakteristik bant değerleri ile ortaya konulmuştur (462  $\text{cm}^{-1}$ , 525  $\text{cm}^{-1}$ , 627  $\text{cm}^{-1}$ , 510  $\text{cm}^{-1}$ , 514  $\text{cm}^{-1}$ , 461  $\text{cm}^{-1}$ , 970  $\text{cm}^{-1}$  vb.). Buna ek olarak yüksek sıcaklık fazlarından biri olan gehlenite ait FTIR bant değerleri de bazı seramikler için saptanmıştır (636  $\text{cm}^{-1}$ , 414  $\text{cm}^{-1}$ ). Seramikler içerisindeki kil mineralleri ve feldspat/plajiyoklaz mineralleri FTIR analizindeki karakteristik bant değerleri ile ortaya konulmuştur (1003  $\text{cm}^{-1}$ , 1005  $\text{cm}^{-1}$ , 1007  $\text{cm}^{-1}$ , 1006  $\text{cm}^{-1}$ , 1017  $\text{cm}^{-1}$ , 1013  $\text{cm}^{-1}$ , 1019  $\text{cm}^{-1}$ , 1018  $\text{cm}^{-1}$ , 535  $\text{cm}^{-1}$ , 456  $\text{cm}^{-1}$  vb.). XRD analizinde bazı seramikler için belirlenen hematit minerali FTIR spektrumundaki 575  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki bant değerleri ile tespit edilmiştir. Bu aralıktaki bazı bant değerleri aynı zamanda diğer bir demir minerali olan manyetite de işaret etmektedir. Hematit veya manyetitinin seramik içerisinde bulunması bu örneklerin pişirim atmosferi hakkında da önemli bilgiler vermektedir. Fakat FTIR spektrumundaki çok benzer veya üst üste gelen bant değerleri net bir kaniya varılmasını zorlaştırmaktadır. Yine de, bu grupta yer alan çoğu seramiğe ait XRD patentinde hematit pikinin belirgin bir biçimde belirlenmesi bahsedilen bant değerinin büyük olasılıkla bu minerale ait olduğuna işaret etmektedir. Dolayısıyla hematit varlığının belirlendiği seramiklerin yükseltgen ortamda pişirildikleri ön görülmektedir (Maravelaki-Kalaitzaki ve Kallithrakas-Kontos, 2003; Mazzocchin ve ark., 2003; Edreira ve ark., 2001; Böttcher ve ark., 1997; Kurap ve ark., 2010; Fabbri ve ark., 2014).

#### 4.4. TG-DTA Analiz Sonuçları

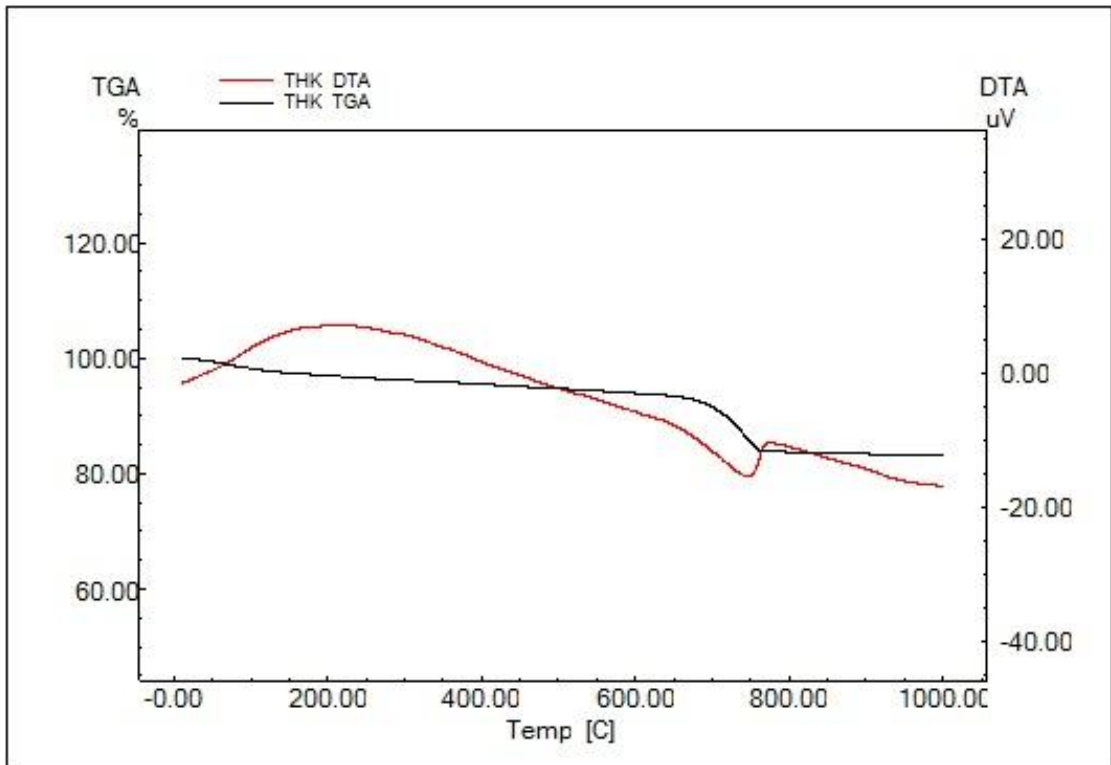
Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramik buluntulara ait TG-DTA sonuçları sırasıyla Şekil 4.56 - 4.64'de verilmiştir.



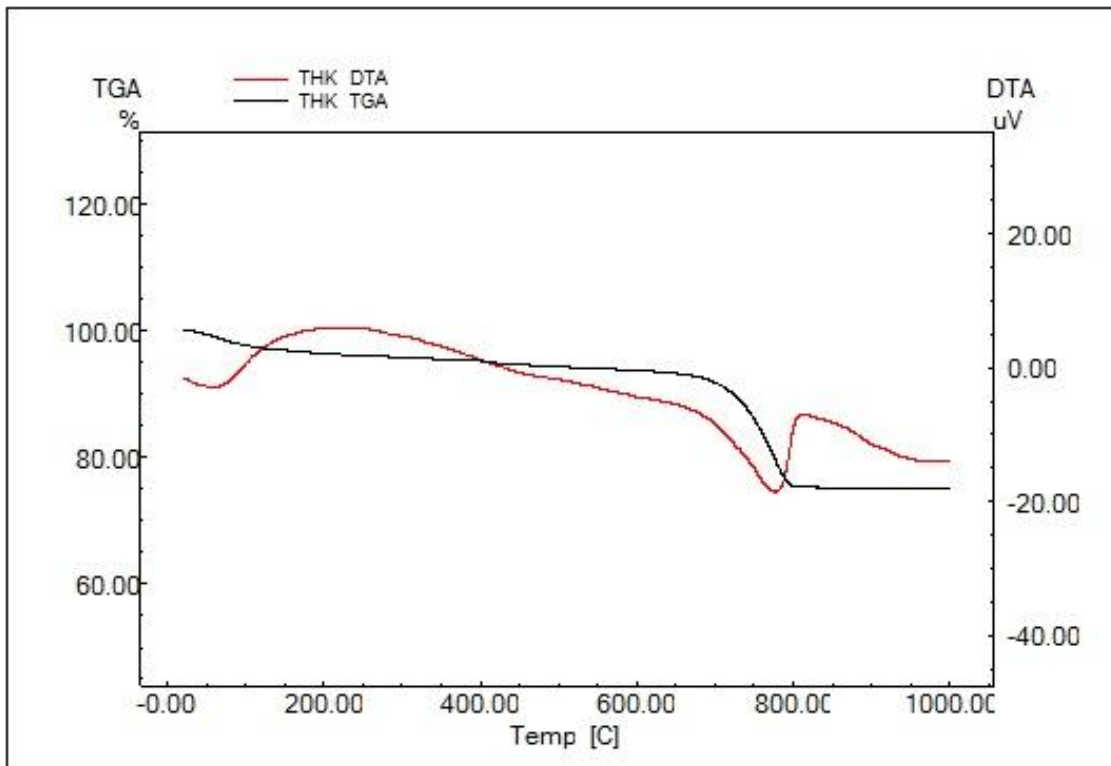
Şekil 4. 56. THK-1 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



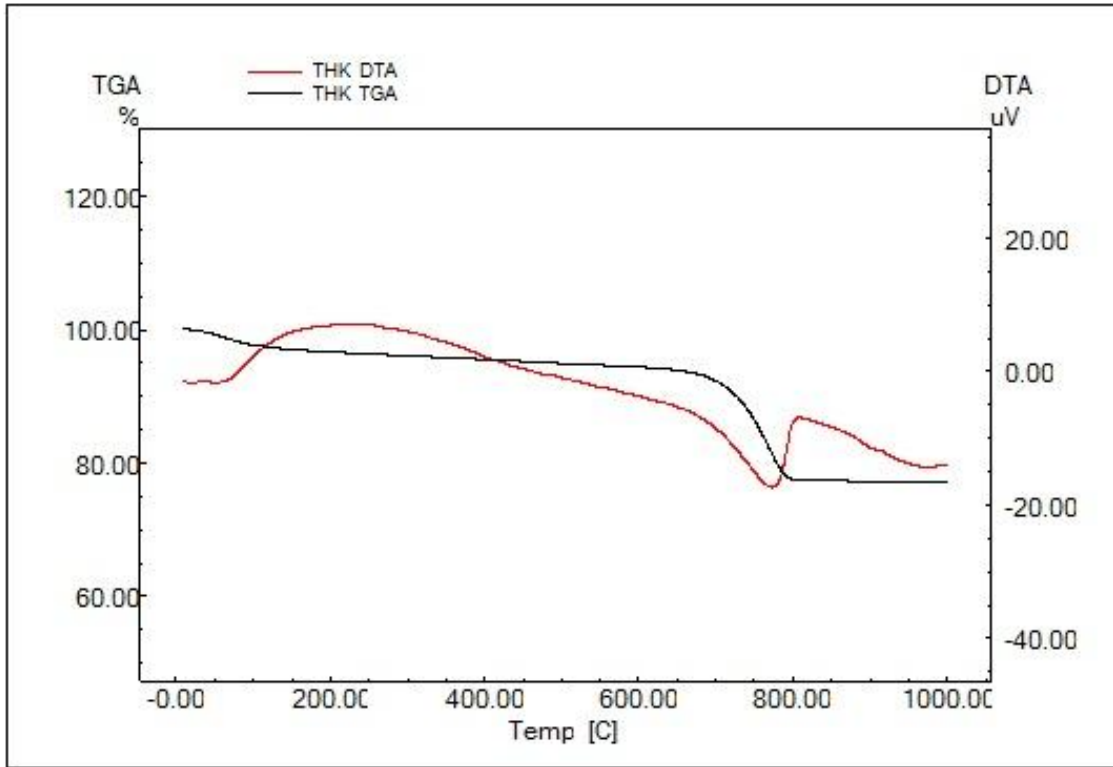
Şekil 4. 57. THK-2 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



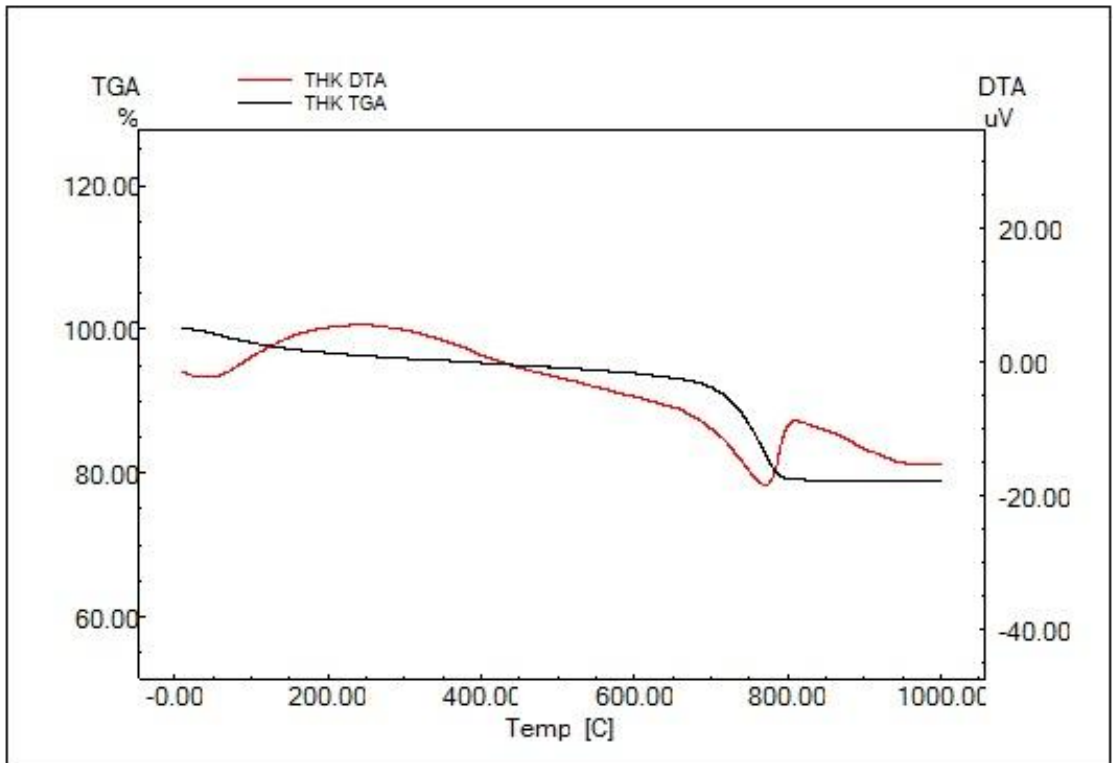
Şekil 4. 58. THK-3 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



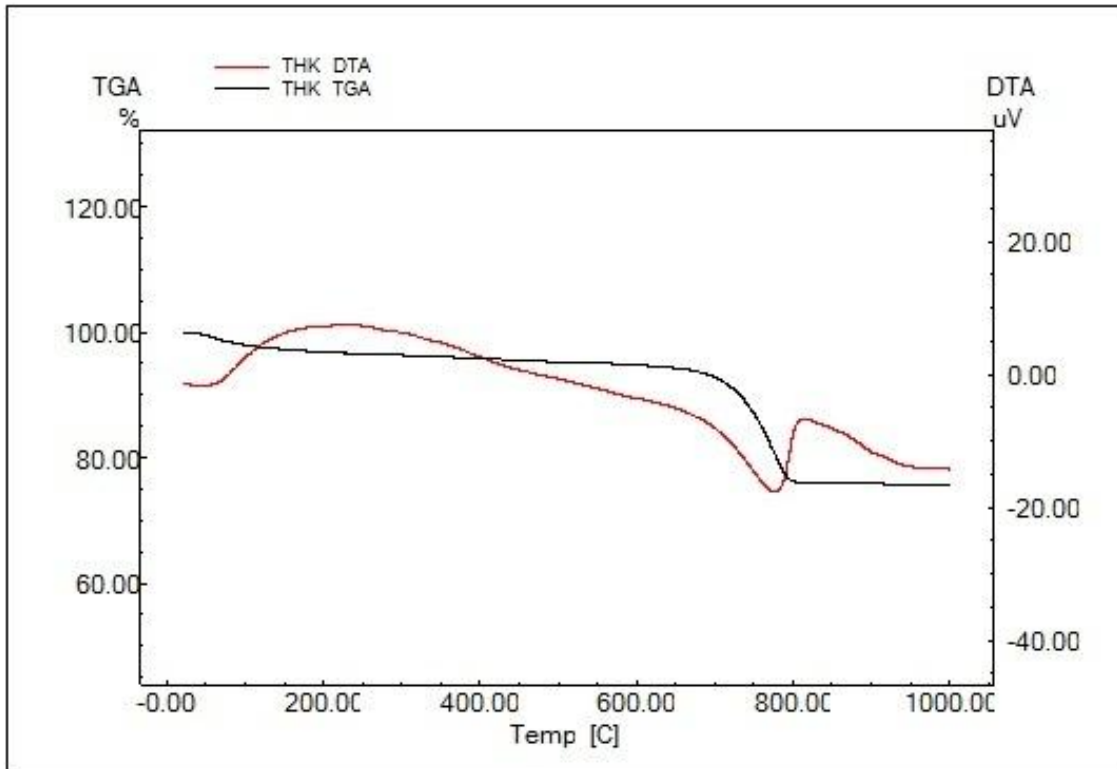
Şekil 4. 59. THK-4 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



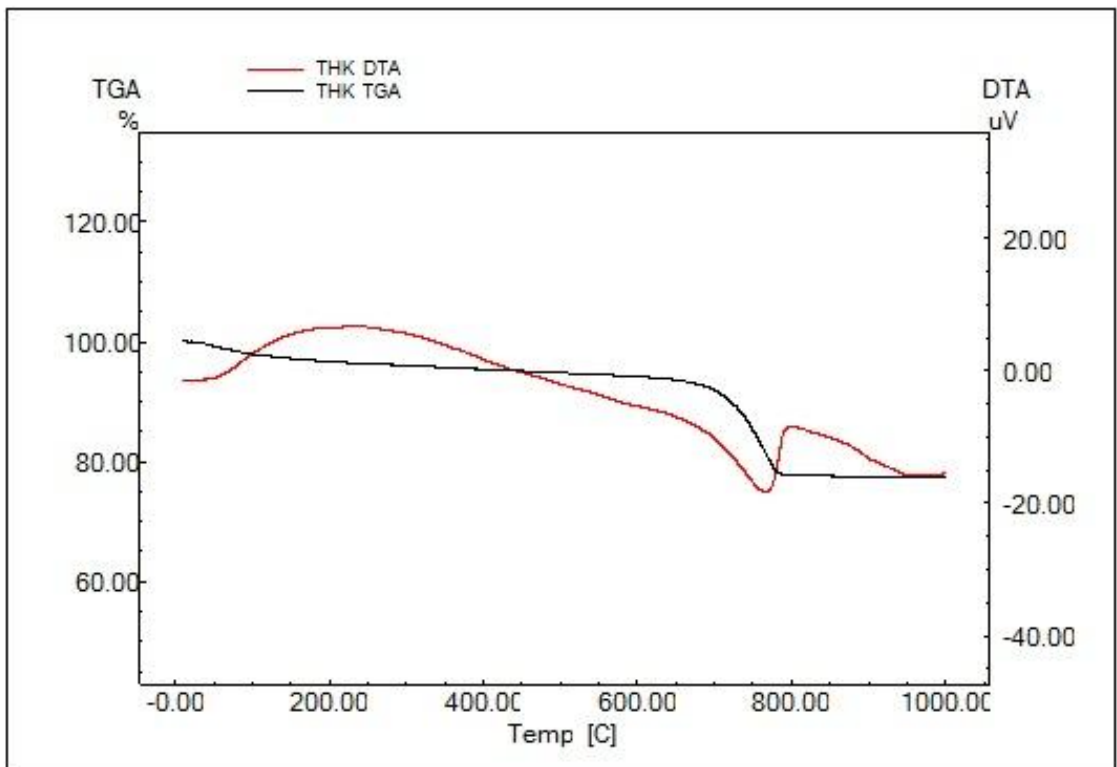
Şekil 4. 60. THK-5 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



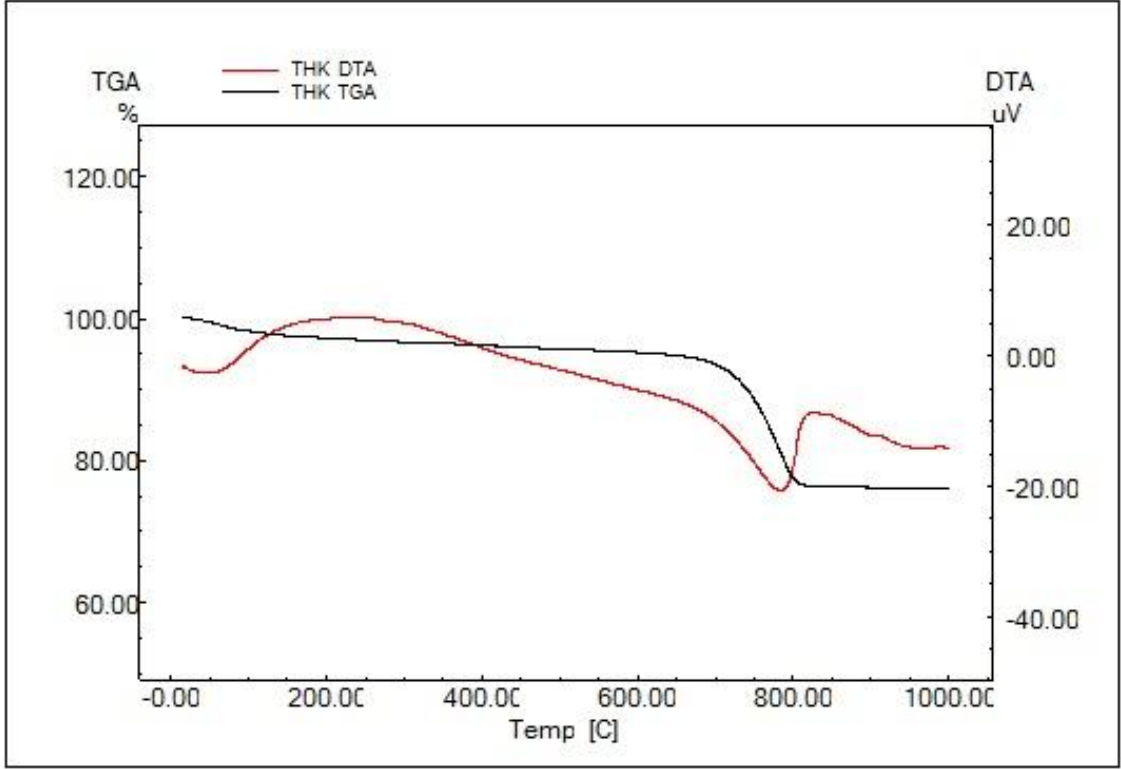
Şekil 4. 61. THK-6 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



Şekil 4. 62. THK-7 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu

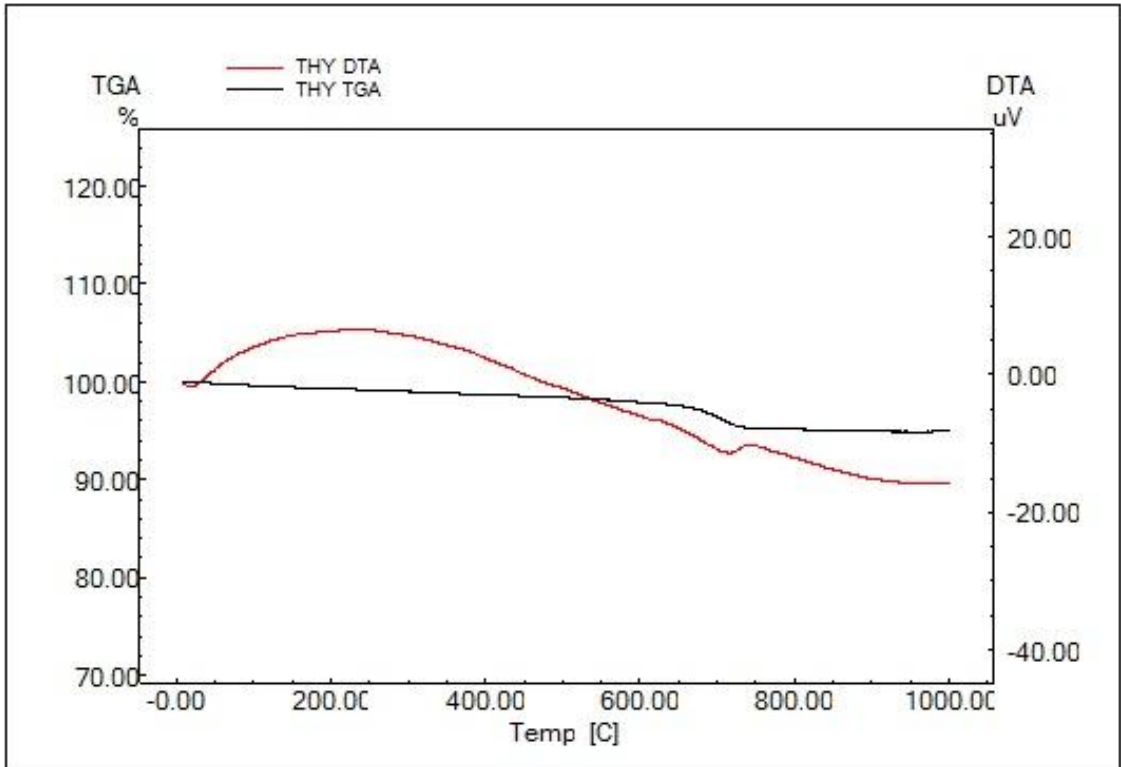


Şekil 4. 63. THK-8 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu

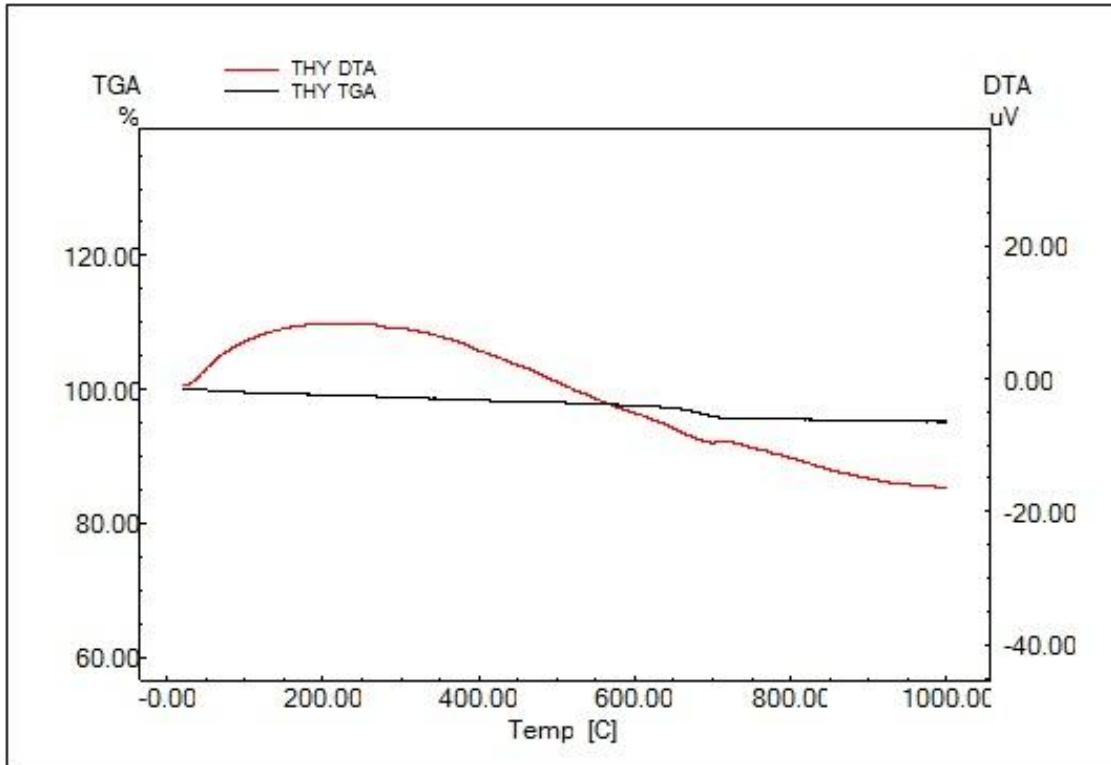


Şekil 4. 64. THK-9 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu

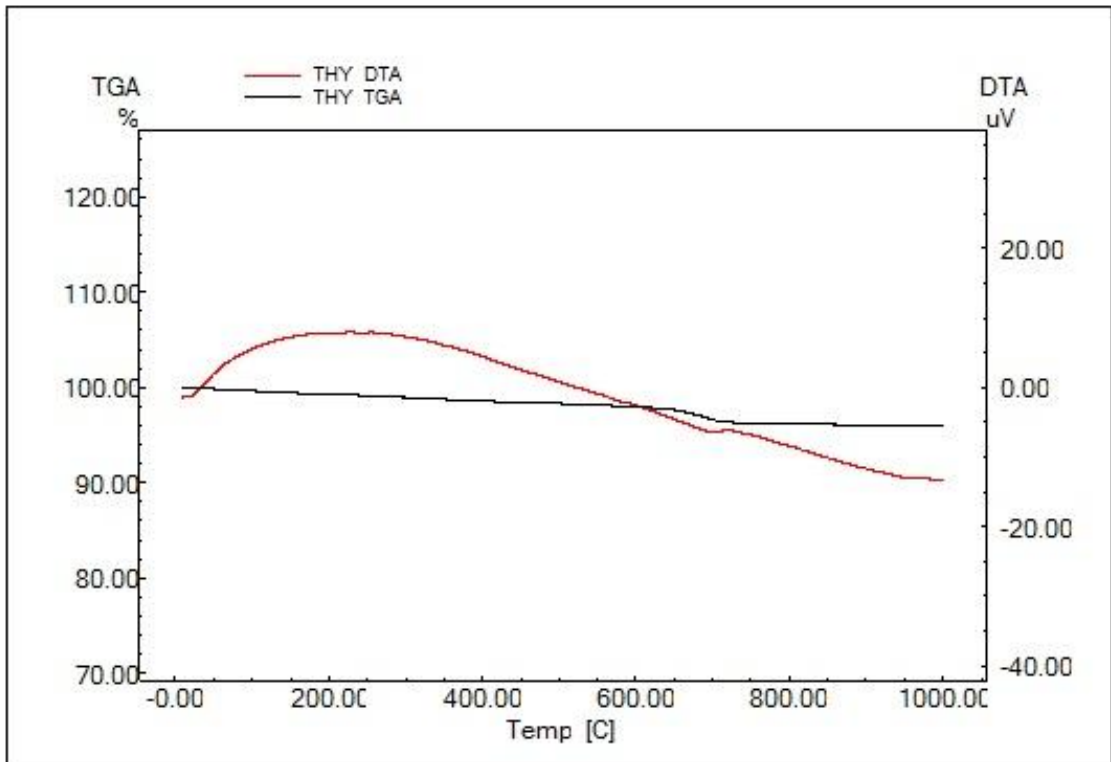
Erken Tunç Çağı yalın basit seramiklere ait spektrumları sırasıyla Şekil 4.65 - 4.79' de verilmiştir.



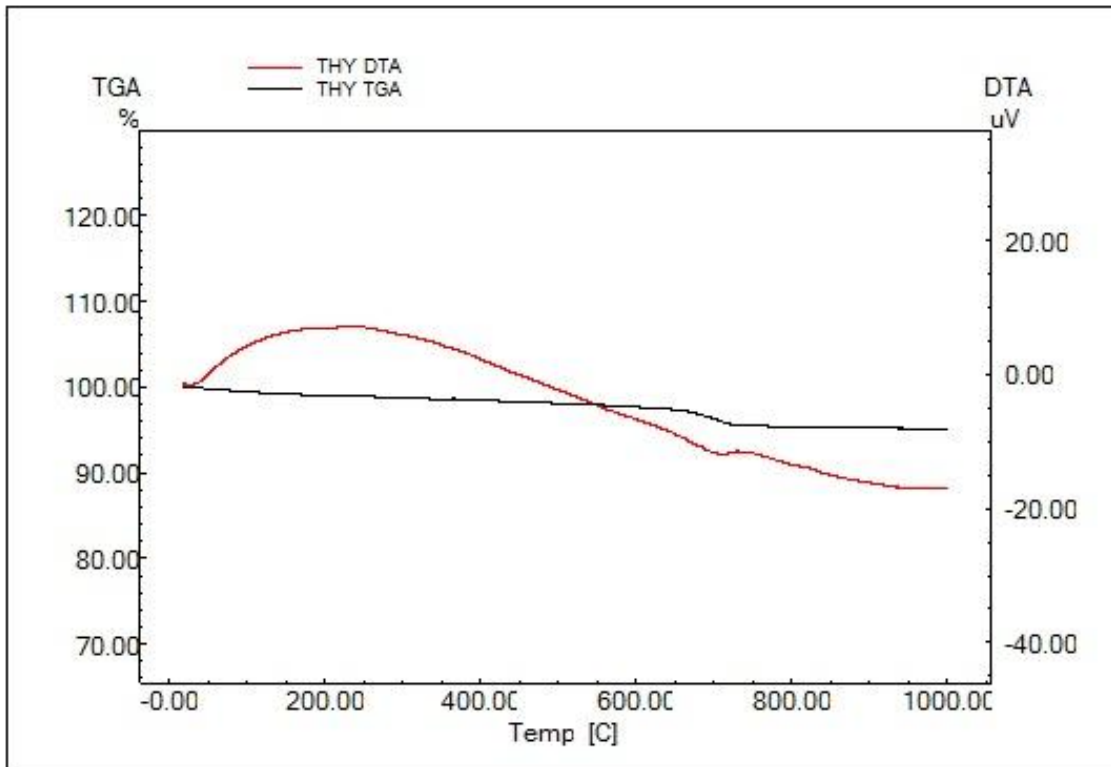
Şekil 4. 65. THY-1 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



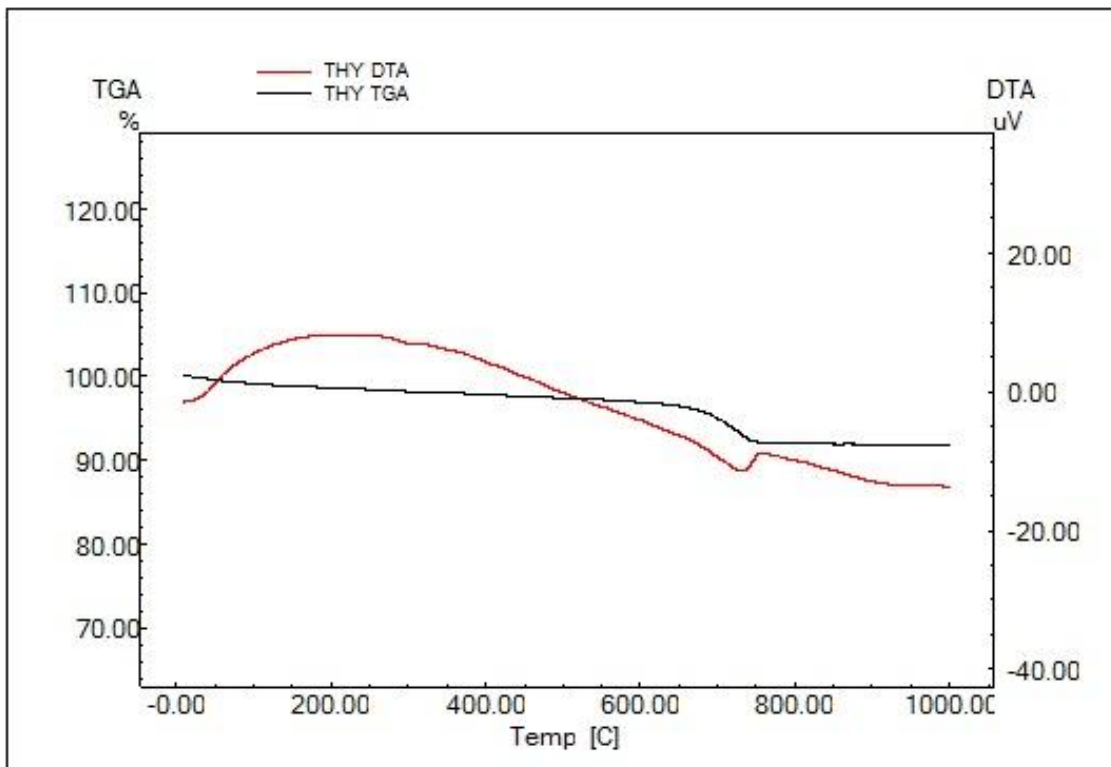
Şekil 4. 66. THY-2 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



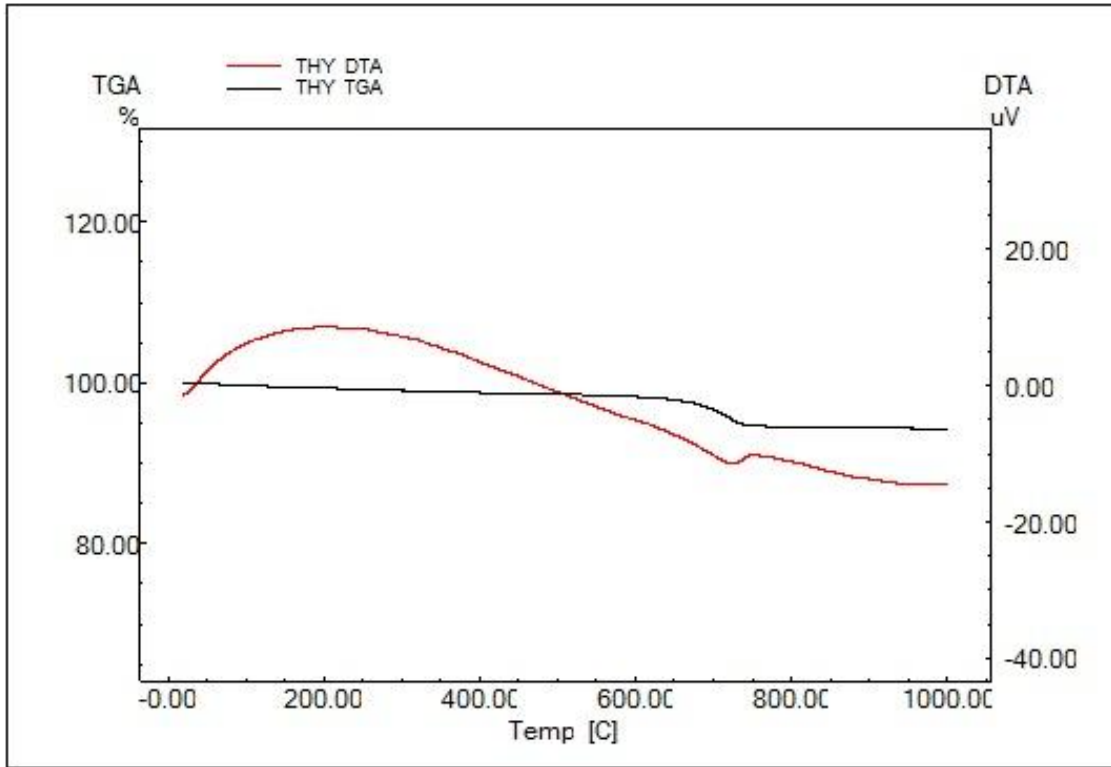
Şekil 4. 67. THY-3 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



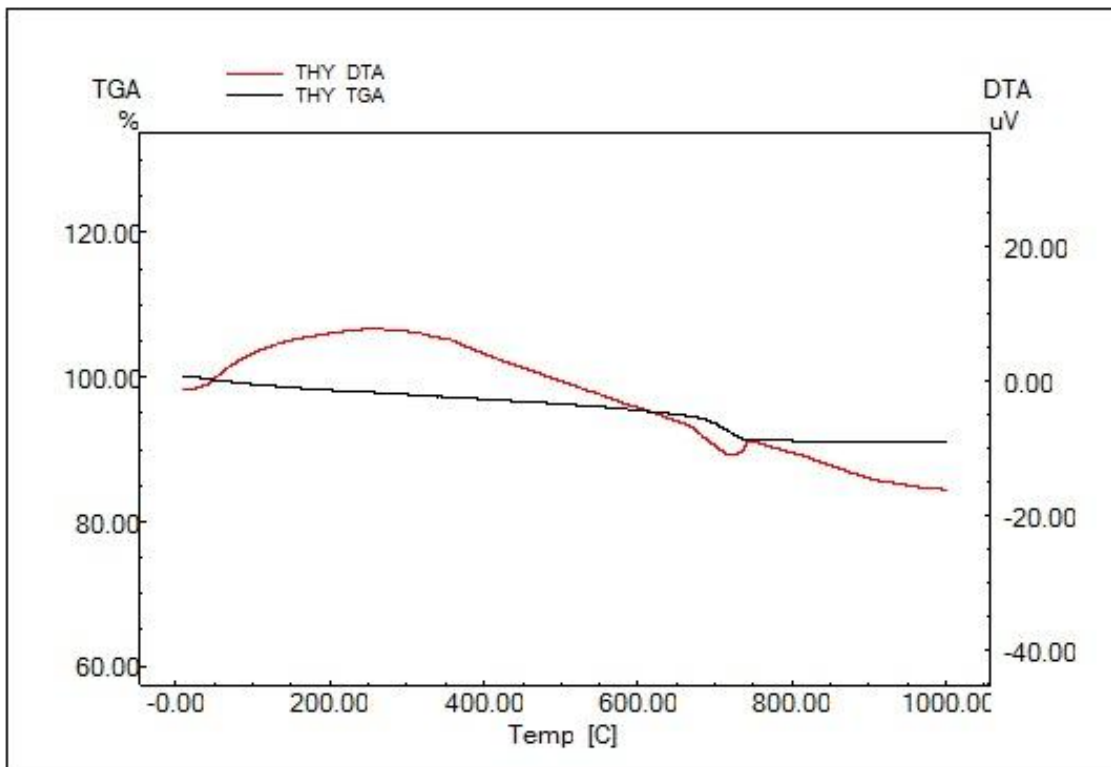
Şekil 4. 68. THY-4 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



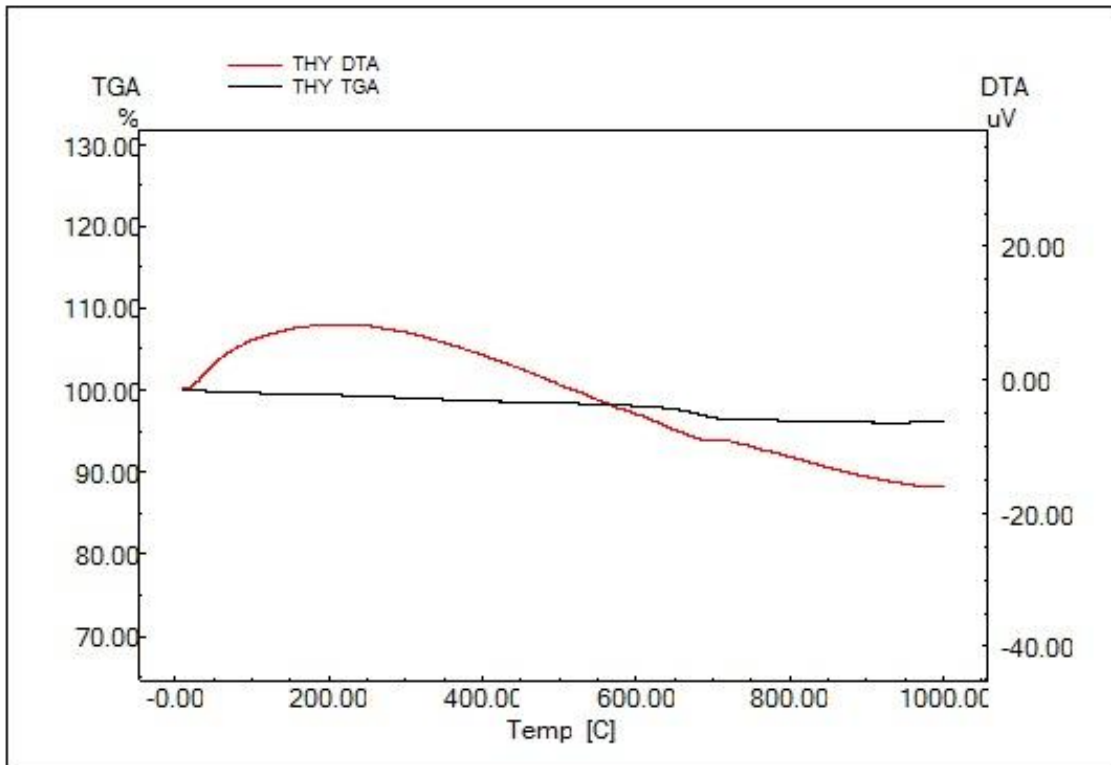
Şekil 4. 69. THY-5 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



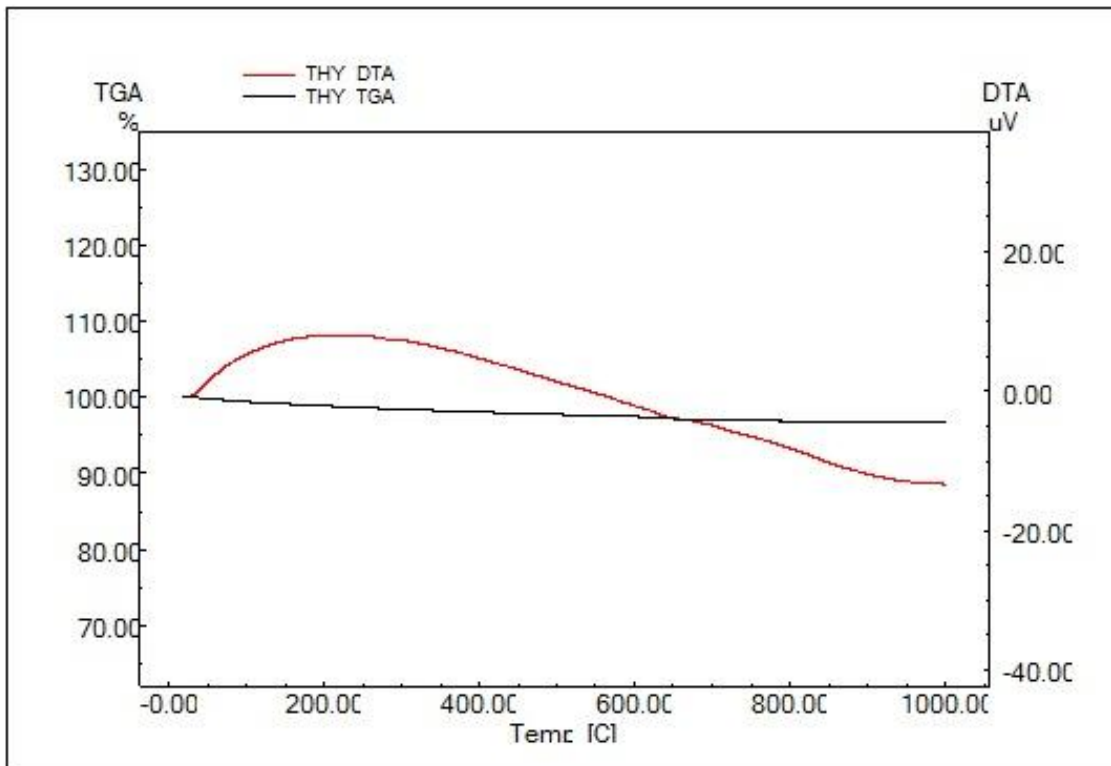
Şekil 4. 70. THY-6 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



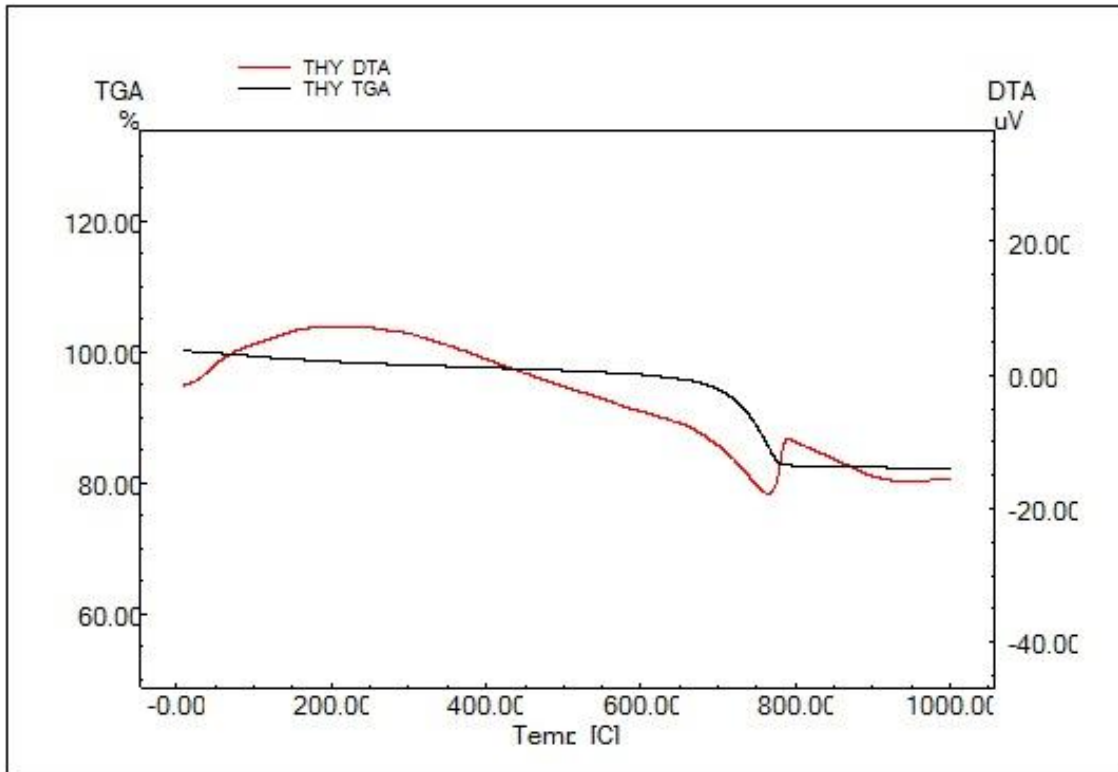
Şekil 4. 71. THY-7 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



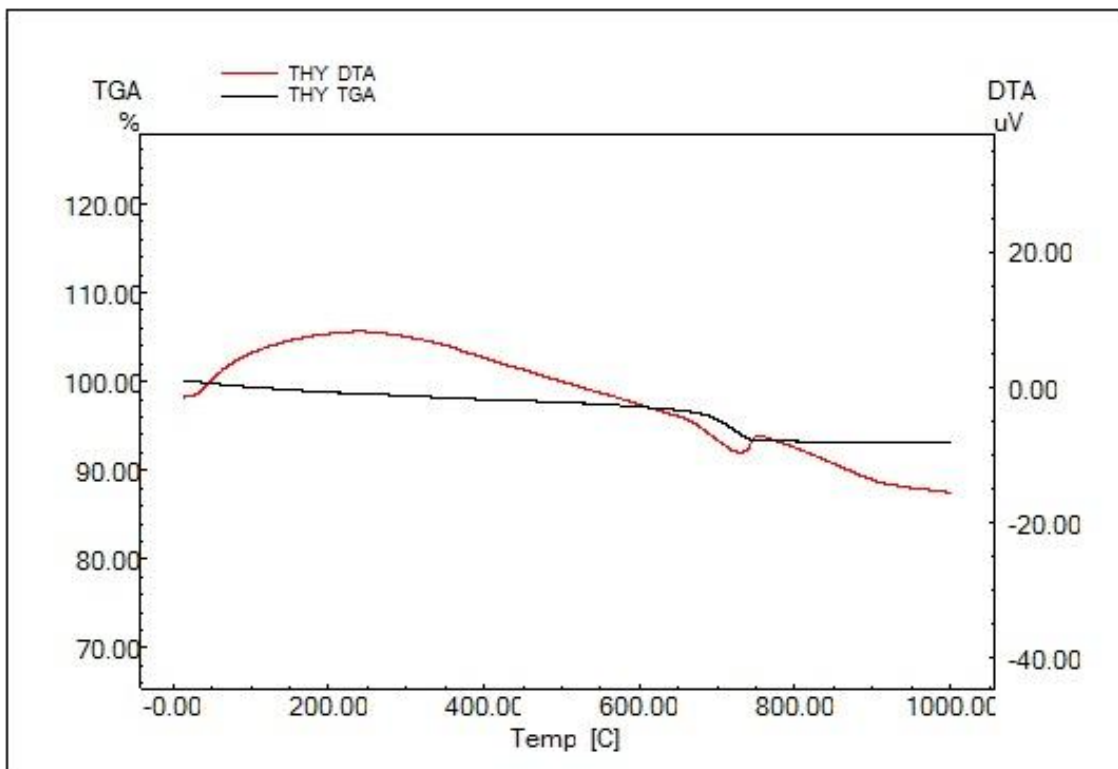
Şekil 4. 72. THY-8 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



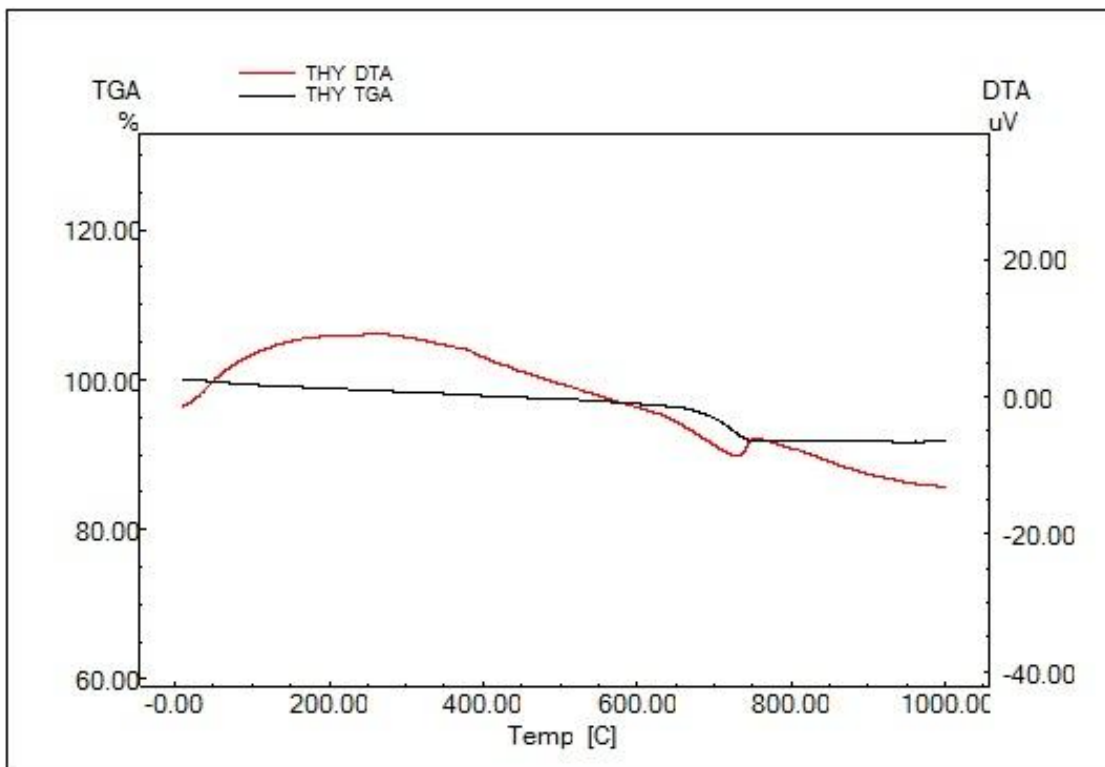
Şekil 4. 73. THY-9 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



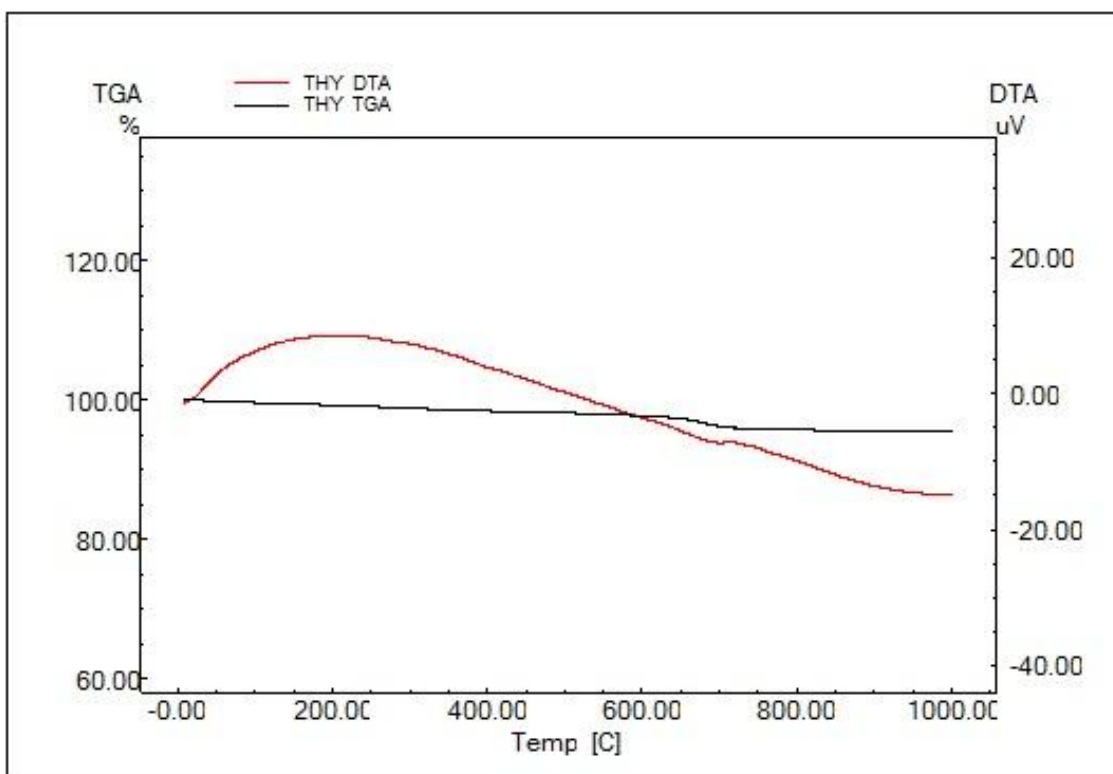
Şekil 4. 74. THY-10 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



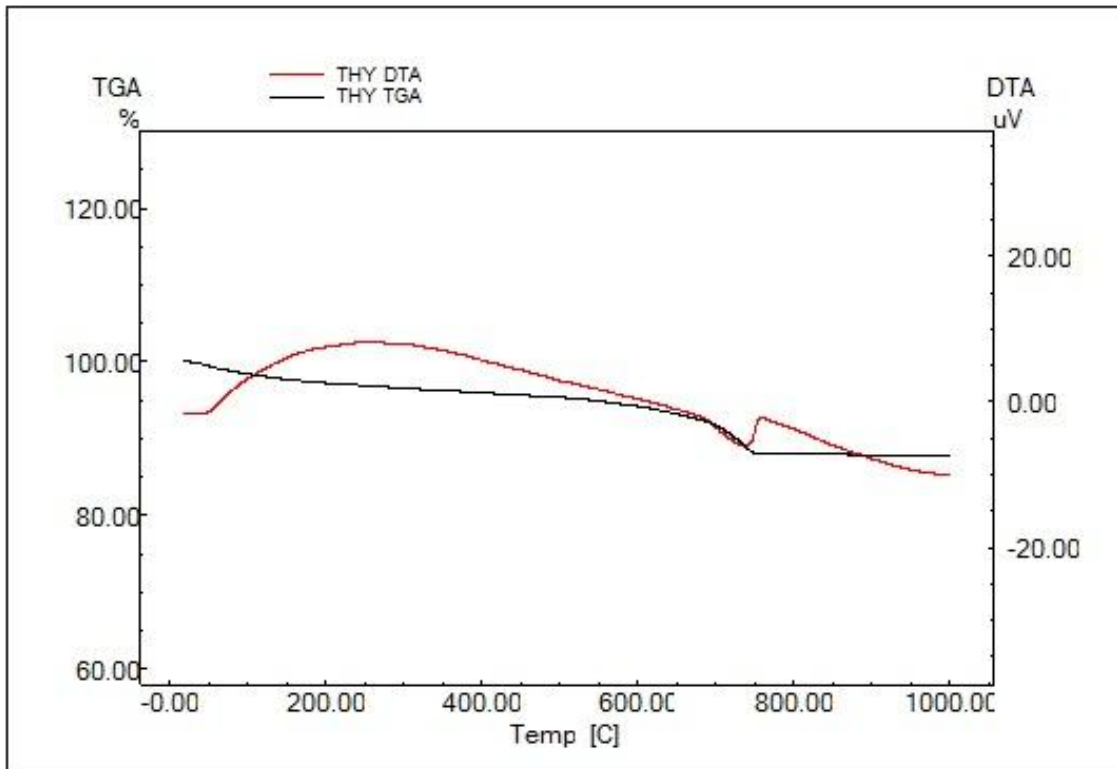
Şekil 4. 75. THY-11 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



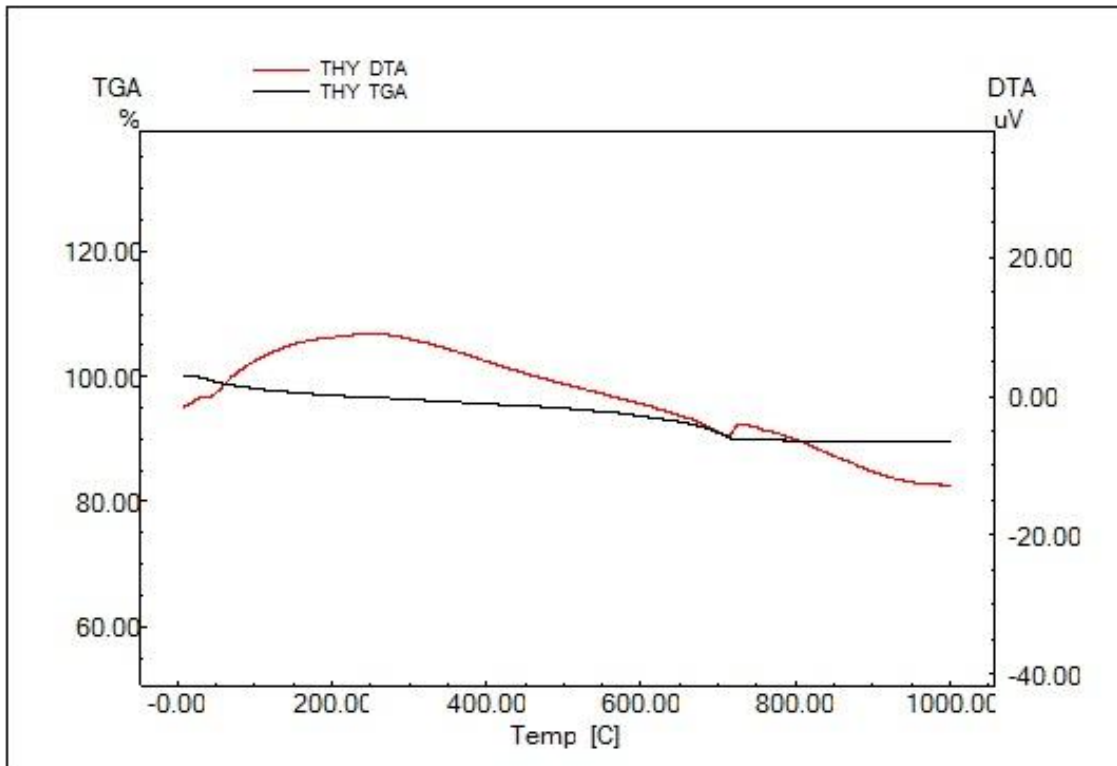
Şekil 4. 76. THY-12 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



Şekil 4. 77. THY-13 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



Şekil 4. 78. THY-14 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu



Şekil 4. 79. THY-15 numunesine ait TG-DTA analiz sonucu

Kırmızı astarlı gruba ait seramikler için yapılan TG-DTA analizinde 800°C civarında gözlemlenen endotermik etkinin birincil kalsit varlığına bağlı olarak belirgin bir biçimde kendini gösterdiği söylenebilir. XRD analizinde majör faz olarak belirlenen kalsit TG-DTA analizinde de bu karakteristik endotermik etkisiyle saptanmıştır. Kırmızı astarlı gruptaki seramiklerden farklı olarak yalın basit seramik örneklerine ait TG-DTA analizinde kalsitin bozunum sıcaklığı aralığında (yüksek sıcaklık fazlarının belirlendiği numuneler için) ihmal edilebilir endotermik etkiler gözlemlenmiştir. Bazı numunelerde ise bu etkiye rastlanılmamıştır. DTA eğrilerinde her iki grupta yer alan seramikler için belirlenen endotermik etkilerin olup olmama durumuna bağlı olarak TG eğrilerinde düşük ve yüksek ağırlık kayıpları belirlenmiştir. XRD analizinde yüksek sıcaklık fazları belirlenen örnekler için ihmal edilebilir ağırlık kayıpları oluşmuştur. Çizelge 4.3'de numuneler için verilen ağırlık kaybı değerlerinin bu bağlamda mineralojik ve kimyasal içerikler bakımından önceki analiz sonuçları ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir (Moropoulou ve ark., 1995; Velraj ve ark., 2010; Shoval, 2003; Fabbri ve ark., 2014; Meyvel ve ark., 2012).

Çizelge 4. 3. Temsili bazı örneklerde meydana gelen ağırlık kayıpları

Numune	Ağırlık kaybı (ağ. %)				
	25-200 °C	200-400 °C	400-600 °C	600-850 °C	850-1000 °C
THK-1	3.305	1,299	1.290	18.661	0.245
THK-2	2.117	1.178	1.059	10.362	0.149
THK-3	2.987	1.438	1.577	10.386	0.277
THK-4	3.591	1.172	1.505	18.512	0.215
THK-5	3.298	1.106	1.148	17.047	0.196
THK-6	3.278	1,387	1.482	14.877	0.152
THK-7	3.168	1.027	1.060	18.832	0.232
THK-8	3.237	1.288	1.252	16.582	0.144
THK-9	2.757	1.021	1.002	18.934	0.251
THY-1	0.669	0.623	0.770	2.886	0.119
THY-2	0.903	0.764	0.792	2.139	0.264
THY-3	0.710	0.691	0.633	1.842	0.038
THY-4	1.010	0.563	0.797	2.370	0.170
THY-5	1.280	0.819	0.901	4.997	0.123
THY-6	0.706	0.527	0.538	3.779	0.202
THY-7	1.779	1.277	1.516	4.357	0.131
THY-8	0.587	0.677	0.643	1.895	0.45
THY-9	1.168	0.820	0.572	0.646	0.186
THY-10	1.479	0.963	1.057	14.017	0.317
THY-11	1.209	0.826	0.826	3.941	0.167
TYH-12	1.159	0.985	1.067	5.020	0.081
THY-13	0.738	0.805	0.698	2.108	0.188
THY-14	2.744	1.304	1.745	6.297	0.168
THY-15	2.957	1.354	1.990	4.062	0.152

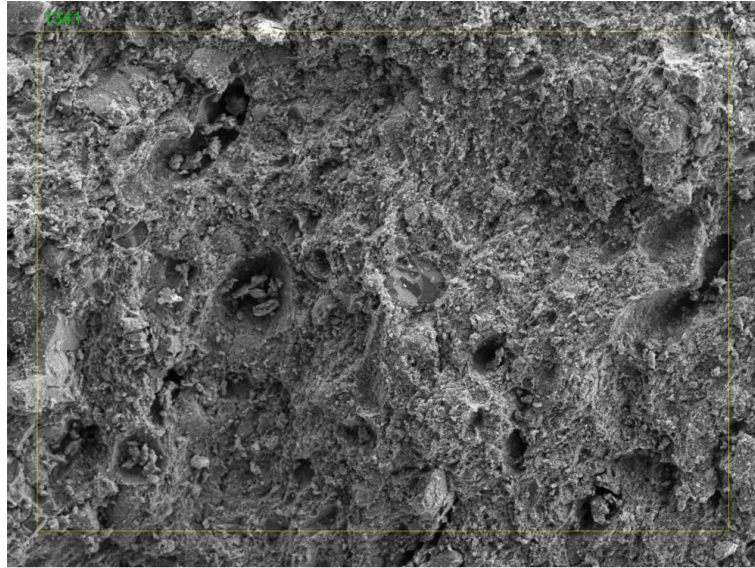
Yukarıda belirtilen sonuçlara verilebilecek temsili örnekler şu şekildedir; THK-3 kodlu numunede kalsit majör faz olarak belirlenirken kuvars, feldspat, plajiyoklaz ve kil mineralleri ikincil faz olarak gözlemlenmiştir. Bu numunenin TG-DTA eğrileri incelendiğinde 800°C civarında belirgin bir endotermik etki gözlemlenmiş olup bu etki birincil kalsit varlığına işaret etmiştir. THY-9 kodlu numunenin XRD paterninde yüksek

sıcaklık fazları olan piroksen ve gehlenit belirlenirken kalsitin çok düşük şiddette pik verdiği gözlemlenmiştir. Bu duruma bağlı olarak aynı numunenin TG-DTA analizinde kalsitin bozunum sıcaklık aralığında herhangi bir endotermik etkiye rastlanılmamıştır. Bu bağlamda elde edilen sonuçların kendi aralıklarında uyumlu olduğu gözlemlenmiştir (Shoval, 2003; Fabbri ve ark., 2014; Meyvel ve ark., 2012).

Son olarak, her iki grupta yer alan seramiklerin TG-DTA eğrilerinde 900°C ve daha yüksek sıcaklıklarda belirgin bir endotermik veya ekzotermik etkinin olmaması seramiklerde polimorfik değişimlerin olmadığı veya çok sınırlı olduğunu göstermekte ve bu sonuç seramiklerin 1000°C gibi yüksek sıcaklıklara maruz kalmadıklarını işaret etmektedir (Krapukaitytė ve ark., 2008). Bazı numunelerin FTIR analizlerinde çakışan kalsit, ankerit ve huntit bant değerlerinin kalsite ait olduğu huntit ve ankeritin DTA etkilerinin gözlemlenmemesi ile ortaya konulmuştur (Dubrawski ve Warne, 1988; Faust, 1953).

#### 4.5. SEM-EDX Analiz Sonuçları

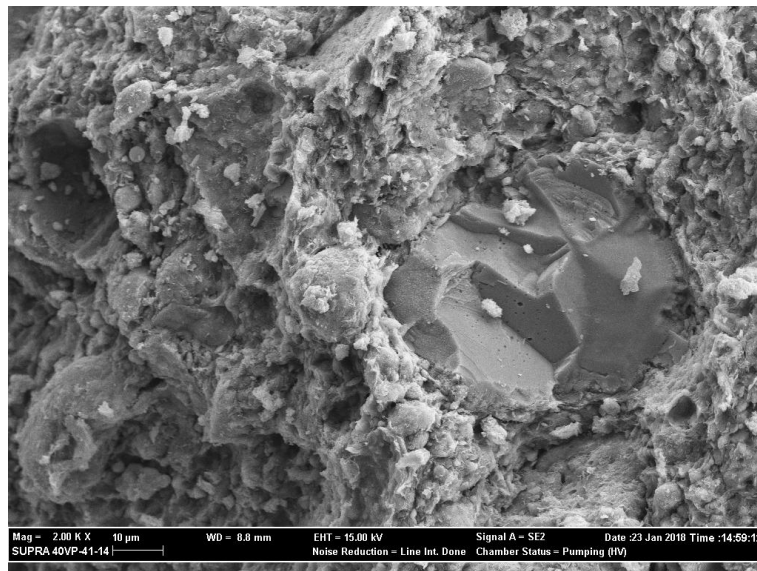
Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramik buluntularına ait SEM/EDX analiz sonuçları sırasıyla Şekil 4.80 – 4.97 ve Çizelge 4.4 – 4.12’de verilmiştir.



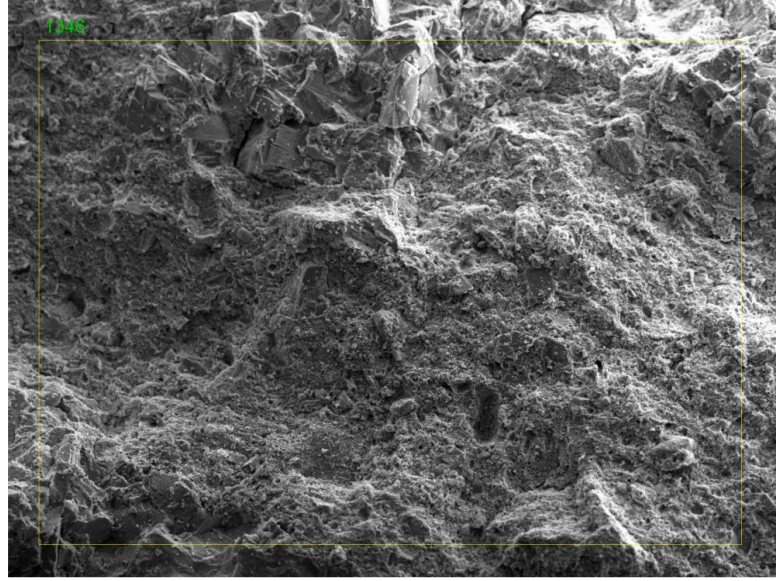
Şekil 4. 80. THK-1 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm)

Çizelge 4. 4. THK -1 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [at. %]	Compound	norm. Comp. C [wt. %]	Error (3 Sigma) [wt. %]
Oxygen	10.99	41.04	59.66		0.00	7.19
Magnesium	0.18	0.68	0.66	MgO	1.14	0.17
Aluminium	1.58	5.90	5.09	Al2O3	11.14	0.42
Silicon	5.49	20.50	16.98	SiO2	43.85	0.93
Potassium	0.17	0.64	0.38	K2O	0.78	0.16
Calcium	6.90	25.78	14.96	CaO	36.07	0.97
Iron	1.46	5.46	2.27	FeO	7.02	0.57
Total:	26.78	100.00	100.00			



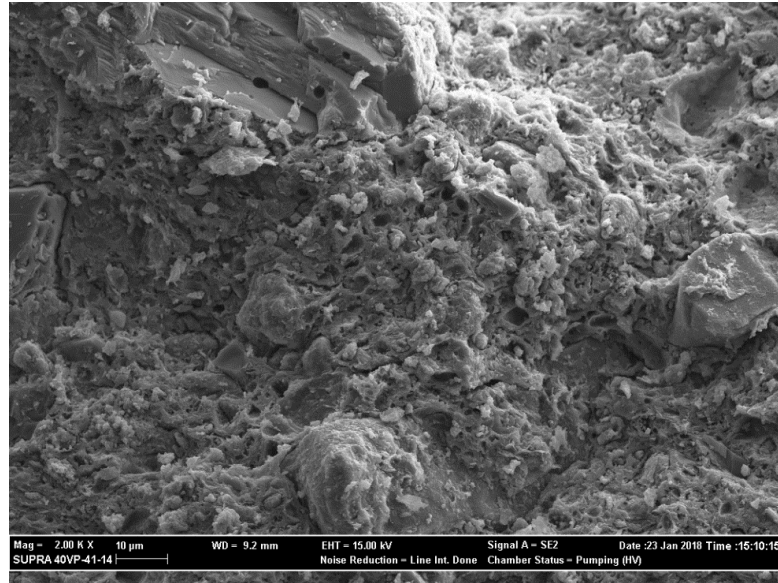
Şekil 4. 81. THK-1 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm)



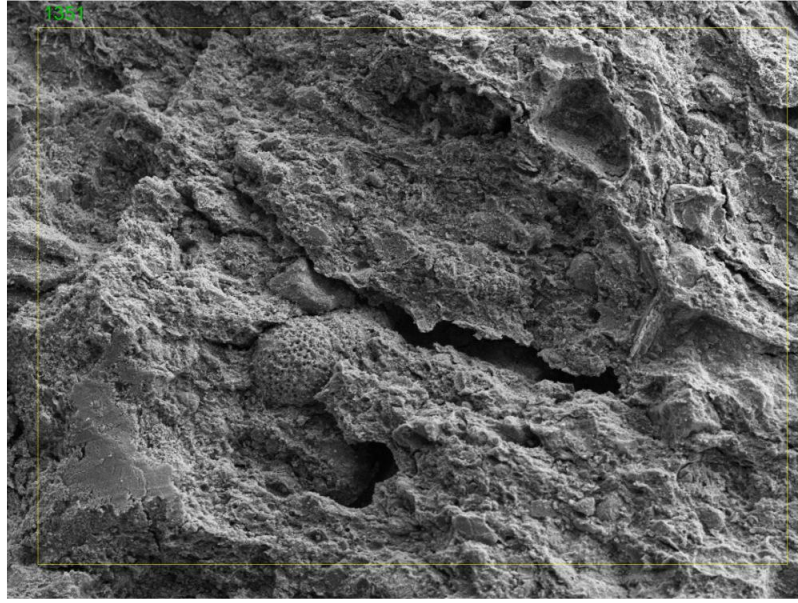
Şekil 4. 82. THK-2 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm)

Çizelge 4. 5. THK -2 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [at. %]	Compound	norm. Comp. C [wt. %]	Error (3 Sigma) [wt. %]
Oxygen	13.84	44.08	60.93		0.00	7.72
Iron	1.26	4.02	1.59	FeO	5.17	0.48
Sodium	0.24	0.77	0.74	Na <sub>2</sub> O	1.03	0.19
Magnesium	0.48	1.53	1.39	MgO	2.53	0.23
Aluminium	2.71	8.63	7.08	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.31	0.57
Silicon	7.54	24.01	18.90	SiO <sub>2</sub>	51.36	1.15
Potassium	0.25	0.78	0.44	K <sub>2</sub> O	0.95	0.17
Calcium	5.08	16.18	8.93	CaO	22.65	0.74
Total:	31.40	100.00	100.00			



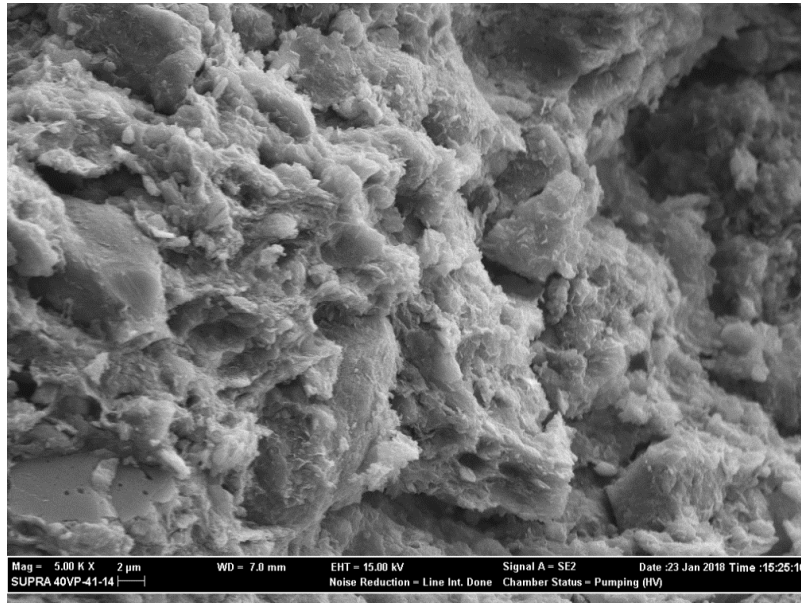
Şekil 4. 83. THK-2 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm)



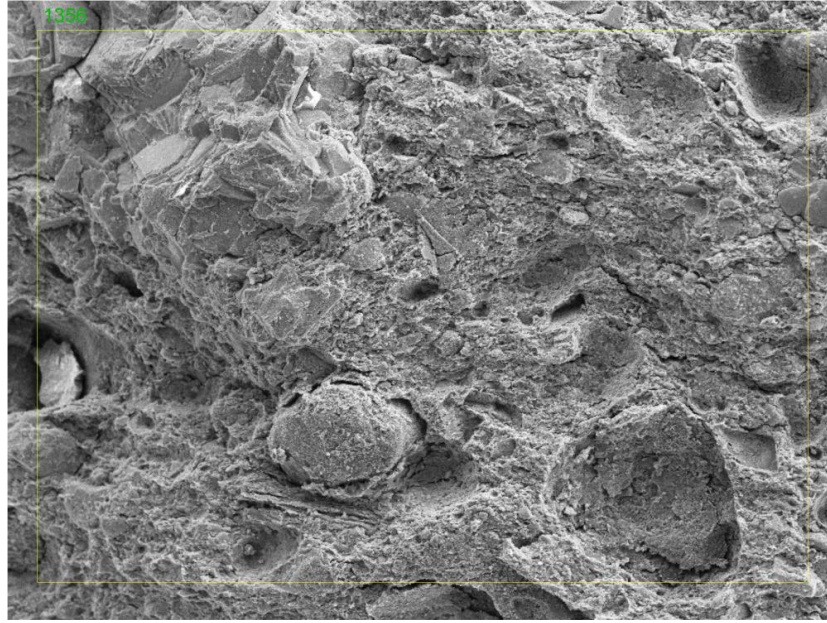
Şekil 4. 84. THK-3 numunesine ait SEM görüntüsü (100 μm)

Çizelge 4. 6. THK -3 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [at. %]	Compound	norm. Comp. C [wt. %]	Error (3 Sigma) [wt. %]
Oxygen	10.18	44.40	61.77		0.00	6.52
Magnesium	0.19	0.83	0.76	MgO	1.38	0.17
Aluminium	1.85	8.09	6.67	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.28	0.46
Silicon	5.85	25.50	20.21	SiO <sub>2</sub>	54.55	0.97
Calcium	3.14	13.71	7.61	CaO	19.18	0.58
Iron	1.71	7.47	2.98	FeO	9.61	0.61
Total:	22.93	100.00	100.00			



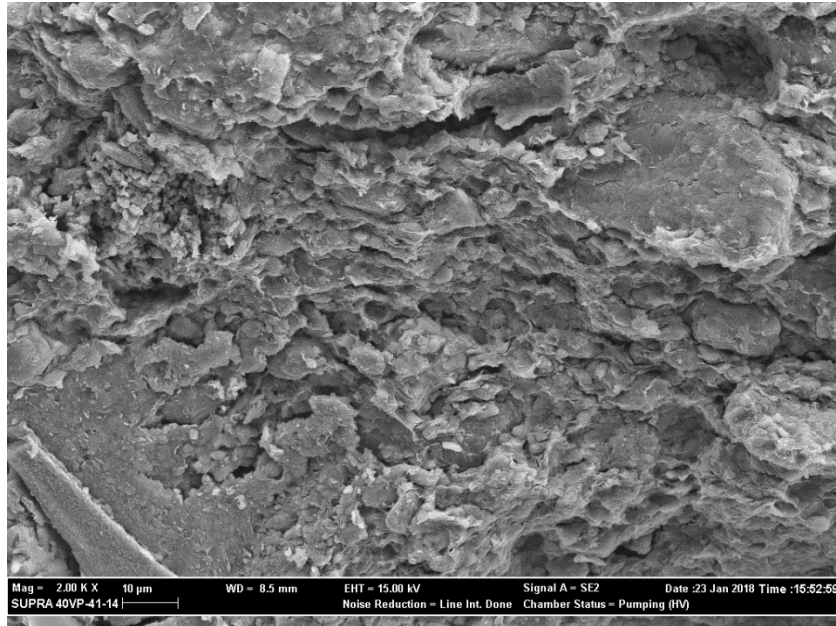
Şekil 4. 85. THK-3 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 μm)



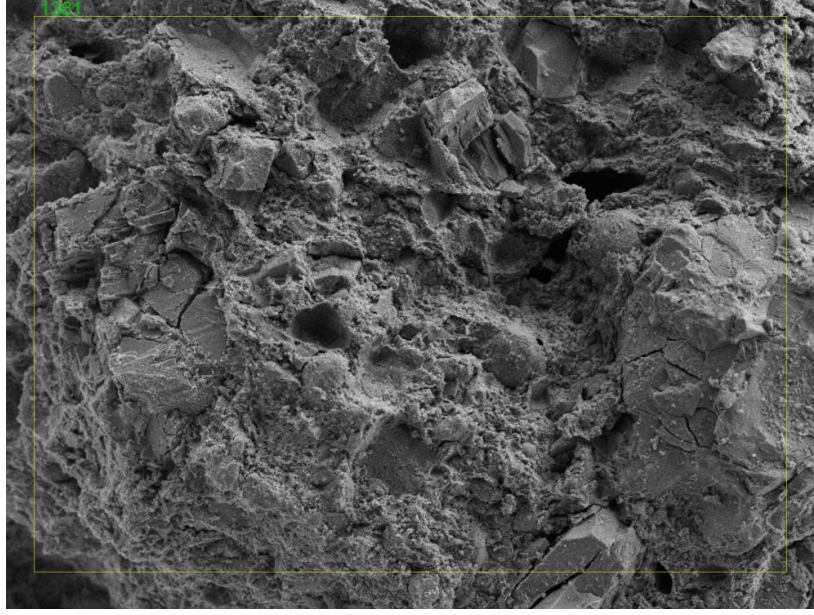
Şekil 4. 86. THK-4 numunesine ait SEM görüntüsü (100 μm)

Çizelge 4. 7. THK-4 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Comp. C Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	9.93	43.33	60.59		0.00	6.69
Iron	1.67	7.28	2.92	FeO	9.37	0.61
Sodium	0.44	1.92	1.87	Na2O	2.59	0.27
Magnesium	0.28	1.24	1.14	MgO	2.05	0.20
Aluminium	1.64	7.14	5.92	Al2O3	13.50	0.43
Silicon	5.51	24.05	19.16	SiO2	51.45	0.93
Calcium	3.44	15.04	8.39	CaO	21.04	0.62
Total:	22.91	100.00	100.00			



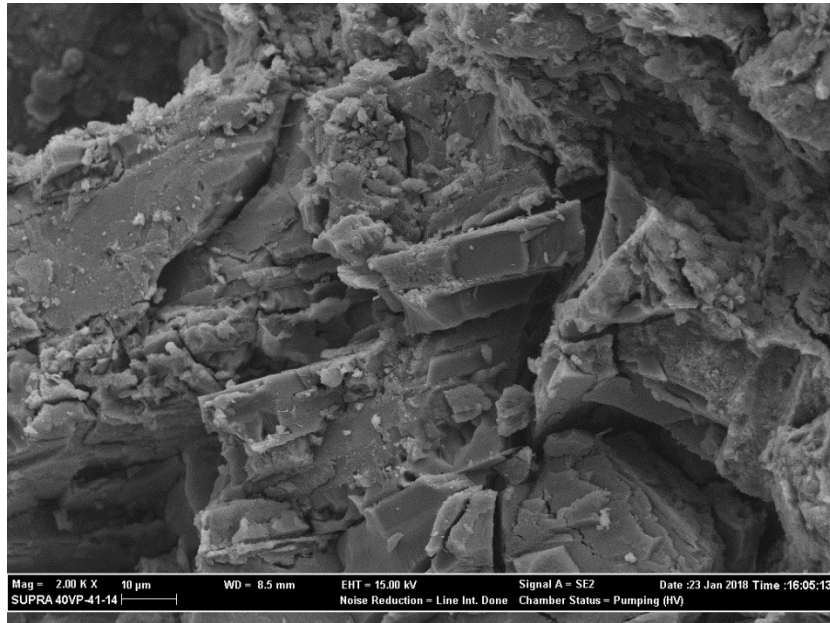
Şekil 4. 87. THK-4 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 μm)



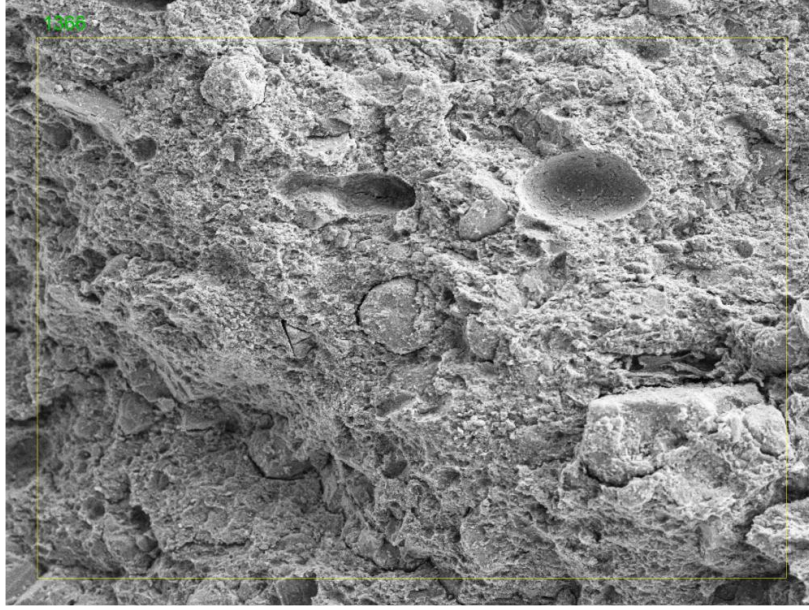
Şekil 4. 88. THK-5 numunesine ait SEM görüntüsü (100 μm)

Çizelge 4. 8. THK-5 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [at. %]	Compound	norm. Comp. C [wt. %]	Error (3 Sigma) [wt. %]
Oxygen	10.03	42.90	60.63		0.00	6.36
Aluminium	1.53	6.56	5.50	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.40	0.41
Magnesium	0.20	0.84	0.78	MgO	1.39	0.17
Iron	1.86	7.98	3.23	FeO	10.26	0.63
Sodium	0.32	1.38	1.36	Na <sub>2</sub> O	1.86	0.23
Silicon	5.57	23.84	19.19	SiO <sub>2</sub>	51.00	0.93
Calcium	3.86	16.50	9.31	CaO	23.08	0.65
Total:	23.37	100.00	100.00			



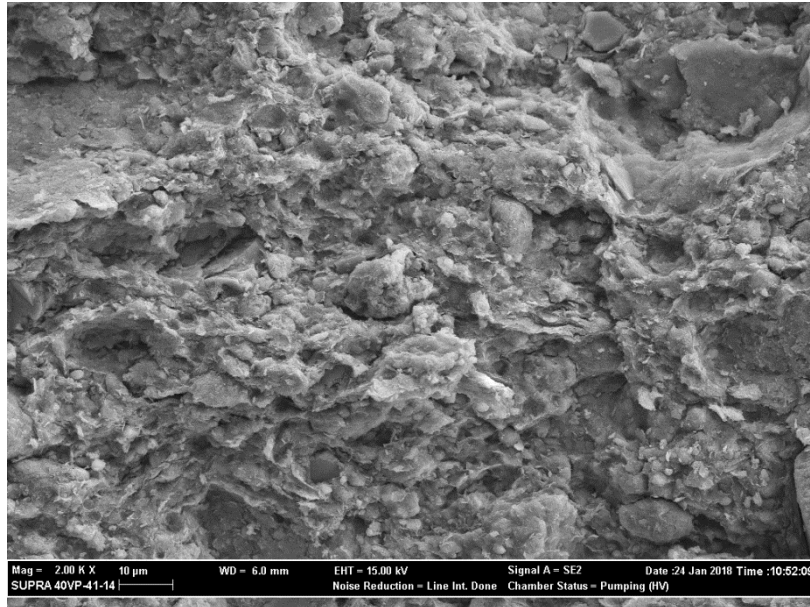
Şekil 4. 89. THK-5 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 μm)



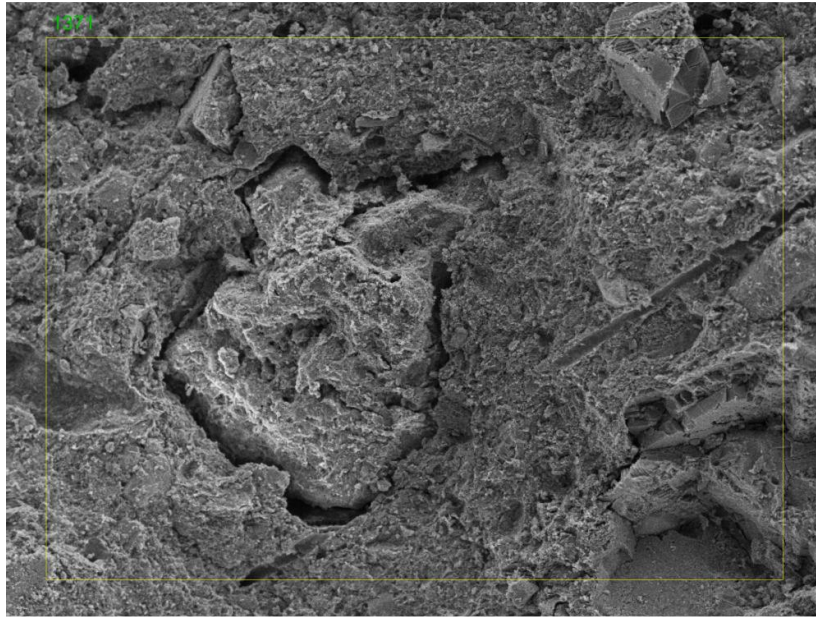
Şekil 4. 90. THK-6 numunesine ait SEM görüntüsü (100 μm)

Çizelge 4. 9. THK-6 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	11.10	42.44	60.44		0.00	7.86
Magnesium	0.41	1.56	1.46	MgO	2.59	0.25
Aluminium	1.72	6.56	5.54	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.40	0.48
Silicon	5.92	22.63	18.36	SiO <sub>2</sub>	48.42	1.04
Potassium	0.22	0.85	0.49	K <sub>2</sub> O	1.02	0.19
Calcium	5.05	19.31	10.98	CaO	27.02	0.87
Iron	1.74	6.65	2.71	FeO	8.55	0.72
Total:	26.15	100.00	100.00			



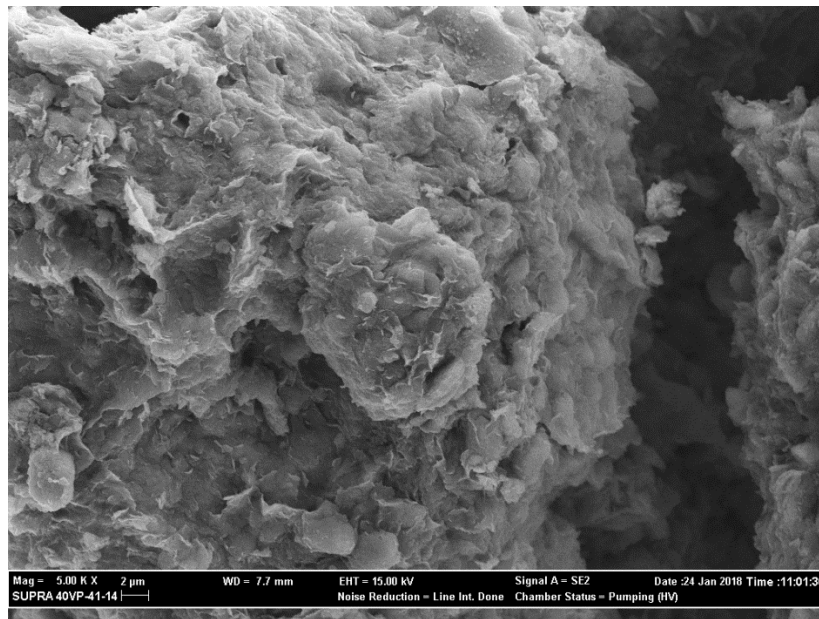
Şekil 4. 91. THK-6 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 μm)



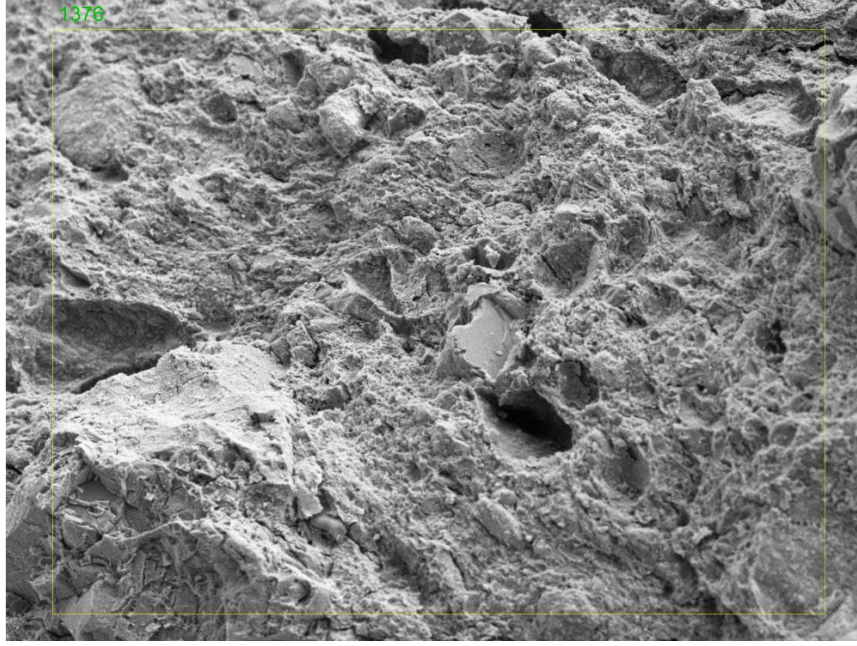
Şekil 4. 92. THK-7 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm)

Çizelge 4. 10. THK-7 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	10.89	41.81	60.12		0.00	7.36
Magnesium	0.29	1.11	1.05	MgO	1.85	0.21
Aluminium	1.66	6.38	5.44	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.06	0.45
Silicon	5.62	21.56	17.66	SiO <sub>2</sub>	46.13	0.97
Potassium	0.13	0.49	0.29	K <sub>2</sub> O	0.59	0.15
Calcium	5.85	22.45	12.89	CaO	31.41	0.90
Iron	1.61	6.19	2.55	FeO	7.96	0.64
Total:	26.05	100.00	100.00			



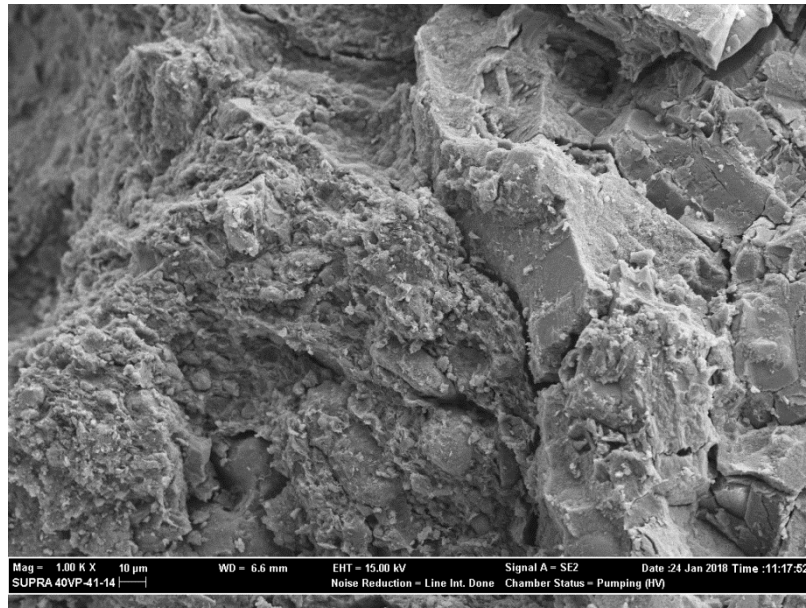
Şekil 4. 93. THK-7 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm)



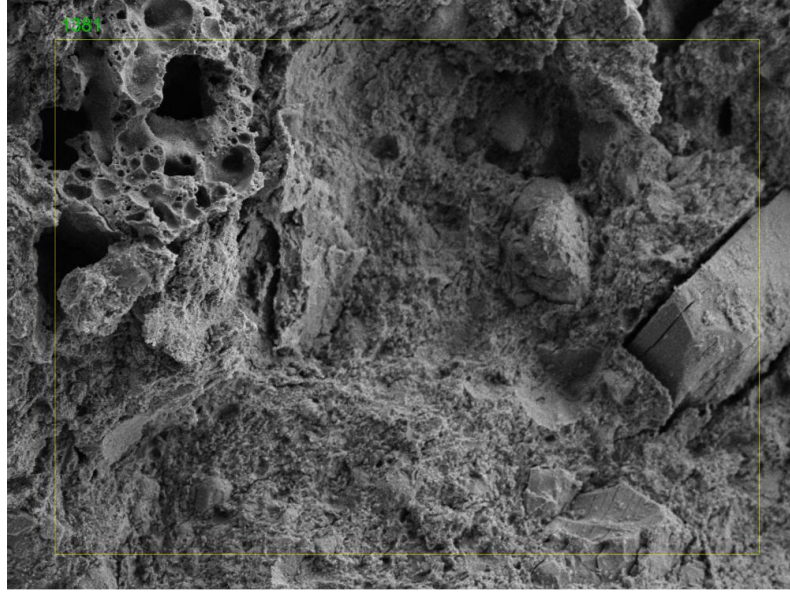
Şekil 4. 94. THK-8 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm)

Çizelge 4. 11. THK-8 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. [wt.%]	Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	12.54	42.59	60.52			0.00	7.49
Aluminium	2.24	7.61	6.42	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		14.39	0.52
Silicon	6.59	22.36	18.10	SiO <sub>2</sub>		47.84	1.06
Magnesium	0.29	0.98	0.92	MgO		1.62	0.20
Potassium	0.28	0.97	0.56	K <sub>2</sub> O		1.16	0.18
Calcium	5.72	19.41	11.01	CaO		27.16	0.85
Iron	1.79	6.08	2.48	FeO		7.82	0.62
Total:	29.45	100.00	100.00				



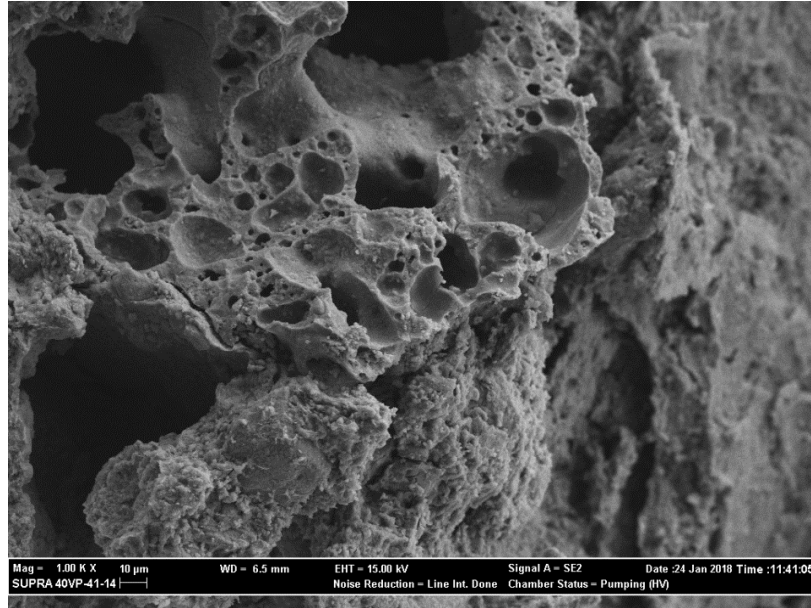
Şekil 4. 95. THK-8 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm)



Şekil 4. 96. THK-9 numunesine ait SEM görüntüsü (100 μm)

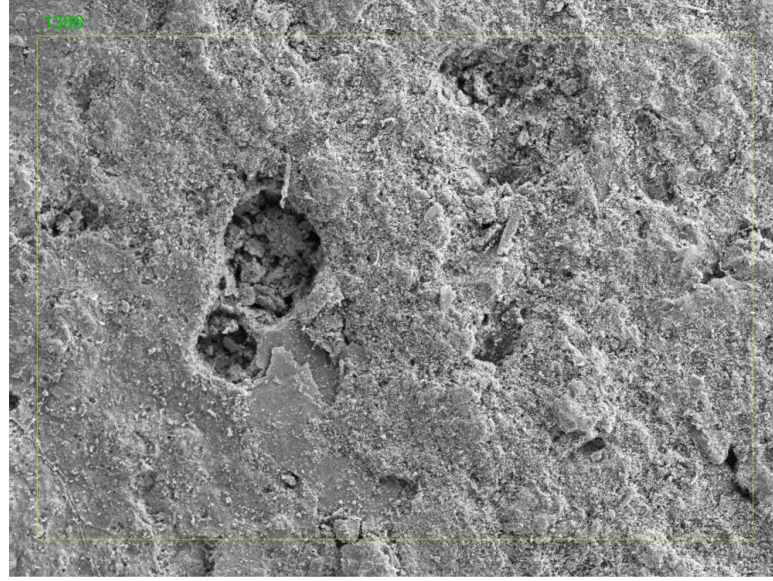
Çizelge 4. 12. THK-9 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	9.18	42.56	60.65		0.00	6.53
Aluminium	1.45	6.70	5.66	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.66	0.43
Silicon	4.91	22.74	18.46	SiO <sub>2</sub>	48.66	0.89
Calcium	4.26	19.77	11.25	CaO	27.66	0.77
Iron	1.52	7.06	2.88	FeO	9.09	0.65
Magnesium	0.25	1.17	1.10	MgO	1.94	0.20
Total:	21.57	100.00	100.00			



Şekil 4. 97. THK-9 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 μm)

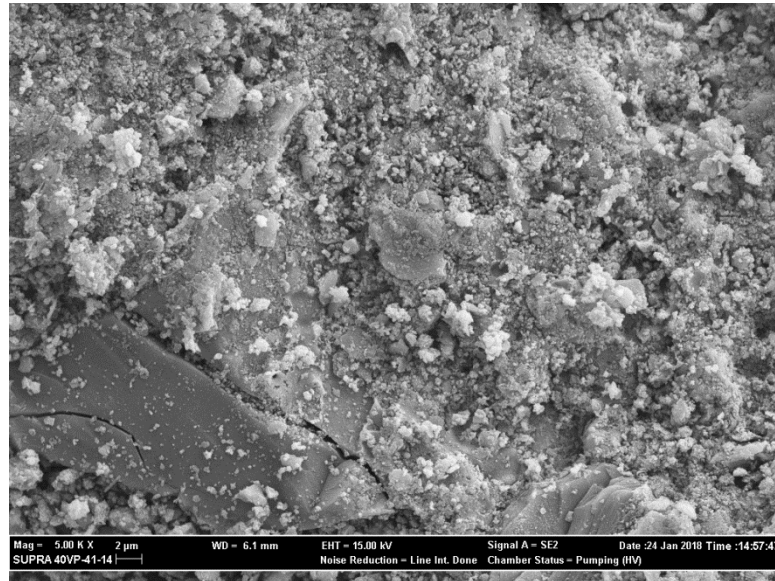
Erken Tunç Çağı yalın basit seramiklere ait SEM/EDX analiz sonuçları sırasıyla Şekil 4.98 - 4.127 ve Çizelge 4.13 - 4.27'de verilmiştir.



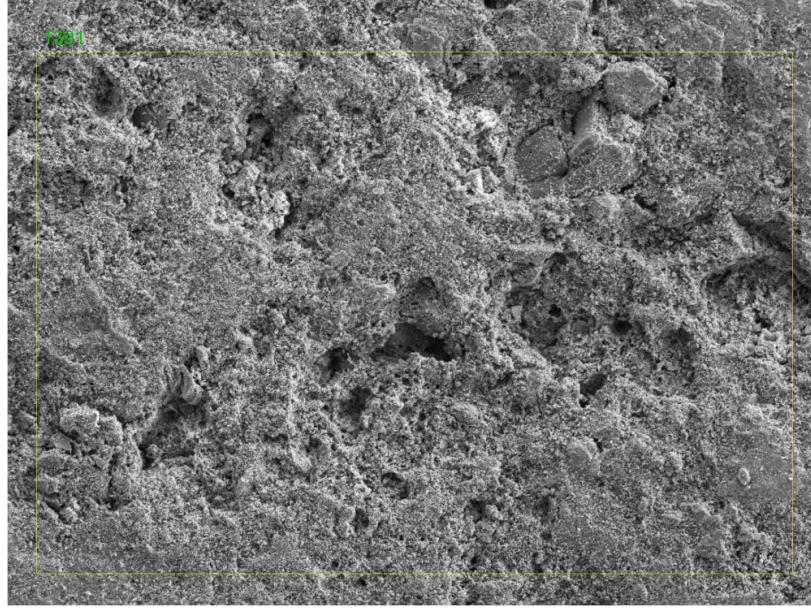
Şekil 4. 98. THY-1 numunesine ait SEM görüntüsü (100 µm)

Çizelge 4. 13. THY-1 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. [wt.%]	Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	8.68	44.70	61.61		0.00		7.18
Iron	1.52	7.82	3.09	FeO	10.06		0.60
Sodium	0.06	0.33	0.32	Na <sub>2</sub> O	0.45		0.14
Magnesium	0.38	1.98	1.80	MgO	3.28		0.23
Aluminium	1.61	8.27	6.76	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.63		0.44
Silicon	5.04	25.97	20.39	SiO <sub>2</sub>	55.56		0.88
Potassium	0.26	1.36	0.77	K <sub>2</sub> O	1.64		0.19
Calcium	1.86	9.56	5.26	CaO	13.38		0.45
Total:	19.41	100.00	100.00				



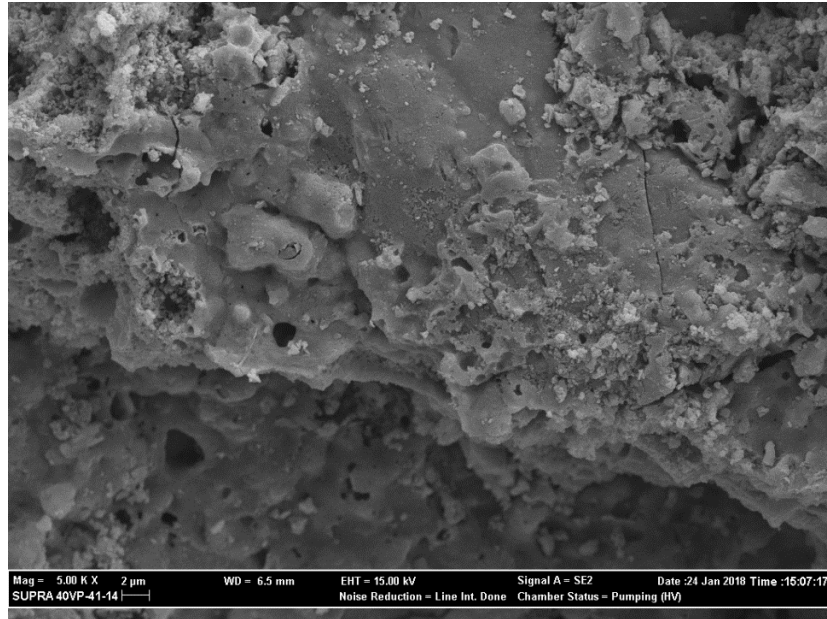
Şekil 4. 99. THY-1 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 µm)



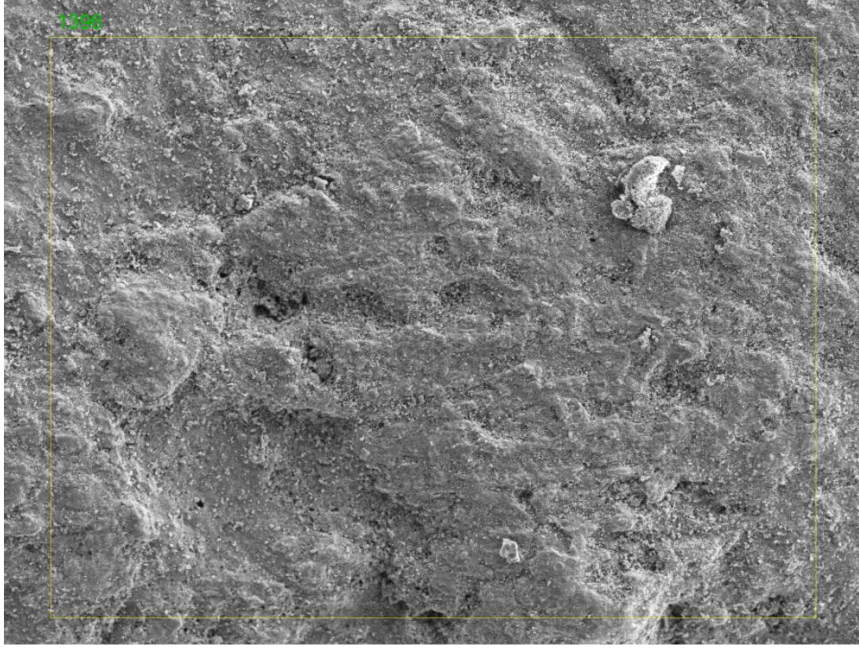
Şekil 4. 100. THY-2 numunesine ait SEM görüntüsü (100  $\mu\text{m}$ )

Çizelge 4. 14. THY-2 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [at. %]	Compound	norm. Comp. C [wt. %]	Error (3 Sigma) [wt. %]
Oxygen	8.23	46.30	62.80		0.00	6.40
Magnesium	0.20	1.11	0.99	MgO	1.83	0.17
Aluminium	1.30	7.31	5.88	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.80	0.37
Silicon	5.22	29.34	22.67	SiO <sub>2</sub>	62.76	0.88
Calcium	1.70	9.59	5.19	CaO	13.41	0.42
Iron	1.13	6.37	2.47	FeO	8.19	0.49
Total:	17.79	100.00	100.00			



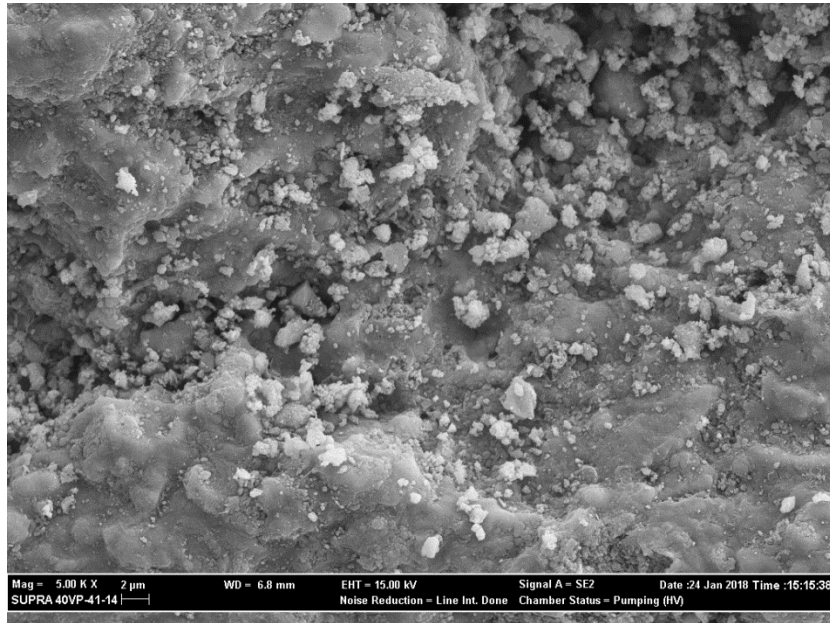
Şekil 4. 101. THY-2 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10  $\mu\text{m}$ )



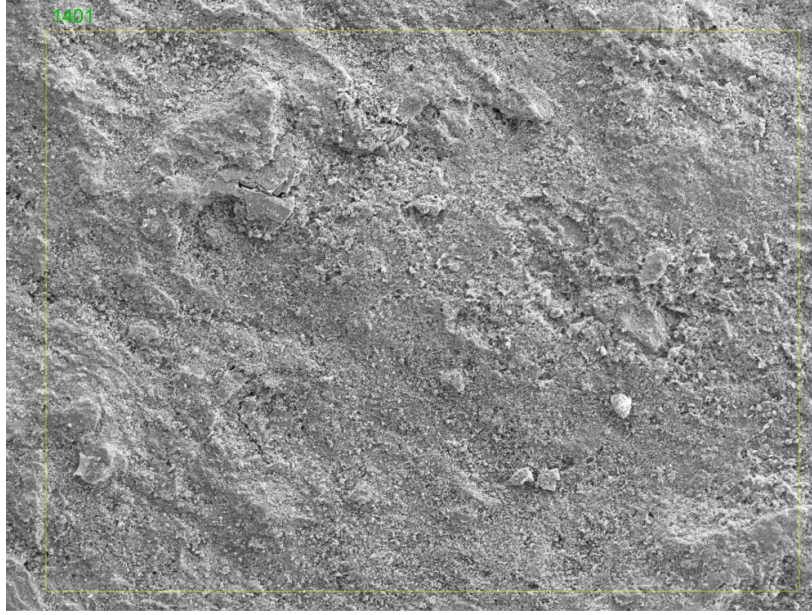
Şekil 4. 102. THY-3 numunesine ait SEM görüntüsü (100 μm)

Çizelge 4. 15. THY-3 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [at. %]	Compound	norm. Comp. C [wt. %]	Error (3 Sigma) [wt. %]
Oxygen	9.63	47.48	63.49		0.00	7.22
Magnesium	0.17	0.82	0.72	MgO	1.37	0.16
Aluminium	1.09	5.37	4.26	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.15	0.33
Silicon	6.61	32.62	24.85	SiO <sub>2</sub>	69.78	1.06
Calcium	1.92	9.49	5.07	CaO	13.28	0.44
Iron	0.86	4.22	1.62	FeO	5.43	0.43
-----						
Total:	20.27	100.00	100.00			



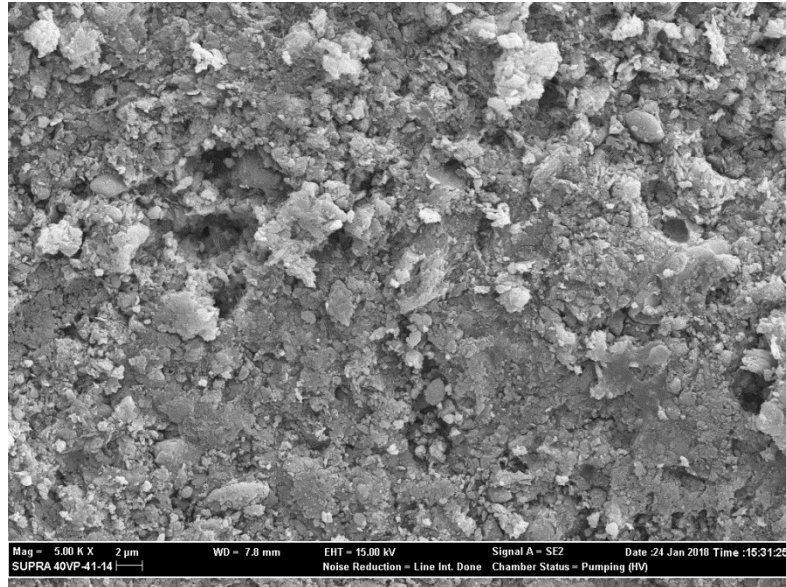
Şekil 4. 103. THY-3 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 μm)



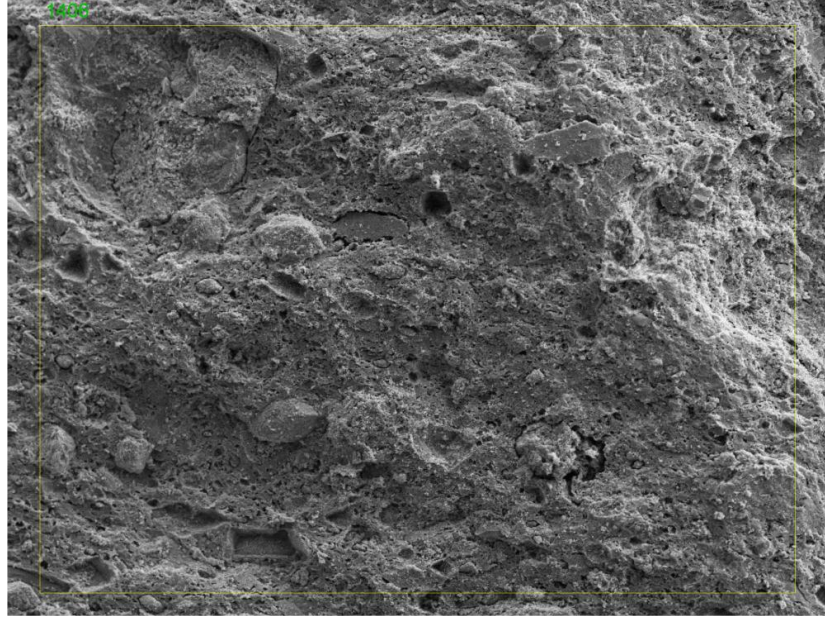
Şekil 4. 104. THY-4 numunesine ait SEM görüntüsü (100 μm)

Çizelge 4. 16. THY-4 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [at. %]	Compound	norm. Comp. C [wt. %]	Error (3 Sigma) [wt. %]
Oxygen	8.89	43.42	61.06		0.00	6.37
Magnesium	0.22	1.07	0.99	MgO	1.77	0.17
Aluminium	1.38	6.72	5.60	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.69	0.37
Silicon	5.01	24.50	19.63	SiO <sub>2</sub>	52.42	0.84
Potassium	0.22	1.09	0.63	K <sub>2</sub> O	1.31	0.16
Calcium	3.55	17.34	9.74	CaO	24.27	0.60
Iron	1.20	5.86	2.36	FeO	7.53	0.48
Total:	20.47	100.00	100.00			



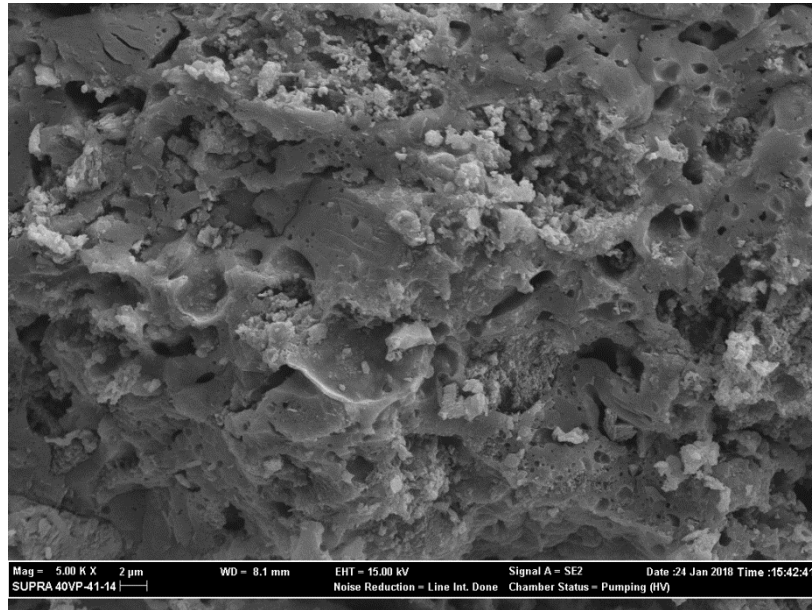
Şekil 4. 105. THY-4 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 μm)



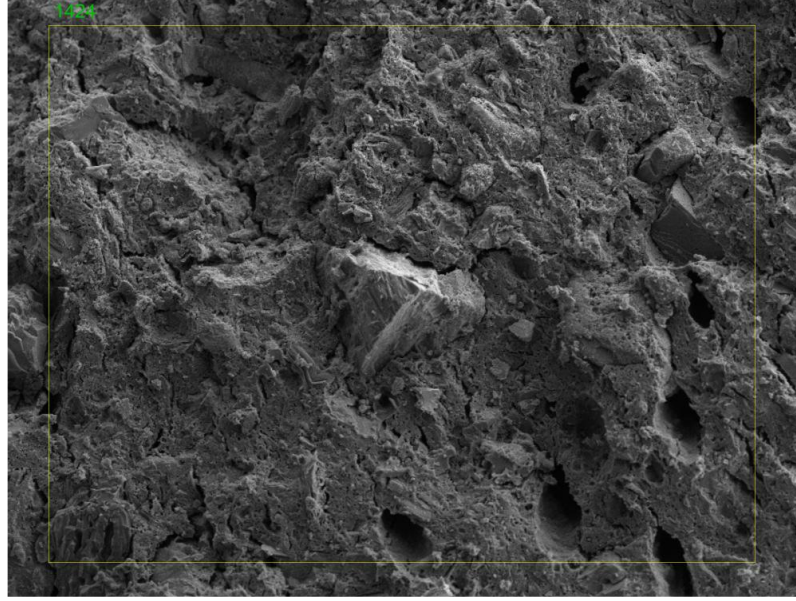
Şekil 4. 106. THY-5 numunesine ait SEM görüntüsü (100 μm)

Çizelge 4. 17. THY-5 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	10.81	43.77	61.16		0.00	7.46
Magnesium	0.60	2.44	2.24	MgO	4.04	0.26
Aluminium	1.53	6.19	5.13	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.69	0.40
Silicon	6.13	24.81	19.75	SiO <sub>2</sub>	53.09	0.99
Calcium	4.08	16.52	9.21	CaO	23.11	0.66
Iron	1.55	6.27	2.51	FeO	8.07	0.56
Total:	24.70	100.00	100.00			



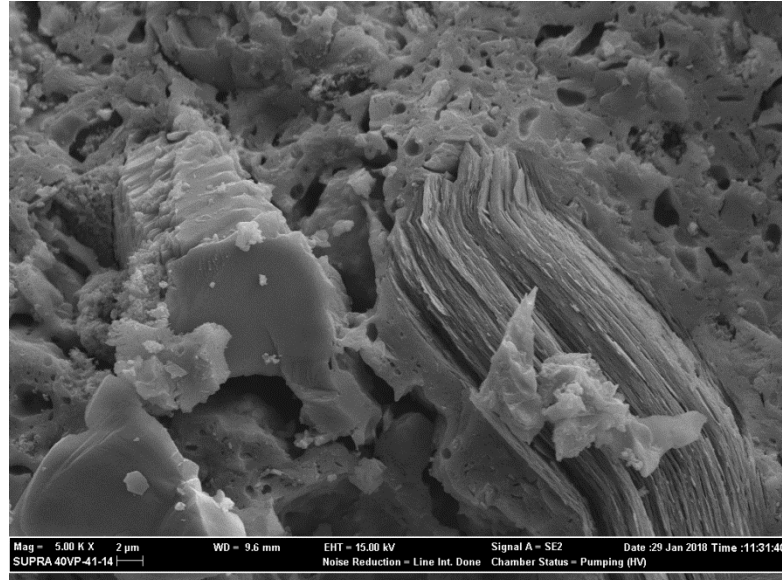
Şekil 4. 107. THY-5 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 μm)



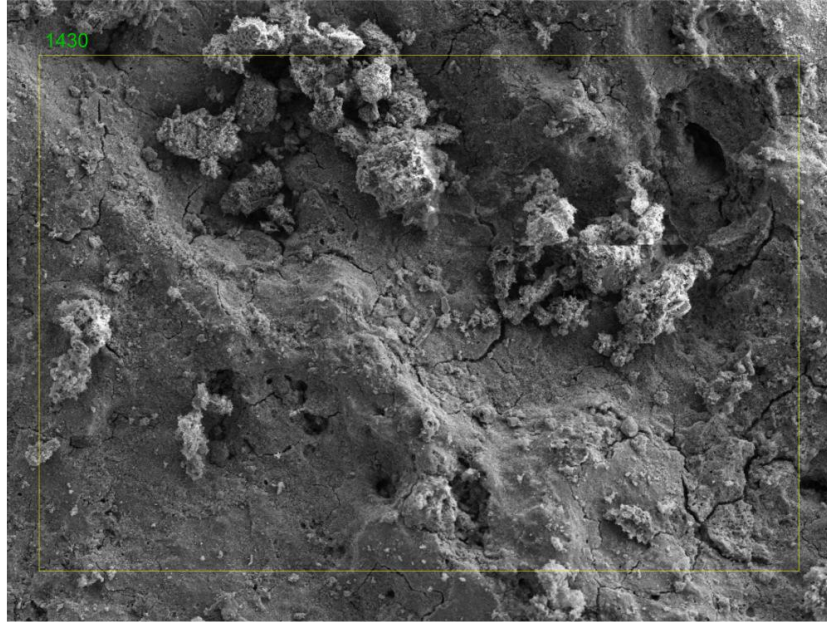
Şekil 4. 108. THY-6 numunesine ait SEM görüntüsü (100  $\mu\text{m}$ )

Çizelge 4. 18. THY-6 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C norm. [wt.%]	C norm. [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]	
Oxygen	13.70	44.31	61.32	0.00	6.85	
Magnesium	0.82	2.65	2.41	MgO	4.39	0.26
Aluminium	2.50	8.09	6.64	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.28	0.49
Silicon	7.67	24.82	19.57	SiO <sub>2</sub>	53.10	1.10
Potassium	0.27	0.86	0.49	K <sub>2</sub> O	1.04	0.14
Calcium	3.82	12.35	6.83	CaO	17.29	0.53
Iron	2.14	6.92	2.74	FeO	8.90	0.48
Total:	30.92	100.00	100.00			



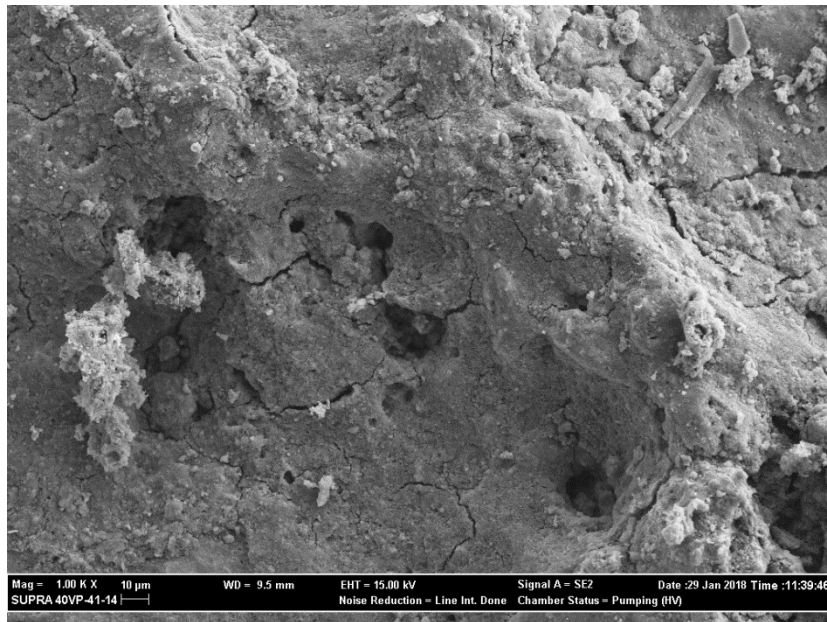
Şekil 4. 109. THY-6 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10  $\mu\text{m}$ )



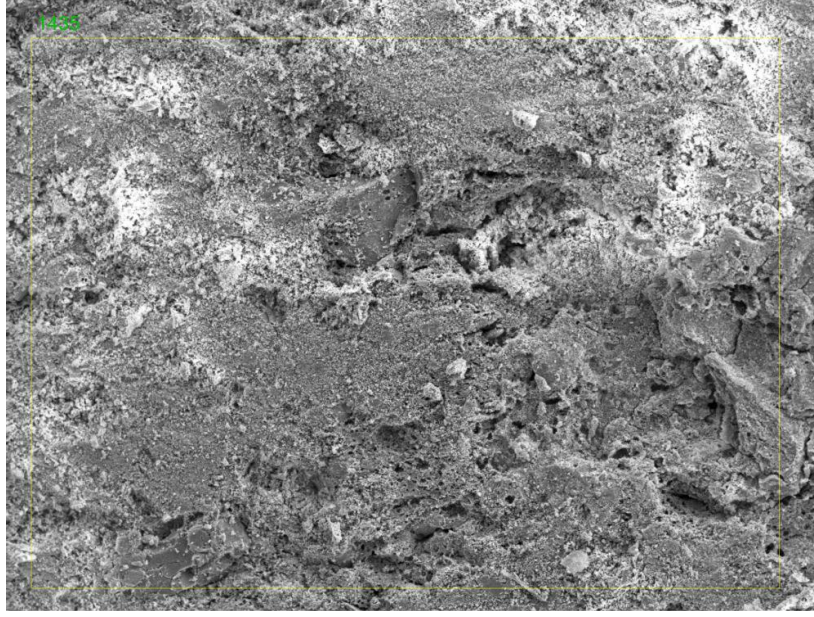
Şekil 4. 110. THY-7 numunesine ait SEM görüntüsü (100 μm)

Çizelge 4. 19. THY-7 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	12.87	45.51	62.22		0.00	9.69
Magnesium	0.44	1.56	1.41	MgO	2.59	0.29
Aluminium	2.55	9.00	7.29	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.00	0.68
Silicon	7.69	27.20	21.18	SiO <sub>2</sub>	58.19	1.36
Potassium	0.39	1.38	0.77	K <sub>2</sub> O	1.66	0.26
Calcium	2.04	7.22	3.94	CaO	10.10	0.59
Iron	2.30	8.13	3.18	FeO	10.46	0.96
Total:	28.28	100.00	100.00			



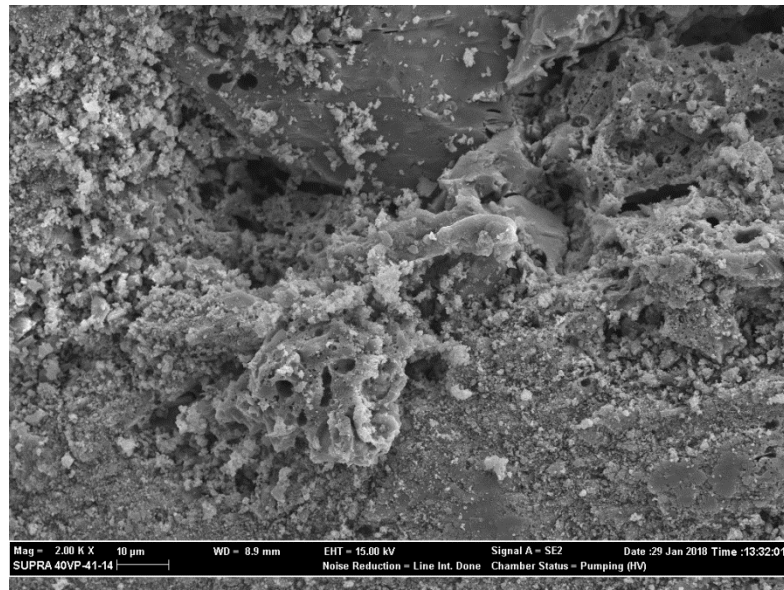
Şekil 4. 111. THY-7 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 μm)



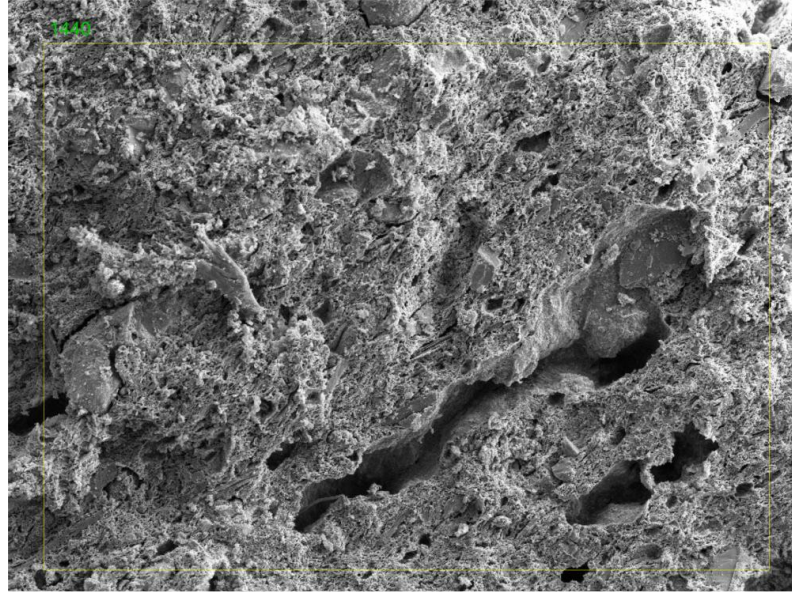
Şekil 4. 112. THY-8 numunesine ait SEM görüntüsü (100 μm)

Çizelge 4. 20. THY-8 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	12.01	45.30	61.63		0.00	9.94
Iron	1.68	6.33	2.47	FeO	8.15	0.73
Sodium	0.22	0.82	0.77	Na <sub>2</sub> O	1.10	0.22
Magnesium	0.63	2.36	2.11	MgO	3.91	0.31
Aluminium	2.39	9.01	7.27	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.03	0.60
Silicon	6.96	26.25	20.34	SiO <sub>2</sub>	56.15	1.20
Potassium	0.32	1.19	0.66	K <sub>2</sub> O	1.44	0.22
Calcium	2.31	8.74	4.74	CaO	12.22	0.57
Total:	26.50	100.00	100.00			



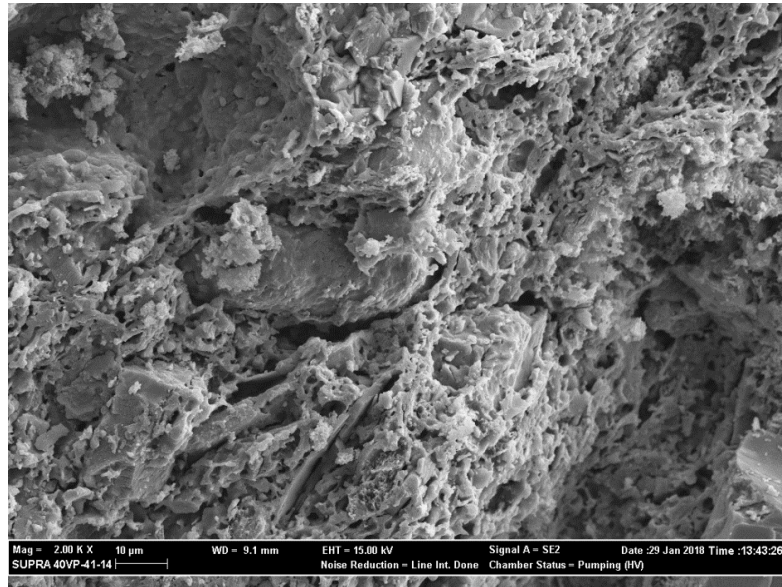
Şekil 4. 113. THY-8 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 μm)



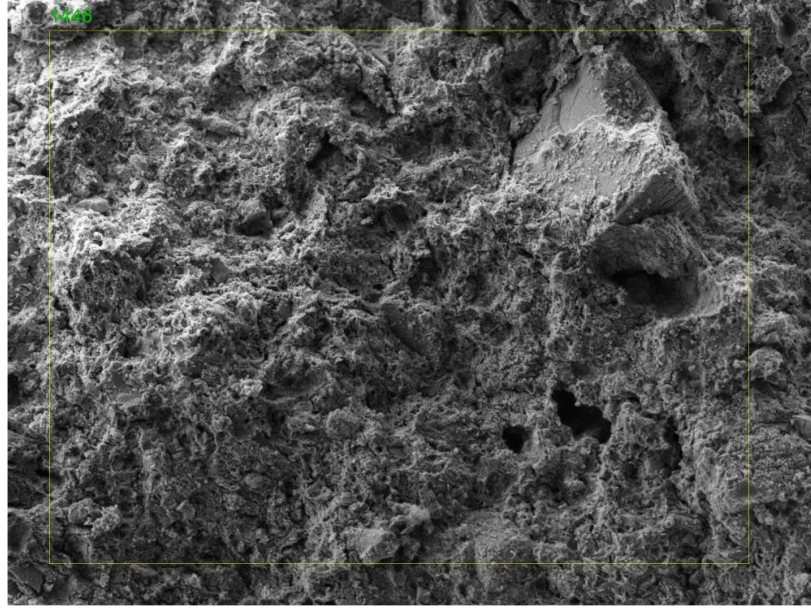
Şekil 4. 114. THY-9 numunesine ait SEM görüntüsü (100 μm)

Çizelge 4. 21. THY-9 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	9.78	43.96	61.28		0.00	8.18
Iron	1.90	8.54	3.41	FeO	10.98	0.74
Sodium	0.07	0.34	0.33	Na <sub>2</sub> O	0.45	0.15
Magnesium	0.41	1.86	1.71	MgO	3.09	0.25
Aluminium	1.70	7.66	6.33	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.47	0.48
Silicon	5.59	25.14	19.96	SiO <sub>2</sub>	53.78	1.00
Potassium	0.31	1.39	0.79	K <sub>2</sub> O	1.67	0.21
Calcium	2.47	11.12	6.19	CaO	15.56	0.57
Total:	22.24	100.00	100.00			



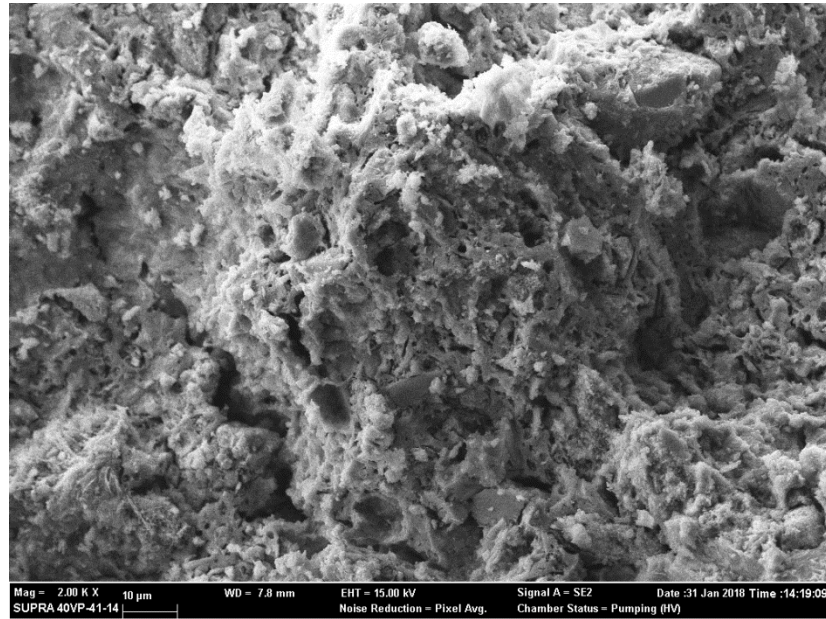
Şekil 4. 115. THY-9 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 μm)



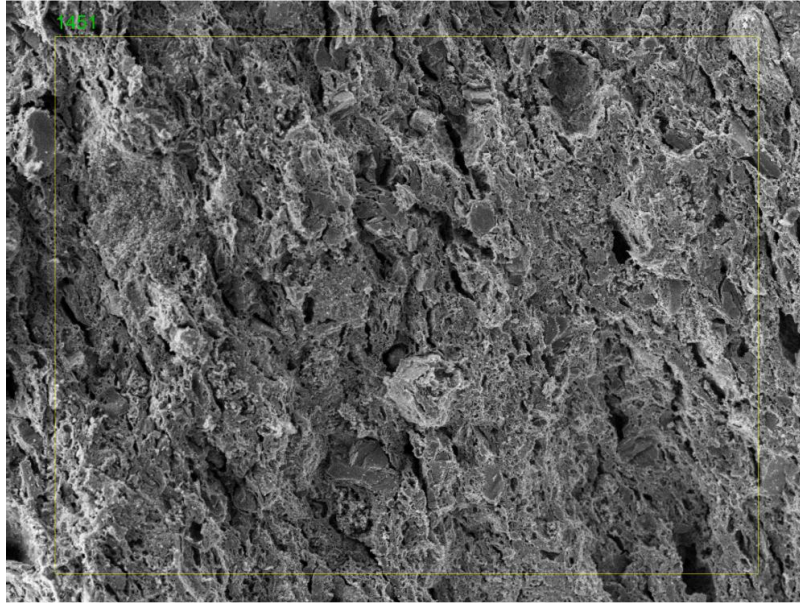
Şekil 4. 116. THY-10 numunesine ait SEM görüntüsü (100  $\mu\text{m}$ )

Çizelge 4. 22. THY-10 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	15.33	41.99	60.29		0.00	11.48
Aluminium	2.77	7.58	6.45	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.32	0.78
Calcium	7.37	20.19	11.57	CaO	28.26	1.37
Iron	2.87	7.86	3.23	FeO	10.11	1.24
Magnesium	0.42	1.15	1.08	MgO	1.90	0.31
Silicon	7.75	21.23	17.36	SiO <sub>2</sub>	45.41	1.47
Total:	36.50	100.00	100.00			



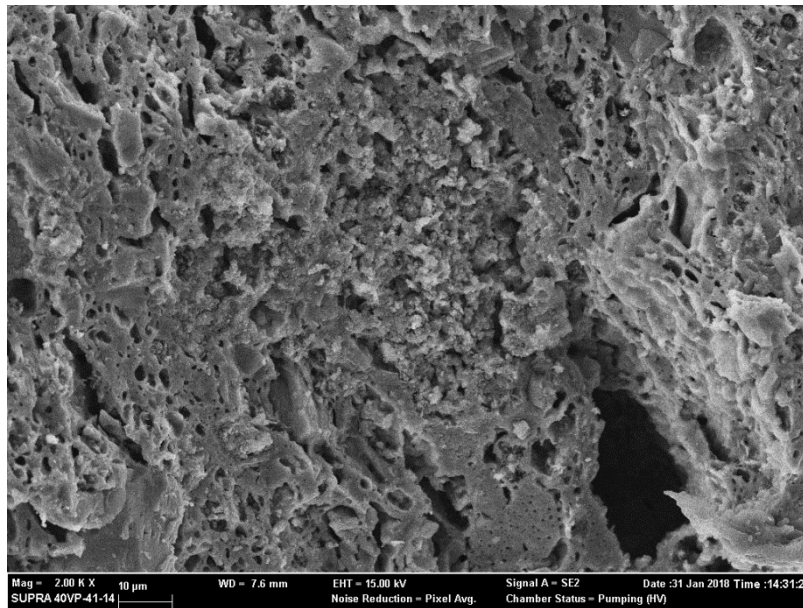
Şekil 4. 117. THY-10 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10  $\mu\text{m}$ )



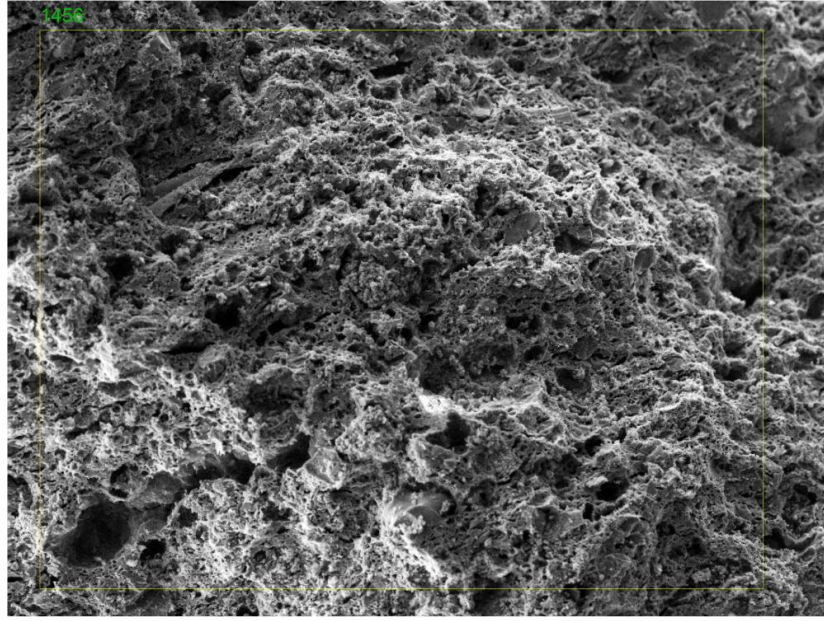
Şekil 4. 118. THY-11 numunesine ait SEM görüntüsü (100  $\mu\text{m}$ )

Çizelge 4. 23. THY-11 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	12.57	42.14	60.19		0.00	11.03
Sodium	0.16	0.53	0.53	Na <sub>2</sub> O	0.71	0.23
Magnesium	0.57	1.90	1.79	MgO	3.15	0.35
Aluminium	1.71	5.73	4.85	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.83	0.58
Calcium	6.03	20.22	11.53	CaO	28.30	1.20
Iron	2.12	7.09	2.90	FeO	9.12	1.05
Silicon	6.68	22.38	18.21	SiO <sub>2</sub>	47.88	1.30
Total:	29.82	100.00	100.00			



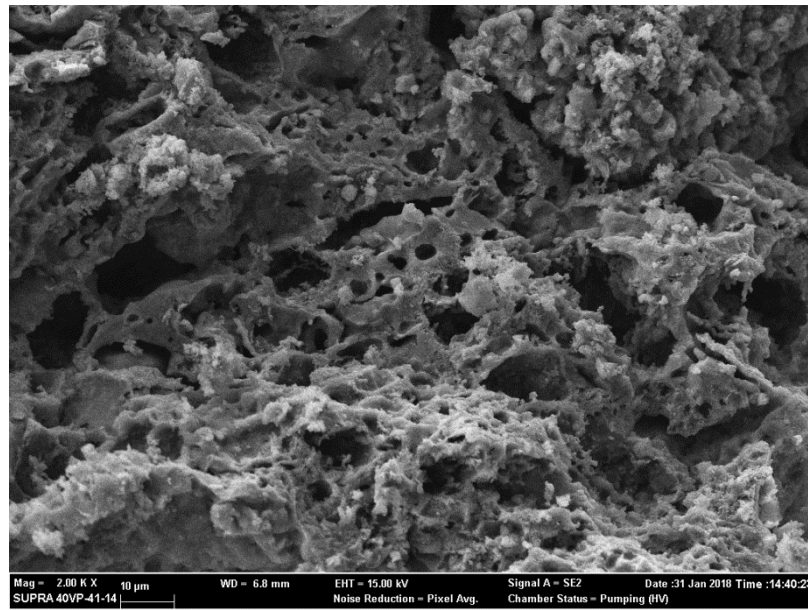
Şekil 4. 119. THY-11 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10  $\mu\text{m}$ )



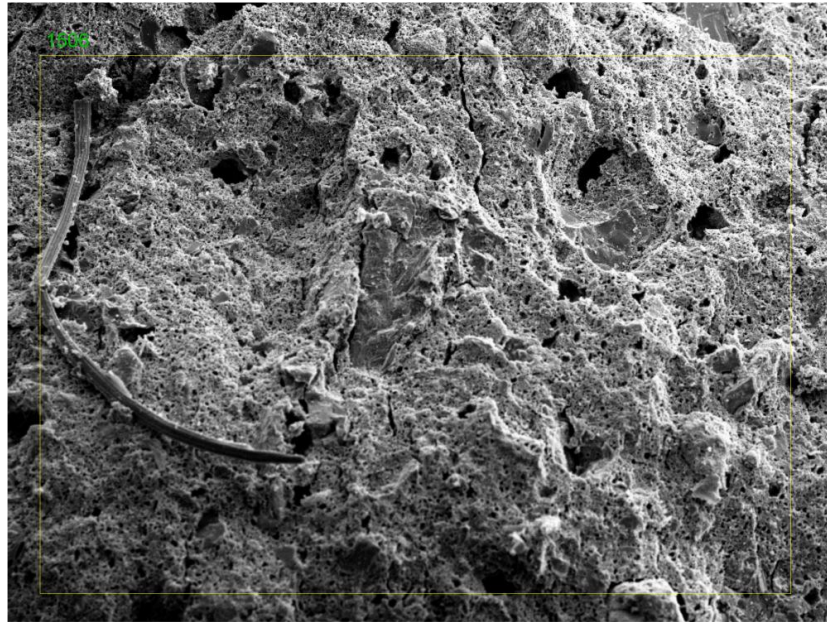
Şekil 4. 120. THY-12 numunesine ait SEM görüntüsü (100  $\mu\text{m}$ )

Çizelge 4. 24. THY-12 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. [wt.%]	Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	8.90	41.38	60.35			0.00	15.57
Aluminium	1.24	5.76	4.98	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.88		0.79
Silicon	4.71	21.91	18.20	SiO <sub>2</sub>	46.88		1.58
Calcium	4.64	21.58	12.56	CaO	30.19		1.78
Iron	2.02	9.37	3.91	FeO	12.05		1.91
Total:	21.52	100.00	100.00				



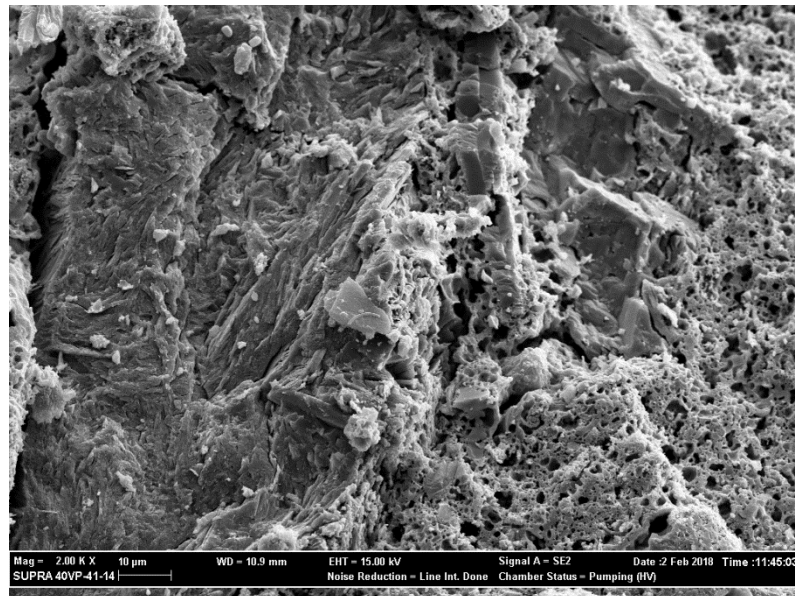
Şekil 4. 121. THY-12 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10  $\mu\text{m}$ )



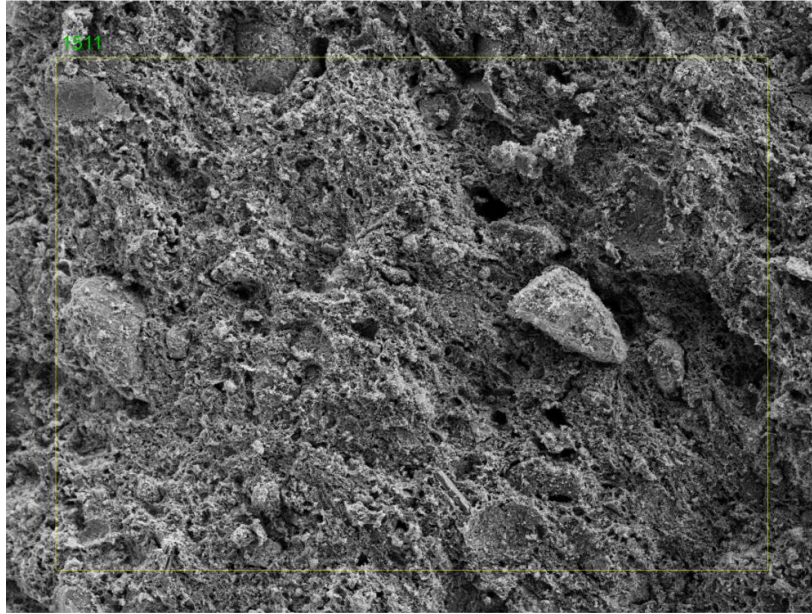
Şekil 4. 122. THY-13 numunesine ait SEM görüntüsü (100 μm)

Çizelge 4. 25. THY-13 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	11.58	45.40	61.60		0.00	8.31
Sodium	0.12	0.47	0.44	Na <sub>2</sub> O	0.63	0.17
Magnesium	0.60	2.37	2.12	MgO	3.93	0.28
Aluminium	2.23	8.74	7.03	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.52	0.54
Silicon	6.64	26.03	20.12	SiO <sub>2</sub>	55.68	1.11
Calcium	3.22	12.64	6.85	CaO	17.69	0.63
Potassium	0.19	0.76	0.42	K <sub>2</sub> O	0.92	0.18
Manganese	0.92	3.60	1.42	MnO	4.64	0.46
Total:	25.51	100.00	100.00			



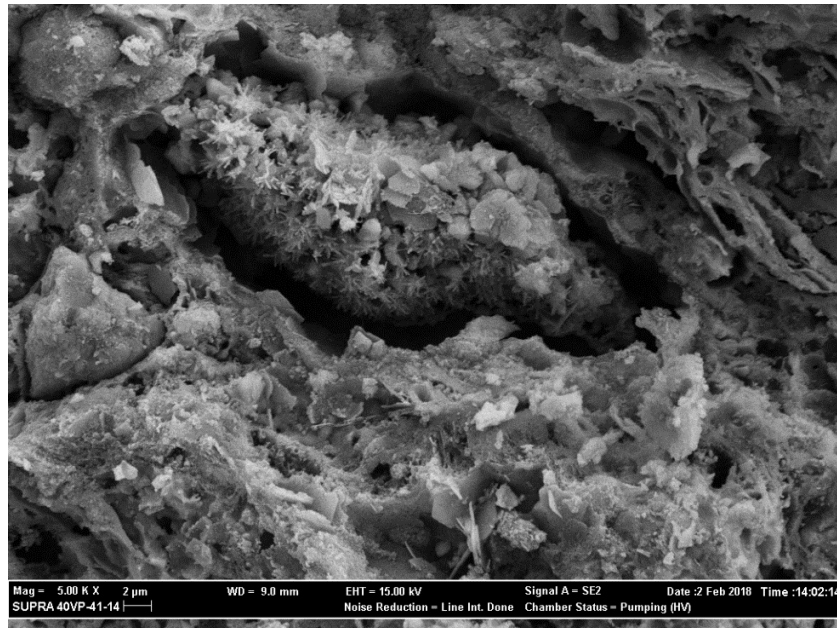
Şekil 4. 123. THY-13 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 μm)



Şekil 4. 124. THY-14 numunesine ait SEM görüntüsü (100 μm)

Çizelge 4. 26. THY-14 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	10.99	44.30	60.95		0.00	8.47
Magnesium	0.97	3.91	3.54	MgO	6.49	0.40
Aluminium	1.65	6.66	5.43	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.58	0.49
Silicon	6.08	24.52	19.22	SiO <sub>2</sub>	52.46	1.10
Potassium	0.04	0.14	0.08	K <sub>2</sub> O	0.17	0.12
Calcium	4.35	17.53	9.62	CaO	24.52	0.84
Iron	0.73	2.94	1.16	FeO	3.78	0.51
Total:	24.80	100.00	100.00			



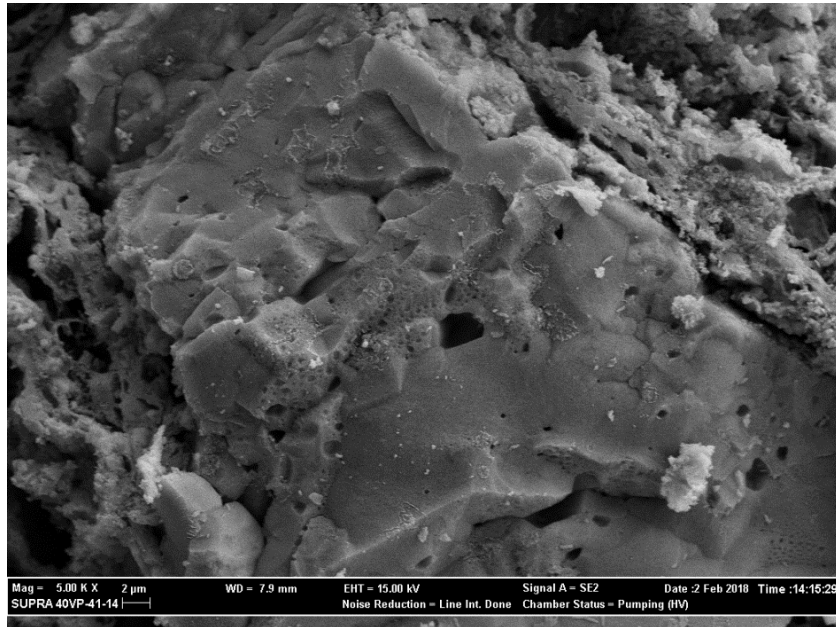
Şekil 4. 125. THY-14 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 μm)



Şekil 4. 126. THY-15 numunesine ait SEM görüntüsü (100 μm)

Çizelge 4. 27. THY-15 numunesine ait genel EDX analiz sonucu

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	9.40	44.52	61.29		0.00	7.44
Magnesium	0.70	3.33	3.02	MgO	5.52	0.33
Aluminium	1.34	6.37	5.20	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.03	0.43
Silicon	5.38	25.47	19.97	SiO <sub>2</sub>	54.49	0.99
Calcium	3.43	16.24	8.92	CaO	22.72	0.72
Iron	0.86	4.07	1.60	FeO	5.23	0.54
Total:	21.10	100.00	100.00			



Şekil 4. 127. THY-15 numunesine ait ayrıntılı SEM görüntüsü (10 μm)

Seramiklerin kimyasal kompozisyonları SEM-EDX analizi ile belirlenmiştir. Öncelikle seramiklerin SEM görüntüleri 100 mikron ölçekte alınmış ve EDX analizi yapılarak genel kompozisyon belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar seramiklerde CaO miktarının yüksek olduğunu ve seramiklerin üretiminde kalkerli kil kullanıldığını göstermiştir. Seramiklerde doğal renk verici oksit olarak sadece demir saptanmıştır. Bu durum renklendirmenin büyük oranda pişirim atmosferi ile alakalı olduğunu akla getirmiştir. Seramiklerin kimyasal kompozisyonlarına bakıldığında  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve alkali-toprak alkali oksit içeriklerinin seramiklerin mineral içeriklerini teyit edici nitelikte olduğu gözlemlenmiştir. Seramikler için alınan 2-10 mikronluk SEM görüntüleri incelendiğinde kırmızı astarlı gruba ait seramiklerde vitrifikasyon belirtisi genel olarak görünmezken, yalın basit seramikler arasında bazı örneklerde kısmi/bölgesel vitrifikasyon olduğu saptanmıştır. Bu durum pişirim teknolojisi bakımından gruplar arasında farklılık olduğuna işaret etmiştir. Kil yapısının korunduğu örneklerde bu tip numunelerin pişirim sıcaklığının kilin bozunma sıcaklığı olan  $900^\circ\text{C}$ 'yi geçmediği tespit edilmiştir (örneğin; THY-6).

Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı ve yalın basit seramik buluntulara ait SEM/EDX analizinin  $100\ \mu\text{m}$  ölçekli SEM görüntülerinde alınan genel EDX taraması ile elde edilen kimyasal kompozisyon içerikleri Çizelge 4.28 ve Çizelge 4.29'da verilmiştir.

Çizelge 4. 28. Kırmızı astarlı seramik buluntularına ait % oranlarında EDX sonuçları

Oksit								
Numune Kodu	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Toplam
THK-1	43,85	36,07	11,14	7,02	1,14	0,78	-	100
THK-2	51,36	22,65	16,31	5,17	2,53	0,95	1,03	100
THK-3	54,55	19,18	15,28	9,61	1,38	-	-	100
THK-4	51,45	21,04	13,50	9,37	2,05	-	2,59	100
THK-5	51,00	23,08	12,40	10,26	1,39	-	1,86	100
THK-6	48,42	27,02	12,40	8,55	2,59	1,02	-	100
THK-7	46,13	31,41	12,06	7,96	1,85	0,59	-	100
THK-8	47,84	27,16	14,39	7,82	1,62	1,16	-	100
THK-9	48,66	27,66	12,66	9,09	1,94	-	-	100
<i>Ortalama</i>	<i>49,25</i>	<i>26,14</i>	<i>13,34</i>	<i>8,31</i>	<i>1,83</i>	<i>0,50</i>	<i>0,60</i>	

- : belirlenmedi veya tarama limitinin altında

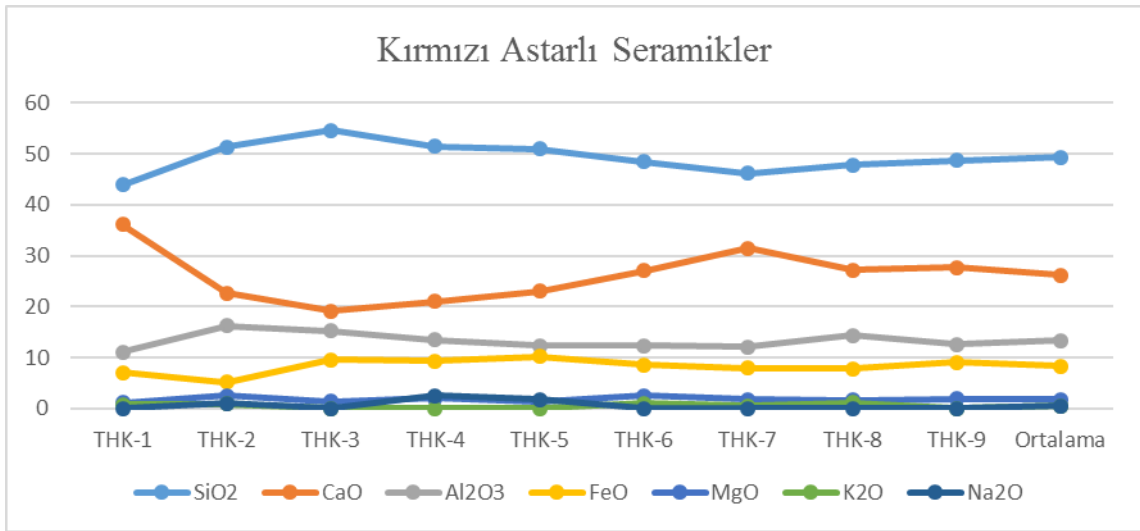
Kırmızı astarlı seramiklere ait EDX sonuçlarına göre en yüksek SiO<sub>2</sub> THK-3 kodlu numunede (ağ. % 54,55), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> THK-2 kodlu numunede (ağ. % 16,31), CaO THK-1 kodlu numunede (ağ. % 36,07), K<sub>2</sub>O THK-8 kodlu numunede (ağ. % 1,16), Na<sub>2</sub>O THK-4 kodlu numunede (ağ. % 2,59), FeO THK-5 kodlu numunede (ağ. % 10,26) belirlenmiştir. En düşük SiO<sub>2</sub> THK-1 kodlu numunede (ağ. % 43,85), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> THK-1 kodlu numunede (ağ. % 11,14), CaO THK-3 kodlu numunede (ağ. % 19,18), K<sub>2</sub>O THK-7 kodlu numunede (ağ. % 0,59), Na<sub>2</sub>O THK-2 kodlu numunede (ağ. % 1,03), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> THK-2 kodlu numunede (ağ. % 5,17) belirlenmiştir. Kırmızı astarlı seramiklerin EDX sonuçlarının bir arada yer aldığı grafik Şekil 4.128'de verilmiştir.

Çizelge 4. 29. Yalın basit seramik buluntularına ait % ağırlıkça EDX sonuçları

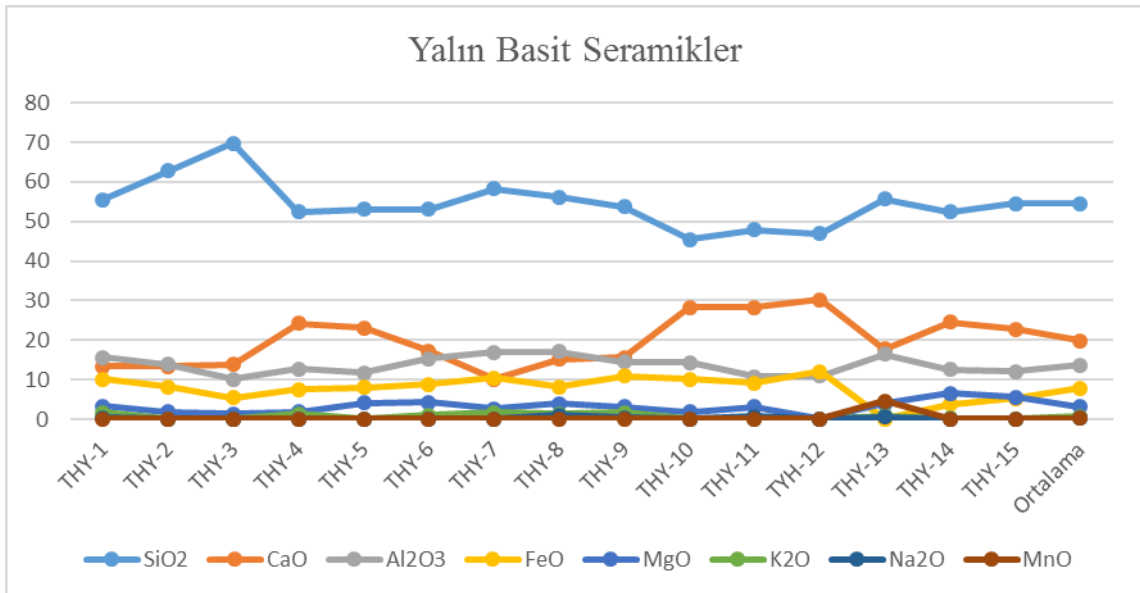
Numune Kodu	Oksit								Toplam
	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MnO	
THY-1	55,56	13,38	15,63	10,06	3,28	1,64	0,45	-	100
THY-2	62,76	13,41	13,80	8,19	1,83	-	-	-	100
THY-3	69,78	13,78	10,15	5,43	1,37	-	-	-	100
THY-4	52,42	24,27	12,69	7,53	1,77	1,31	-	-	100
THY-5	53,09	23,11	11,69	8,07	4,04	-	-	-	100
THY-6	53,10	17,29	15,28	8,90	4,34	1,04	-	-	100
THY-7	58,19	10,10	17,00	10,46	2,59	1,66	-	-	100
THY-8	56,15	15,22	17,03	8,15	3,91	1,44	1,10	-	100
THY-9	53,78	15,56	14,47	10,98	3,09	1,67	0,45	-	100
THY-10	45,41	28,26	14,32	10,11	1,90	-	-	-	100
THY-11	47,88	28,30	10,83	9,12	3,15	-	0,71	-	100
TYH-12	46,88	30,19	10,88	12,05	-	-	-	-	100
THY-13	55,68	17,69	16,52	-	3,93	0,92	0,63	4,64	100
THY-14	52,46	24,52	12,58	3,78	6,49	0,17	-	-	100
THY-15	54,49	22,72	12,03	5,23	5,52	-	-	-	100
<i>Ortalama</i>	<i>54,50</i>	<i>19,85</i>	<i>13,66</i>	<i>7,87</i>	<i>3,14</i>	<i>0,65</i>	<i>0,22</i>	<i>0,30</i>	

- : belirlenmedi veya tarama limitinin altında

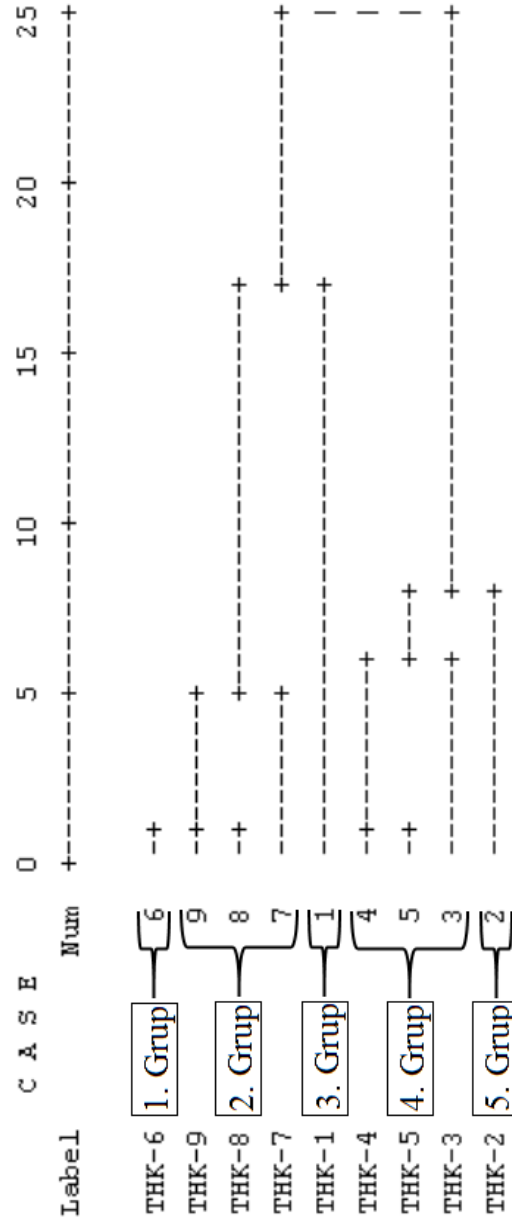
Yalın basit seramiklere ait EDX sonuçlarına göre en yüksek SiO<sub>2</sub> THY-3 kodlu numunede (ağ. % 69,78), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> THY-1 kodlu numunede (ağ. % 15,63), CaO THY-12 kodlu numunede (ağ. % 30,19), K<sub>2</sub>O THY-9 kodlu numunede (ağ. % 1,67), Na<sub>2</sub>O THY-8 kodlu numunede (ağ. % 1,10), FeO THY-12 kodlu numunede (ağ. % 12,05) belirlenmiştir. En düşük SiO<sub>2</sub> THY-10 kodlu numunede (ağ. % 45,41), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> THY-3 kodlu numunede (ağ. % 10,15), CaO THY-7 kodlu numunede (ağ. % 10,10), K<sub>2</sub>O THY-14 kodlu numunede (ağ. % 0,17), Na<sub>2</sub>O THY-1,9 kodlu numunede (ağ. % 0,45), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> THY-14 kodlu numunede (ağ. % 3,78) belirlenmiştir. Bir adet örnekte ise ağ. % 4,64 oranında MnO belirlenmiştir. Yalın basit seramiklerin EDX sonuçlarının bir arada yer aldığı grafik Şekil 4.129'da verilmiştir.



**Şekil 4. 128.** Kırmızı astarlı seramiklerin kimyasal kompozisyon dağılımı (ağ. %)



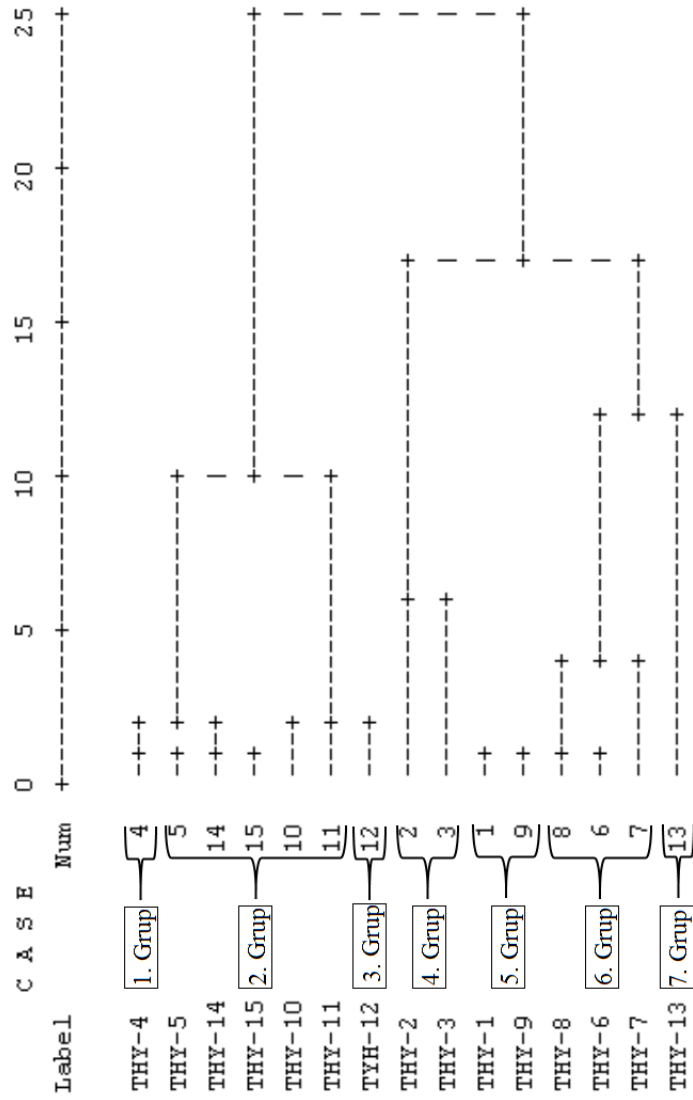
**Şekil 4. 129.** Yalın basit seramiklerin kimyasal kompozisyon dağılımı (ağ. %)



**Şekil 4. 130.** Kırmızı astarlı seramikler için (tüm oksitler dikkate alınarak) yapılan kümeleme analizi ile çizilen dendrogram

SPPS 17.0 kullanılarak kırmızı astarlı seramik grubuna ait 9 adet örneğin EDX sonuçlarında yer alan oksit içerikleri ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ) dikkate alınarak kümeleme analizi yapılmış ve dendrogramı çizilmiştir (Şekil 4. 130). Yapılan analize göre THK örnekleri beş gruba ayrılmıştır;

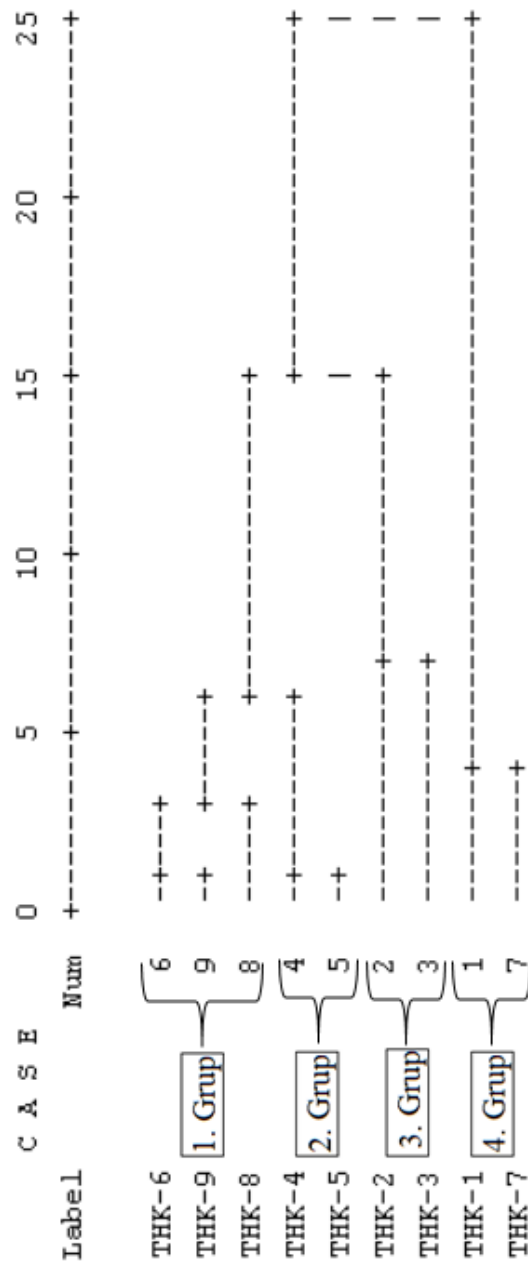
- 1.Grup:** THK-6
- 2.Grup:** THK-9, THK-8, THK-7
- 3.Grup:** THK-1
- 4.Grup:** THK-4, THK-5, THK-3
- 5.Grup:** THK-2



Şekil 4. 131. Yalın basit seramikler için (tüm oksitler dikkate alınarak) yapılan kümeleme analizi ile çizilen dendrogram

SPPS 17.0 kullanılarak yalın basit seramik grubuna ait 15 adet örneğin EDX sonuçlarında yer alan oksit içerikleri ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}$ ) dikkate alınarak kümeleme analizi yapılmış ve dendrogramı çizilmiştir (Şekil 4. 131). Yapılan analize göre THY örnekleri yedi gruba ayrılmıştır.

- 1.Grup:** THY-4
- 2.Grup:** THY-5, THY-14, THY-15, THY-10, THY-11
- 3.Grup:** THY-12
- 4.Grup:** THY-2, THY-3
- 5.Grup:** THY-1, THY-9
- 6.Grup:** THY-8, THY-6, THY-7
- 7.Grup:** THY-13



Şekil 4. 132. Kırmızı astarlı seramikler için (SiO<sub>2</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dikkate alınarak) yapılan kümeleme analizi ile çizilen dendrogram

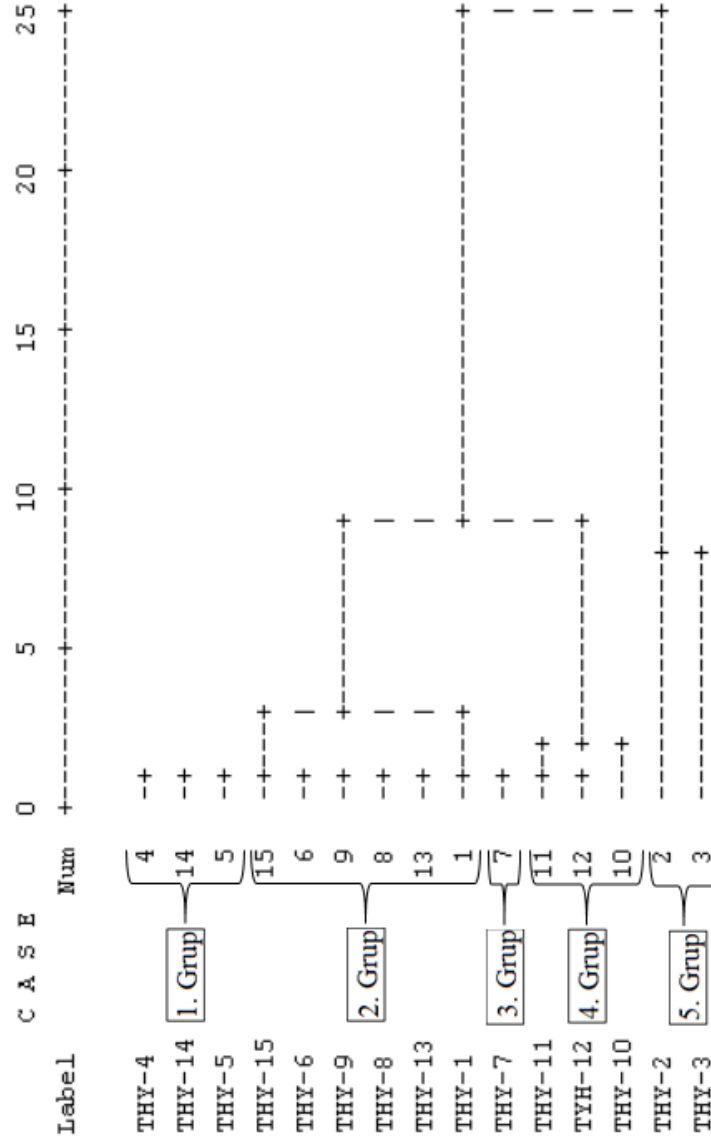
SPPS 17.0 kullanılarak kırmızı astarlı seramik grubuna ait 9 adet örneğin EDX sonuçlarında yer alan SiO<sub>2</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri dikkate alınarak tekrar kümeleme analizi yapılmış ve dendrogramı çizilmiştir (Şekil 4. 132). Yapılan analize göre THK örnekleri dört gruba ayrılmıştır.

**1.Grup:** THK-6, THK-9, THK-8

**2.Grup:** THK-4, THK-5

**3.Grup:** THK-2, THK-3

**4.Grup:** THK-1, THK-7



Şekil 4. 133. Yalın basit seramikler için ( $\text{SiO}_2$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dikkate alınarak) yapılan kümeleme analizi ile çizilen dendrogram

SPPS 17.0 kullanılarak yalın basit seramik grubuna ait 15 adet örneğin EDX sonuçlarında yer alan  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  içerikleri dikkate alınarak tekrar kümeleme analizi yapılmış ve dendrogramı çizilmiştir (Şekil 4. 133). Yapılan analize göre göre THY örnekleri beş gruba ayrılmıştır.

**1.Grup:** THY-4, THY-14, THY-5

**2.Grup:** THY-15, THY-6, THY-9, THY-8, THY-13, THY-1

**3.Grup:** THY-7

**4.Grup:** THY-11, THY-12, THY-10

**5.Grup:** THY-2, THY-3

İncelenen seramiklerin kimyasal ve mineralojik içerikleri kalkerli hammadde kullanımına işaret etmiş ve bu durum örneklerin (ait oldukları grup içerisinde) genel itibarıyla benzer olduklarını ortaya koymuştur. EDX sonuçları dikkate alınarak yapılan istatistiksel değerlendirmede ortaya çıkan sınıflarda yer alan seramikleri birbirinden ayıran başlıca oksidin CaO olduğu öngörülmektedir (bakınız Şekil 4.128 ve Şekil 4.129). Kırmızı astarlı seramikler için yapılan kümele analizinde THK-2, THK-3, THK-4 ve THK-5 kodlu örneklerin bir grup oluştururken kalan diğer örneklerin ikinci bir grupta toplanmasında CaO içeriğinin belirleyici olduğu görülmüştür. Zira, CaO miktarı THK-2, THK-3, THK-4 ve THK-5 kodlu örneklerde ağırlıkça % 19,18 - % 23,08 aralığında iken, diğer gruptaki örneklerde ağırlıkça % 26,14 – 36,07 aralığında değişmektedir. Yalın basit seramiklerde de kırmızı astarlı seramiklere benzer olarak CaO miktarının minimum ve maksimum değerleri bu örnek setini temelde iki gruba ayırmıştır; THY-1, THY-2, THY-3, THY-6, THY-7, THY-8, THY-9 ve THY-13 kodlu numunelerde CaO miktarı ağırlıkça % 10,10 - %17,69 arasında iken, kalan diğer örneklerde bu değer ağırlıkça % 22,72 - % 30,19 aralığında değişmektedir. Seramiklere ait dendogramlar karşılaştırıldığında CaO'in yanında alkali ve toprak-alkali oksitler ile demir içeriğinin de göreceli olarak grupların oluşmasında belirleyici olduğu görülmektedir.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Gerçekleştirilen tez çalışması çerçevesinde Tilbaşar Höyük'te ele geçen Erken Tunç Çağı kırmızı astarlı seramikler (numune kodu: THK; 9 adet) ve yalın basit seramiklerin (numune kodu THY; 15 adet) arkeometrik karakterizasyonu yapılmıştır. Her iki gruba ait seramiklerin karakterizasyon sürecinde XRD (X-ışını difraksiyon), petrografi (optik mikroskop), SEM/EDX (taramalı elektron mikroskobu/enerji saçınımlı X-ışını spektroskopisi), FTIR (Fourier dönüşümlü kızılötesi) spektroskopisi ve TG-DTA (termogravimetrik diferansiyel termal analiz) yöntemleri kullanılmıştır.

Seramikler için yapılan XRD analizinde elde edilen sonuçlar her iki grupta yer alan örneklerin kalkerli kil kaynakları kullanılarak üretildiklerine işaret etmiştir. Seramiklerin temin edildiği bölgeyi çevreleyen alanın jeolojik içeriği dikkate alındığında (web kaynak 2-8) bölgede karbonatlı hammaddelerin (kireçtaşı, mermer vb.) varlığı görülmekte, dolayısıyla incelenen seramiklerin yerel üretim olma olasılıklarının oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Kırmızı astarlı gruba ait seramiklerde yüksek sıcaklık fazlarının olmaması ve kalsitin belirgin biçimde majör faz olarak saptanması bu seramiklerin 700-800°C aralığında pişirildiklerine işaret etmiştir. Bu gruptan farklı olarak, yalın basit seramiklerin çoğunda piroksen ve gehlenitin saptanması bu seramiklerin kırmızı astarlı gruptaki seramiklere kıyasla daha yüksek sıcaklığa (genel olarak 800-900°C) maruz kaldıklarını göstermektedir. Yalın basit seramikler arasında bazı örneklerin (THY-6, THY-10) ise kırmızı astarlı gruptaki seramikler gibi 700-800°C aralığında pişirildiği belirlenmiştir. Bu sonuç bir bakıma yalın basit seramikler içerisinde de üretim açısından farklı bir mal grubunun olabileceği ihtimalini ortaya çıkarmıştır.

Kırmızı astarlı seramik buluntulara ait petrografik analiz sonuçları incelendiğinde seramiklerin genel olarak orta ve iri boyutlu agregalar içerdiği ve minerallerin bazalt kayaç kökenliği olduğu görülmüştür. Örneklerin tümünde kuvars, piroksen ve opak mineraller olduğu görülmüş olup çoğu örnekte olivin olduğu tespit edilmiştir. İnce kesit görüntüleri incelendiğinde seramik hamurunda plastik olmayan malzeme/matris oranının çok yüksek olmadığı görülmüştür. Bu duruma yüksek miktardaki kalsit varlığının da etkisi olduğu düşünülmektedir.

Yalın basit seramik buluntulara ait petrografik analiz sonuçlar incelendiğinde seramiklerin 5 gruba ayrıldığı görülmüştür. Örneklerin ince, iri ve/veya orta boyutlu

agregalar içerdiği ve minerallerin andezit kayaç ve killi kireç taşı kökenli olduğu görülmüştür. Örneklerin tümünde kuvars, plajiyoklaz ve çört tespit edilirken, değişik numunelerde biyotit, piroksen, kalsit, kireçtaşı, muskovit ve opak mineraller saptanmıştır.

FTIR analizinde elde edilen spektrumların XRD analiz sonuçları ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Seramiklerin FTIR spektrumlarında kalsit, kil mineralleri, kuvars ve yüksek sıcaklık fazları (piroksen, gehlenit) karakteristik bant değerleri ile saptanmıştır. Bazı örneklerde gözlemlenen bant çakışmalarının yorumlamaları XRD analizinde belirlenen mineral/fazlar ve TG-DTA eğrileri üzerinden yapılmış ve sonuçlar tutarlı bir şekilde ortaya konulmuştur.

Seramiklerin kimyasal kompozisyonları SEM-EDX analizi ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar seramiklerde CaO miktarının yüksek olduğunu ve üretim sürecinde kalkerli kil kullanıldığını göstermiştir. Seramiklerde doğal renk verici oksit olarak sadece demir saptanmıştır. Bu durum renklendirmenin büyük oranda pişirim atmosferi ile alakalı olduğunu akla getirmiştir. Seramiklerin kimyasal kompozisyonlarına bakıldığında  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve alkali-toprak alkali oksit içeriklerinin seramiklerin mineral içeriklerini teyit edici nitelikte olduğu gözlemlenmiştir. EDX verileri ışığında yapılan kümeleme analizinde seramikler her ne kadar farklı gruplara ayrılmış olsa da, kimyasal kompozisyon bakımından gerek kırmızı astarlı gerek yalın basit seramiklerin kendi içlerinde paralellik gösterdiği gözlemlenmiştir. İstatiksel olarak ortaya çıkan grupların ve/veya alt grupların özellikle CaO içeriğine bağlı olarak oluştuğu bu oksidin minimum ve maksimum değerleri ile ortaya konulmuştur.

Seramikler için alınan 2-10 mikronluk SEM görüntüleri incelendiğinde kırmızı astarlı gruba ait seramiklerde vitrifikasyon belirtisi genel olarak görünmezken, yalın basit seramikler arasında bazı örneklerde kısmi/bölgesel vitrifikasyon olduğu saptanmıştır. Bu durum pişirim teknolojisi bakımından gruplar arasında farklılık olduğuna işaret etmiştir. Kil yapısının korunduğu örneklerde bu tip numunelerin pişirim sıcaklığının kilin bozunma sıcaklığı olan  $900^\circ\text{C}$ 'yi geçmediği öngörüsünde bulunulmuştur.

TG-DTA analiz sonuçları incelendiğinde; XRD paterninde kalsit içeriği belirgin biçimde saptanan kırmızı astarlı seramiklerin DTA eğrilerinde  $700-800^\circ\text{C}$  aralığında endotermik etki gösterdiği saptanmıştır. Yüksek sıcaklık fazlarını içeren çoğu yalın basit seramiklerde numuneye ait TG-DTA analizinde karbonatlı hammaddelerin

bozunum sıcaklık aralığı olan 700-800°C’de herhangi bir endotermik etki görünmez iken, bazı numunelerde ise ihmal edilebilir miktarda etkiler saptanmıştır. Reaksiyonlara bağlı olarak oluşan ağırlık kayıplarına bakıldığında bu değerlerin diğer analiz sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Tüm numunelere ait DTA eğrilerinde 900-950°C’den yüksek sıcaklıklarda belirgin bir endotermik veya ekzotermik etkinin görülmemesi maksimum pişirim sıcaklığının çok yüksek olmadığına işaret etmiştir.

İki seramik grubu için genel bir değerlendirme yapıldığında, kırmızı astarlı seramikler ile yalın basit seramiklerin farklı üretim teknolojilerine sahip olduğu ve yalın basit seramik grubu içerisinde de yine farklı üretim prosesine sahip olabilecek (az sayıda) örneklerin bulunduğu öngörülmüştür. Elde edilen arkeometrik veriler (özellikle mineralojik içeriğe göre belirlenen pişirim sıcaklık aralıkları bakımından) kırmızı astarlı seramikler için kullanılan pişirim tekniğinin yalın basit seramiklere kıyasla daha basit olabileceğini ortaya koymuştur.

Bu çalışma kapsamında elde edilen arkeometrik veriler Tilbaşar Höyük seramiklerinin üretim teknolojilerinin belirlenmesi ve bu bağlamda literatüre önemli bir katkı sağlanması açısından faydalı ve belirleyici sonuçlar sağlamıştır. Bu ve benzeri detaylı arkeometrik çalışmaların artması ile bölgedeki seramik kültürü ve üretim teknolojileri hakkında daha ayrıntılı veri tabanı oluşturulabileceği öngörülmektedir.

## Öneriler

- Bölgedeki Tilbaşar’a yakın diğer arkeolojik alanlardan alınacak benzer (çağdaş) seramik gruplarının da detaylı arkeometrik incelemelere tabi tutulması bu tip seramiklerin üretim özelliklerinin karşılaştırılabilmesi açısından önemli rol oynayacaktır.
- Tilbaşar’daki diğer seramik gruplarının arkeometrik olarak incelenmesi, buradaki seramik kültürü hakkında detaylı bilgiler verecektir.
- Bölgeden temin edilecek kil örneklerinin de kimyasal ve mineralojik olarak incelenmesi özellikle provenans çalışmaları açısından faydalı olacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- Arçasoy, A., 1983, Seramik Teknolojisi, Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları No:2, 1-2.
- Ayda, D., 2001, Seramik Tasarımı, İstanbul Yapa Yayınları, 8.
- Arıkan, B., 2009 Patara Hurmalık Hamamı Antik Yapı Malzemelerinin Mikroanaliz Teknikleri ve Spektroskopik Yöntemlerle Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Yüksek Enerji ve Plazma, Fiziği Anabilim Dalı.
- Barone, G., V. Crupi, F. Longo, D. Majolino, P. Mazzoleni, D.Tanasi and V. Venuti, 2011, FT-IR spectroscopic analysis to study the firing process of prehistoric ceramics, *Journal of Molecular Structure* 993, s. 147-150.
- Bayazit, M., Işık, I. and Issi, A., 2015, Investigating The Firing Technologies of Part-Roman Potsherds Excavated From Kuriki (Turkey) Using Thermal and Vibrational Spectroscopic Techniques, *Vibrational Spectroscopy* 78, 1-11.
- Bayazit, M., Isik, I., Issi, A., Genc, E., 2016a, Archaeometric investigation of the Late Chalcolithic-Early Bronze Age I and the 1st–2nd millennium BCE potteries from Kuriki-Turkey, *Applied Clay Science* (126) 180-189.
- Bayazit, M., Akyol, A.A., Ersan Eruş, H.Ö. ve Taşkiran, G., 2016b, Seramik Arkeometrisinde Spektroskopik Yöntemler (FTIR, RAMAN), 10. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu, Eskişehir, 658-669.
- Broekmans, T., Adriaens, A., Pantos, E., 2004, Analytical investigations of cooking pottery from Tell Beydar (ne-Syria), *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B*, 226, 92-97.
- Böttcher, M.E., Gehlken, P.L., Steele, D.F., 1997, Characterization of inorganic and biogenic magnesian calcites by Fourier Transform infrared spectroscopy *Solid State Ionics*, 101-103, 1379-1385.

- Cultrone, G., Rodriguez-Navarro, C., Sebastian, E., Cazalla, O., De La Torre, M.J., 2001, Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing, *Eur. J. Miner.*, 13, 621-634.
- Deveci, K., 2012, Günümüzde Ankara'da Yapılan Seramik Duvar Panolarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Seramik Eğitim Bölümü, 6-7-8.
- Dinçer, A., Ş., 2012, Bazı Orta Çağ Tuğla ve Çinilerinin Teknolojik Özellikleri ve Koruma Problemleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, Restorasyon Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- De Benedetto, G.E., Laviano, R., Sabbatini, L. and Zambonin, P.G., 2002, Infrared Spectroscopy in The mineralogical Characterization of Ancient Pottery, *Journal of Cultural Heritage* 3, 177-186.
- Dubrawski, J. V., Warne, S. St. J., 1988, Differential Scanning Calorimetry of Minerals of the Dolomite-Ferroan-Dolomite-Ankerite Series in Flowing Carbon Dioxide, *Mineralogical Magazine*, 52 : 627-635.
- Esin, U., 1985, Arkeolojide Kullanılan Arkeometrik Araştırmalara Genel Bir Bakış, I. Arkeometri Sonuçları Toplantısı,1.
- Esin, U., 1969, Kuantitatif Spektrel Analiz Yardımıyla Anadolu'da Başlangıcından Asur Kolonileri Çağına Kadar Bakır ve Tunç Madenciliği, İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 1427,1-3.
- Er, M.B., 2011, Değirmentepe (Malatya) Seramiklerinin Mineralojisi ve Üretim Tekniği, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Arkeometri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

- Edreira, M.C., Feliu, M.J., Fernández-Lorenzo, C., Martin, J., 2001, Roman wall paintings characterization from Cripta del Museo and Alcazaba in Mérida (Spain): chromatic, energy dispersive X-ray fluorescence spectroscopic, X-ray diffraction and Fourier transform infrared spectroscopic analysis, *Anal. Chim. Acta*, 434, 331-345.
- Fabbri, B., Gualtieri, S., Shoval, S., 2014., The presence of calcite in archeological ceramics, *J. Eur. Ceram. Soc.*, 34, 1899-1911.
- Farmer, V.C., 1974, *Infrared Spectra of Minerals*, Ed. Mineralogical Society, London, 539.
- Faust, G.T., 1953, Huntite,  $Mg_3Ca(CO_3)_4$ , a New Mineral, *American Mineralogist*, 38: 4-24.
- Genç, E. ve Uysal, T., 2017, Doğanpınar Barajı Tilbaşar Höyük 2015 Yılı Kazısı, 38. Kazı Sonuçları Toplantısı, Edirne, Cilt 1 s 293-304.
- Hamadi, A. and Nabih, K., 2012, Alkali Activation of Oil Shale Ash Based Ceramics, *E-Journal of Chemistry*, 9 (3), 1373-1388.
- Harmankaya, S., Tanındı, O. ve Özbaşaran, M. 1998, *Türkiye Arkeolojik Yerleşmeleri TAY 3 Kalkolitik*. İstanbul: Ege Yayınları.
- Hole, F., Hetzer, R. F., 1969, *An Introduction to Prehistoric Archaeology*, 2. Baskı, Newyork/Chioago, Holt Rinehar - Winston, 235.
- Ionescu, C., Ghergarı, L., Horga, M., Rădulescu, G., 2007, Early Medieval ceramics from the Viile Tecii Archaeological Site (Romania): an Optical and XRD Study, Department of Mineralogy, Babeş-Bolyai University, Kogălniceanu 1, 400084 Cluj Napoca, Romania, Bistrița-Năsăud County Museum, General Grigore Bălan 19, 420016 Bistrița, Romania, 29-35.

- İssi, A., 2012, "Estimation of ancient firing technique by the characterization of semi-fused Hellenistic potsherds from Harabebezikan/Turkey", *Ceramics International*, Vol.38, Issue 3, 2375-2380.
- Kayani, S., A., Siddiqui, R., H., 2011, Mineralogical and Thermal Analyses of a Bangle Shard from Harrappa, an Indus Valley Settlement in Pakistan, National University of Sciences and Technology, Geoscience Advance Research Laboratories, Islamabad, Pakistan, 69-73.
- Kepinski, C., 2010, Tilbeshar, Au Carrefour D'échanges Entre La Vallée De L'euphrate Et La Côte Méditerranéenne A L'âge Du Bronze, *Archéologies et espaces parcourus*, Istanbul, Turquie.
- Kepinski, C. ve Önal. M., 2006, New Evidence From Early and Middle Bronze Tilbeshar, 29. Kazı Sonuçları Toplantısı, 201.
- Krapukaitytė, A., Tautkus, S., Kareiva, A., Zalieckienė, E., 2008, Thermal analysis-a powerful tool for the characterization of pottery, *Chemija*, 19 : 4-8.
- Kurap, G., Akyuz, S., Akyuz, T., Basaran, S., Cakan, B., 2010, FT-IR spectroscopic study of terra-cotta sarcophagi recently excavated in Ainos (Enez) Turkey, *Journal of Molecular Structure*, 976, 161-167.
- Libby, W. F., 1955, Radiocarbon Dating, 2.Baskı, Chicago, The University of Chicago Press.
- Lin, SY. and Wang, SL., 2011, Advances in Simultaneous DSC-FTIR Microspectroscopy for Rapid Solid-State Chemical Stability Studies, Some Dipeptide Drugs as Examples. *Adv Drug Delivery Rev*, 64, 461-47.
- Maravelaki-Kalaitzaki, P., Kallithrakas-Kontos, N., 2003, Pigment and terracotta analyses of Hellenistic figurines in Crete, *Anal. Chim. Acta*, 497, 209-225.

- Mazzocchin, G.A., Agnoli, F., Colpo, I., 2003, Investigation of roman age pigments found on pottery fragments, *Anal. Chim. Acta*, 478, 147-161.
- Meyvel, S., Sathya, P., Velraj, G., 2012, Thermal characterization of archaeological pot sherds recently excavated in Nedunkur, Tamilnadu, India, *Cerâmica*, 58, 338-341.
- Michael, H, N., Ralph, E.K., 1971, *Dating Techniques for The Archaeologist* Cambridge/Mass, London, Mit Press.
- Moropoulou, A., Bakolas, A., Bisbikou, K., 1995, Thermal analysis as a method of characterizing ancient ceramic technologies, *Thermochimica Acta*, 2570, 743-753.
- Mutlu, H.S., 2007, *Zamanın Çarkında Anadolu'da Seramik*, Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Sayı No: 17, 71-72.
- Ono, D., Bamba, T., Oku. Y., Yonetani, T. and Fukusaki, E., 2011, Application Of Fourier Transform Near-Infrared Spectroscopy to Optimization of Gren Tea Steaming Process Conditions. *J Biosci Bioeng*, Vol:112 No. 3, 247-251.
- Otto, H. - Witter. W., 1952, *Handbuch Der Ältesten, Vorgeschichtlichen Metallurgie İn 1952 Mitteleuropa*. Leipzig, Barth, 1-20.
- Palanivel, R., Meyvel, S., 2009, Mineralogical Characterization Studies Of Archaeological Pottery Sherds Using FT-IR And TGA-DTA, *Journal of Molecular Structure*, 2009, 088-093.
- Palanivel, R., Kumar, U., R., 2009, Thermal and Spectroscopic Analysis of Ancient Potteries, Department of Physics, Annamalai University, Annamalainagar, Tamilnadu –608002, 195-208.
- Ravisankar, R., Kiruba, S., Naseerutheen, A., Chandrasekaran, A., Annamalai, G.R., Seran, M. and Balaji, P.D., 2011, Estimation of the firing temeparaure of

archaeological pottery excavated from Thiruverkadu, Tamilnadu, India by FT-IR spectroscopy, Archives of Physics Research, 2(4):108-114, <http://scholarsresearchlibrary.com/APR-vol2-iss4/APR-2011-2-4-108-114.pdf>.

Rasmussen, K., L., De La Fuente, G.,A., Bond A., D., Mathiesen K., K., Vera S., D., 2012, Pottery Firing Temperatures: a New Method for Determining the Firing Temperature of Ceramics and Burnt Clay, Journal of Molecular Structure 39, 1705-1716.

Ricci, G., 2016, Archaeometric Studies of Historical Ceramic Materials, Dottorato di ricerca in Scienze Chimiche Ciclo XXIX Anno di discussione, Università Ca'Foscari Venezia Scuola Dottorale di Ateneo Graduate School, 12-15.

Rice, P.M., 1987, Pottery analysis: A sourcebook, University of Chicago Press, Chicago.

Riederer, J., 1982, Die Materialanalyse Als Werkzeug Der Kunstgeschichte, Archaeometrie Ersetzt Kunsthistoresehe Faustregeln, Forschung Mitteilungen Der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Dfg) 2/82, 14 -16.

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

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

Şişman, İ., 2006, CdS, CdSe ve CdTe Bileşik Yarıiletken İnce Filmlerinin Aynı Çözeltiden Elektrokimyasal Olarak Au (111) Elektrodu Üzerinde Büyütülmesi ve AFM, STM, XRD ve UV-VIS Spektroskopisi ile Karakterizasyonu, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 182.

- Ünlü, F., 2007, Geçiş Metali-Fosfin Komplekslerinin Termal Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Van der Weerd, J., Smith, G.D., Firth, S., Clark, R.J.H., 2004. Identification of black pigments on prehistoric Southwest American potsherds by infrared and Raman microscopy. *J. Archaeol. Sci.* 31, 1429–1437.
- Velraj, G., Sudha, R. and Hemamalini, R., 2010, X-Ray Diffraction and Tg-Dta Studies Of Archaeological Artifacts Recently Excavated in Salamankuppam Tamilnadu, *Recent Research in Science and Technology* 2(10), 89-93.
- Zeuner, F. E., 1958, *Dating The Past. An Introduction To Geochronology*, 4. Baskı, London/Methuen, 257.

### **Web Kaynak**

- 1- [http://www.ibb.gov.tr/sites/kudeb/Documents/kudeb\\_Yayinlari\\_yedek.htm](http://www.ibb.gov.tr/sites/kudeb/Documents/kudeb_Yayinlari_yedek.htm)  
(18.12.2018)
- 2- <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/gaziantep.pdf>  
(18.12.2018)
- 3- <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/kilis.pdf>  
(18.12.2018)
- 4- <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/adiyaman.pdf>  
(18.12.2018)
- 5- <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/osmaniye.pdf>  
(18.12.2018)
- 6- <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/Antakya.pdf>  
(18.12.2018)
- 7- <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/kahramanmaras.pdf>  
(18.12.2018)
- 8- <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/sanliurfa.pdf>  
(18.12.2018)

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Furkan TANYERİ  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : ELAZIĞ/07.02.1985  
**Telefon** : 0 (544) 858 23 23  
**Faks** : -  
**e-mail** : tanyerifurkan@gmail.com

### EĞİTİM

<b>Derece</b>	<b>Adı İlçe İl</b>	<b>Bitirme Yılı</b>
Lise	: Elazığ Merkez ELAZIĞ	2002
Üniversite	: Batman Merkez BATMAN (Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım)	2015
Yüksek Lisans	: Batman Merkez BATMAN (Arkeometri)	2019

### İŞ DENEYİMLERİ

<b>Yıl</b>	<b>Kurum</b>	<b>Görevi</b>
2010	Batman Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı	Bilgi-İşlem (Devam ediyor)
2014	İstanbul Büyükşehir Belediyesi Korma ve Uygulama Denetim Müdürlüğü (KUDEB)	Staj

### UZMANLIK ALANI

--Arkeometri, Seramik, Bilgi Teknolojileri

### YABANCI DİLLER

--İngilizce (orta)