

DORYLAION (ESKİŞEHİR-ŞARHÖYÜK) HELLENİSTİK DÖNEM BATI YAMACI SERAMİKLERİNİN KARAKTERİZASYONU

Ali İSSİ¹, Alpagut KARA¹, Taciser SIVAS², Hakan SIVAS³

^{1*}*Anadolu Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Eskişehir*

²*Anadolu Üniversitesi, Arkeoloji Bölümü, Eskişehir*

³*Anadolu Üniversitesi, Tarih Bölümü, Eskişehir*

ÖZET

Anadolu çağlar boyunca birçok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Bu kültürel mirasın aydınlatılabilmesi için günümüze kadar her geçen yıl sayıları giderek artan bir çok arkeolojik kazı gerçekleştirilmiştir. Bu kazı alanları arasında yer alan antik Dorylaion yerleşmesi, Eskişehir ovasında, kent merkezinin hemen kuzeybatısındadır. Orta Anadolu'nun en büyük höyüklerden biri olan yerleşme, günümüzde Şarhöyük olarak adlandırılmaktadır. Buradaki arkeolojik kazılar Kültür ve Turizm Bakanlığı ve Anadolu Üniversitesi işbirliği ile 1989 yılından bu yana devam etmektedir. Kazı çalışmaları sırasında Hellenistik döneme (M.Ö: 330-30) ait bir grup Batı Yamacı seramiği ele geçmiştir. Batı Yamacı seramikleri Hellenistik dönem boyunca Akdeniz çevresinde kullanılan moda kaplardır. Devam eden çalışmaların bir parçası olarak, belirli Batı Yamacı seramiği bünyelerine ait kimyasal kompozisyonlar X-ışını floresansı (XRF), mineralojik ve faz kompozisyonları X-ışını difraksiyonu (XRD) ile belirlenmiş ve Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopi (FTIR) analiz sonuçları ile kıyaslanarak teyit edilmiştir. Ayrıca, mineralojik ve faz içeriğinin yüksek sıcaklık karşısındaki davranışları gözlemlemek amacı ile termal gravimetri (TG) ve diferansiyel termal analiz (DTA) analizleri gerçekleştirilmiştir. Bünye ve astar (firnis) tabakalarına ait mikroyapısal karakteristikler ve mikrokimyasal özellikler ise taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve buna bağlı enerji saçınımlı X-ışını spektrometresi (EDX) ile incelenmiştir. Son olarak, çalışmada özellikle ürünlerin sinterlenmesi gibi bazı teknolojik parametreler tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dorylaion, Batı Yamacı Seramikleri, Karakterizasyon, Arkeometri.

1. GİRİŞ

Çalışmalarda incelenen "Batı Yamacı Seramikleri", Hellenistik dönemdeki boyalı kap gruplarının en önemli ve döneminin moda seramik grubunu oluşturmaktadır. Çeşitli formlarda üretilen bu seramikler ilk kez Atina Akropolünün batı yamacında, Areopagus'un güneyinde W. Doerpfeld'in kazıları sırasında bulunmuştur. İlk olarak Carl Watzinger, müzelerde bulunan benzer vazoları da bu grupta toplamış ve bu seramiklerin yapım tekniğini, kap formlarını, bezemelerini ve kronolojisini araştırmıştır [1, 2]. Bu kaplar isimlerini ilk buldukları akropolün batı yamacından almış ve arkeoloji literatürüne "Westabhang Keramik" olarak girmiştir. Batı Yamacı seramiği olarak adlandırılan bu kaplar, Hellenistik dönem boyunca Doğu Akdeniz ve çevresinde görülmektedir [3-5]. Güney Rusya'daki kazılarda da bu seramik grubuna ait örnekler ele geçmiştir.

Batı Yamacı seramiklerini karakterize eden en önemli unsur, kabın astar boyası üzerine beyaz ya da portakal sarısı renkte, aslında kabın kendisinin yapıldığı sulandırılmış çamurla oluşturulan boya ile yapılmış defne yada sarmaşık çelengi gibi bitkisel bezeme ve pendantlar ile kazıma tekniği ile kabın astarının çizilerek bu bitkisel motifleri tamamlayan dallar ya da çeşitli geometrik süslemelerdir. Böylece siyah ya da koyu renkteki zemin ile beyaz renkteki bezemenin birbiriyle oluşturduğu zıtlık Batı

Yamacı kaplarının en dikkat çekici özelliğidir. Şarhöyük’de devam eden çalışmalarda tüm olmamakla birlikte Batı Yamacı seramiğinin güzel örnekleri Hellenistik dönem tabakalarında parçalar halinde ele geçmiştir. Sarmaşık yaprağı, damla, içi noktalı daire, asılı feston, kertik motifleri ile bezenmiş olan bu seramiklerin büyük bir bölümü içki ve karıştırma kaplarına aittir¹ [6-9].



Şekil 1. (a) B2 kodlu Batı Yamacı seramiği, (b) B20 kodlu Batı Yamacı seramiği, (c) B22 kodlu Batı Yamacı seramiği, (d) B23 kodlu Batı Yamacı seramiği buluntuları.

Tablo 1’de karakterizasyon için belirlenen Batı Yamacı seramiği parçalarının buluntu yeri, yılı, arkeolojik kodu ve parça türü görülmektedir.

Tablo 1. Batı Yamacı seramiği parçalarının deneysel kodu, buluntu yeri, yılı, arkeolojik kodu ve parça türü.

Deneysel Kod	Buluntu Yılı Yeri ve Arkeolojik Kodu	Parça Türü
B1	ŞH 00, I13D, ABFH	Gövde Parçası
B2	ŞH 00, I13D, ABIP	Kulp Parçası
B3	ŞH 94, M22 Yüzey, AAJA	Gövde Parçası
B4	ŞH 95, Yüzey, AAKB	Gövde Parçası
B5	ŞH 90, R7, AAZP	Gövde Parçası
B6	ŞH 90, R7, AAZJ	Gövde Parçası
B7	ŞH 93, N22A, AAED	Gövde Parçası
B8	ŞH 90, S24, AAZA	Gövde Parçası
B9	ŞH 03, Yüzey	Gövde Parçası
B10	ŞH 99, I14, AAHO	Gövde Parçası
B11	ŞH 05, T24A+B, ACDP	Gövde Parçası
B12	ŞH 97, S24, AADK	Gövde Parçası
B13	ŞH 97, S24, AAPR	Gövde Parçası
B14	ŞH 98, S24, AAVA	Gövde Parçası
B15	ŞH 97, S24C+D, AASD	Kulp Parçası
B16	ŞH 92, I13C, AADP	Kulp Parçası
B17	ŞH 00, I13D, ABIZ	Gövde Parçası
B18	Kozkayı 97, Yüzey	Gövde Parçası
B20	ŞH 98, S24, AAVM	Gövde Parçası
B21	ŞH 99, I13C, ABCM	Kulp Parçası
B22	ŞH 05, T24A, ACFV	Kulp Parçası
B23	ŞH 99, I13C, ABCL	Kulp Parçası

¹ Dorylaion (Eskişehir-Şarhöyük) ve buradaki arkeolojik kazı çalışmaları hakkında daha detaylı bilgilere Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü’nce yayınlanan 15., 16., 22. ve 23. kazı sonuçları toplantısı bildiriler kitabında ulaşılabilir.

2. YÖNTEM

Karakterizasyonları gerçekleştirilecek numunelerin belirlenmesinin ardından XRD (X-ışını difraksiyon), XRF (X-ışını floresans), TG-DTA (Termal gravimetri-Diferansiyel termal analiz) ve FTIR (Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi) analizleri için alınan numuneler üzerindeki astar tabakaları kaldırıldıktan sonra öğütülerek toz haline getirilmişlerdir. Bünyelere ait toz numunelerin mineralojik ve faz analizleri Rigaku marka Rint 2200 model X-ışını cihazında 5-70^o arasında 2^o/dak. hızla 40 kV ve 30 mA'de Cu K α X ışını kaynağı ile difraksiyona tabi tutularak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen XRD sonuçlarının birbirleri ile kıyaslanarak teyit edilmesi için Bruker marka Tensor 27 model FTIR cihazında toz numunelerin doğrudan analizlerin gerçekleştirilebildiği ATR (Attenuated total reflectance) yöntemi ile 1600-550 cm⁻¹ dalga boyu aralığında 4 cm⁻¹ çözünürlükle 16 ölçüm sonucunun ortalaması ile spektrumları elde edilmiştir. Batı Yamacı seramiği bünyelerine ait mineralojik ve faz içeriğinin yüksek sıcaklık karşısındaki davranışları gözlemlemek amacı ile TG-DTA analizleri toz numunelerin oda sıcaklığından 1200 ^oC'ye 10 ^oC/dak.'lık bir hızla oksidatif bir atmosferde ısıtılması ile Netzsch marka 409 Lux model cihazda gerçekleştirilmiştir. Bünyelere ait kimyasal kompozisyonlar Rigaku marka ZSX Primus model dalga boyu saçınımlı X ışını floresans (WDXRF) cihazında cam tabletler halinde hazırlanan numunelerin yarı kantitatif (% ağırlık) sonuçları ile elde edilmiştir. Cam tabletler ağırlıkça 1/10 oranda numune/Li₂B₄O₇ karışımı halinde ergitici cihazda platin krezeller içerisinde ergitilerek hazırlanmıştır. Mikroyapısal ve mikrokimyasal karakteristiklerin belirlenmesi için alınan numuneler ise Zeiss marka Evo 50EP model taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenerek atomik kontrast farkının en belirgin olduğu geri saçınımlı elektron görüntüleri (BSE) elde edilmiştir. Ayrıca taramalı elektron mikroskobuna bağlı Bruker marka AXS model enerji saçınımlı X ışını spektrometresi (EDX) ile bünye bileşenleri ve astar (firnis) tabakalarının mikroanalizleri gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR

3.1. Kimyasal Analiz Sonuçları

SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, Na₂O, K₂O, CaO, TiO₂, P₂O₅, SO₃, Cr₂O₃, MnO, NiO, CuO, ZnO, As₂O₃, Rb₂O, SrO, ZrO₂, TeO₂ ve BaO numunelerde rastlanan major, minör ve eser oksitlerdir. Tablo 2'de kalsiyumca zengin ve zayıf dört numuneye ait kimyasal analiz sonuçları görülmektedir.

Tablo 2. Kalsiyumca zengin ve zayıf dört numuneye ait kimyasal analiz sonuçları.

Oksit	Numune Kodu			
	Kalsiyumca Zayıf		Kalsiyumca Zengin	
	B23	B22	B20	B2
SiO ₂	58,01	58,57	52,99	52,14
Al ₂ O ₃	24,84	24,29	17,38	16,69
Fe ₂ O ₃	5,79	5,72	7,96	7,77
MgO	1,50	1,44	4,98	4,80
Na ₂ O	1,56	1,37	0,90	0,94
K ₂ O	5,49	5,97	4,41	4,63
CaO	1,42	1,44	9,99	11,61
TiO ₂	0,82	0,80	0,87	0,83
P ₂ O ₅	0,08	0,09	0,15	0,20
SO ₃	0,02	0,02	0,02	0,04
Cr ₂ O ₃	-	-	0,05	0,05
MnO	0,10	0,13	0,13	0,11
NiO	-	-	0,04	0,04
CuO	0,02	0,02	0,02	0,02
ZnO	0,03	0,03	0,01	0,04
As ₂ O ₃	0,01	-	-	-
Rb ₂ O	0,06	0,05	0,04	0,03
SrO	0,02	0,02	0,03	0,03
ZrO ₂	0,03	0,03	0,02	0,02
BaO	0,20	-	-	-
Toplam	100,00	99,99	99,99	99,99

Tablo 2’de görüldüğü üzere en fazla CaO miktarı % 11,61 oranla B2 kodlu numunede, en az CaO miktarı ise % 1,42 oran ile B23 kodlu numunede bulunmaktadır.

3.2. Mineral ve Faz Analiz Sonuçları

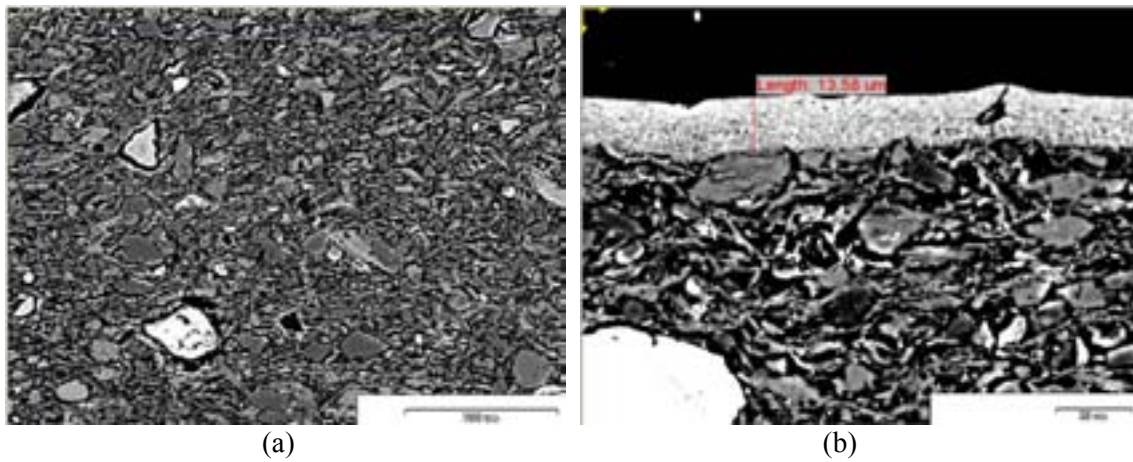
Kuars (SiO₂), alkali feldspat, anortoklas [(Na,K)(Si₃Al)O₈], plajiyoklas, illit/muskovit [(K,H₃O)Al₂Si₃AlO₁₀(OH)₂]/[(K,Na)(Al,Mg,Fe)₂(Si_{3,1}Al_{0,9})O₁₀(OH)₂], magnezihornblend [(Ca,Na)_{2,26}(Mg,Fe,Al)_{5,15}(Si,Al)₈O₂₂(OH)₂], potasyum mika (KAl₃Si₃O₁₁), kalsit (CaCO₃), diopsit [Ca(Mg,Al)(Si,Al)₂O₆], ojit [Ca(Mg,Fe)Si₂O₆], gehlenit (Ca₂Al₂SiO₇) ve lepidokrosit [FeO(OH)], hematit (Fe₂O₃) ve hersinit (FeAl₂O₄) numunelerde tespit edilen mineral ve fazlardır. Tablo 3’de numunelerdeki mineral ve fazlar görülmektedir. Kuvars, alkali feldspat ve plajiyoklas numunelerde rastlanan major fazlardır.

Tablo 3. XRD analizleri sonucunda numunelerde tespit edilen mineral ve fazlar.

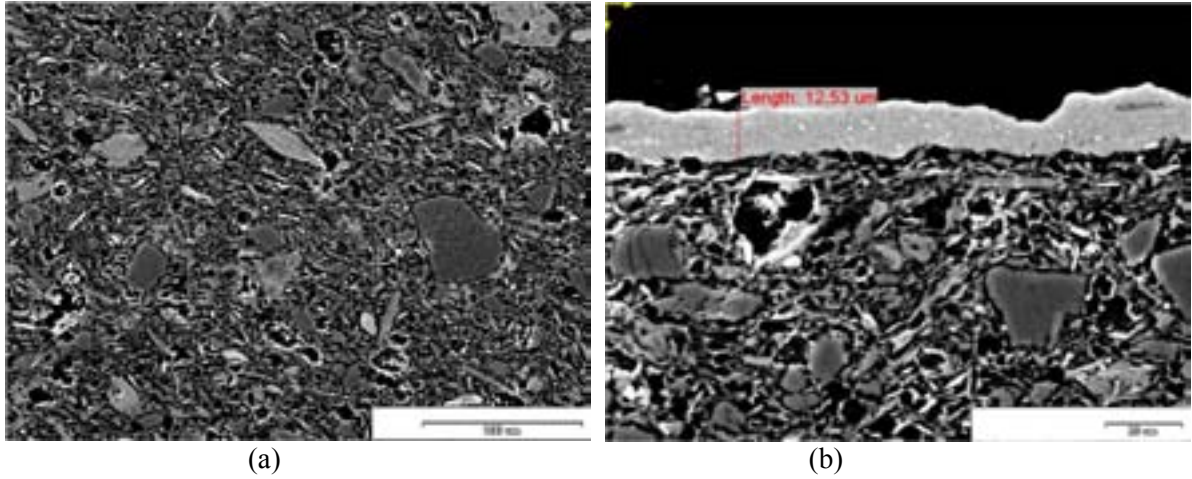
Deneysel Kod	Mineral ve Fazlar
B1	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, İllit/Muskovit, Hematit
B2	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Dolomit, Diopsit, Gehlenit, İllit/Muskovit, Hematit
B3	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Hematit
B4	Kuvars, Alkali feldspat, Anortoklas, Plajiyoklas, Diopsit, Hematit
B5	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Hematit
B6	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Hematit
B7	Kuvars, Alkali feldspat, Anortoklas, Plajiyoklas, Diopsit, Hematit
B8	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Magnezihornblend, İllit, Lepidokrosit, Hematit
B9	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas
B10	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, İllit/Muskovit, Hematit
B11	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Hematit
B12	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Hematit
B13	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Kalsit, Diopsit, Gehlenit, İllit/Muskovit, Hematit
B14	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Diopsit, Gehlenit, Hematit
B15	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Kalsit, Diopsit, Gehlenit, İllit/Muskovit, Hematit
B16	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Dolomit, Diopsit, İllit/Muskovit, Hematit
B17	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Dolomit, Ojit, Gehlenit, İllit/Muskovit, Hematit
B18	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Hematit
B20	Kuvars, Alkali feldspat, Anortoklas, Plajiyoklas, Ojit
B21	Kuvars, Alkali feldspat, Anortoklas, Plajiyoklas, Diopsit, Gehlenit, Hematit
B22	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Hersinit, Hematit
B23	Kuvars, Alkali feldspat, Plajiyoklas, Potasyum mika, İllit/Muskovit, Hematit

3.3. Mikroyapısal ve Mikrokimyasal Karakterizasyon Sonuçları

B23 ve B2 kodlu numunelerin bünye ve astar tabakalarına ait temsili BSE görüntüleri şekil 2 ve 3'de verilmektedir. Mikrokimyasal analiz sonuçları bünye ve astar yüzeylerinde uygun görülen alanlardan elde edilmiştir.



Şekil 2. B23 kodlu numunenin (a) bünye ve (b) astar-bünye kesitine ait temsili BSE görüntüleri.



Şekil 3. B2 kodlu numunenin (a) bünye ve (b) astar-bünye kesitine ait temsili BSE görüntüleri.

Tablo 4'de ise B23 ve B2 kodlu numunenin bünye ve astar tabakasına ait EDX sonuçları görülmektedir.

Tablo 4. B23 ve B2 kodlu numunenin bünye ve astar tabakasına ait EDX sonuçları (% ağı.).

B23 bünye		B23 astar		B2 bünye		B2 astar	
Oksit	Miktar	Oksit	Miktar	Oksit	Miktar	Oksit	Miktar
SiO ₂	59,13	SiO ₂	43,90	SiO ₂	54,85	SiO ₂	46,15
Al ₂ O ₃	25,01	Al ₂ O ₃	28,72	Al ₂ O ₃	16,76	Al ₂ O ₃	28,82
Fe ₂ O ₃	5,83	Fe ₂ O ₃	23,51	Fe ₂ O ₃	8,04	Fe ₂ O ₃	12,80
MgO	1,54	MgO	1,45	MgO	4,46	MgO	1,79
Na ₂ O	1,48	Na ₂ O	0,32	Na ₂ O	1,34	Na ₂ O	1,16
K ₂ O	5,12	K ₂ O	2,09	K ₂ O	3,70	K ₂ O	8,03
CaO	1,24	Toplam	99,99	CaO	10,30	CaO	0,55
TiO ₂	0,66			TiO ₂	0,55	TiO ₂	0,70
Toplam	100,01			Toplam	100,00	Toplam	100,00

4. TARTIŞMA

Batı Yamacı seramikleri bünyelerine ait XRF ve XRD sonuçları göz önüne alındığında genellikle illit/muskovit tipindeki kil minerallerini içeren, kalsiyumca zengin ve zayıf hammadde kaynakları ile üretim yapıldığı görülmektedir. Mineralojik ve faz analiz sonuçları göz önünde bulundurularak üretimin çok değişik sıcaklık aralıklarında gerçekleştiği düşünülebilir. Bu konu ile ilgili olarak literatürde değişik hammadde kompozisyonları ve pişirim sıcaklıklarında elde edilen ürünlerin özellikleri göz önünde bulundurularak tahminlerde bulunmak mümkündür. Örneğin; İllit/muskovit minerali hidroksil grubunu 700 °C civarında kaybetmeye başlamasına rağmen yapısal bozunumu 900-1000 °C arasında tamamlamaktadır. Yapısal suyunu kaybeden muskovit veya diğer mikalar yapısal bozunumunu tamamlamamış iseler tekrar su absorplayarak eski yapısal formlarına geri dönebilmektedirler [10]. Kilce zengin karbonat içeren ve içermeyen iki hammaddenin 700 ve 1100 °C arasında değişik sıcaklıklarda sinterlendiği bir çalışmada, çeşitli sıcaklıklardaki yeni mineral oluşumları şu şekilde özetlenebilir; 800 °C'de illit ve kalsit karışımından gehlenit oluşumunun

başladığı, 900 °C'de dolomit ve SiO₂ ara yüzeylerindeki reaksiyonlarla diopsit oluştuğu, aynı sıcaklıkta illit, kalsit ve SiO₂ reaksiyonu sonucu K-feldspat ve anortit oluştuğu, 1000 ve 1100 °C'de ise karbonatça zengin ve zayıf her iki numune grubunda illit ve SiO₂ reaksiyonları sonucunda mullit, sanidin ve camsı faz oluşumu gözlemlendiği belirtilmektedir [11]. Buradan hareketle B1, B2, B8, B10, B13, B15, B16, B17 ve B23 kodlu numunelerde illit/muskovit mineraline rastlandığından dolayı 1000 °C'nin altında sinterlendikleri, B2, B13, B15 ve B16 kodlu numunelerin diopsit minerali içermesi nedeni ile 900 °C'nin, B17 kodlu numunenin gehlenit minerali içermesi nedeni ile 800 °C'nin üzerinde bir sıcaklıkta sinterlendikleri düşünülmektedir.

B3, B4, B5, B6, B7, B9, B11, B12, B14, B18, B20, ve B21 kodlu numunelerin eğer kil bazlı pişirilmiş bünyeler olduğu düşünülürse sinterleme sıcaklığının 1000 °C'ye yaklaşık olduğu, spinel ve mullit gibi belirgin fazlara rastlanılamamış olması nedeni ile 1100 °C'nin altındaki sıcaklıklarda sinterlendikleri söylenebilir. B22 kodlu numune hersinit minerali içerdiğinden dolayı sinterleme sıcaklığının 1100 °C'ye kadar ulaşabildiği düşünülebilir. TG-DTA analiz sonuçları da bunu destekler niteliktedir. Genel olarak 2000 yıldan daha fazla bir süre ile yer altında kalmış bir üründen çevresel etkilere bağlı olarak ikincil faz oluşumlarının (örneğin; serbest kalsiyumun hidroksitlenmesi, karbonizasyonu veya tuz oluşumları) ve organik kirlenmelerin bu tip bünyelerde yeniden pişirim sonrası oluşacak reaksiyonları hangi ölçüde etkileyebileceğini öngörmek oldukça zordur.

Bünyelere ait BSE görüntüleri incelendiğinde temper madde kullanımının olmadığı görülmektedir. Mikroanaliz sonuçları (EDX) ve XRD analiz sonuçlarına göre matristeki büyük tanelerin genellikle kuvars, alkali feldspat ve plajiyoklas oldukları belirlenmiş olup, özellikle kuvars tane boyutunun 150 µm'ye kadar ulaştığı görülmektedir. Astar tabakaları incelendiğinde kalınlıklarının 5 ile 20 µm arasında değiştikleri ve oldukça ince taneli yapıda oldukları söylenebilir. Astar tabakası EDX sonuçlarına göre, bünye kimyasal analiz sonuçlarına benzer elementel kompozisyona sahip oldukları, ancak demir oranının bünyelere göre oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Astar tabakaların günümüze kadar çatlak içermeden ulaşabilmesi bünye ve astar tabakaları arasındaki ısıl genişleme farklılıklarının uyumlu olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca, astar tabakalardaki renk farklılıklarının büyük ölçüde pişirim atmosferinin oksidatif veya redüktif olması ile elde edilebileceği de göz önünde bulundurulduğunda Hellenistik dönemde üretim prosesine yönelik oldukça deneyimli veya bilgili kişiler tarafından üretimin gerçekleştirildiği düşünülebilir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Şubat 2007 tarihinde yürürlüğe giren 106M463 nolu TÜBİTAK projesinin bir parçası olduğundan desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

1. Watzinger C., *Vasenfundes aus Athen*, Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts, vol. 26, pages 70-84, 1901.
2. Uğurlu E., *Batı Yamacı Seramiği*, Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar fakültesi Dergisi, s.5, 145-163 s., 1998.
3. Goldman H., *Excavations at Gözlu Kule*, Tarsus I, The Hellenistic and Roman Period, Princeton, 1950.
4. Conze, A., *Altertümer von Pergamon*, vol.1-2, Berlin, 1913.
5. Pagenstecher R., *Expedition Erust von Sieglin, Ausgrabungen in Alexandria*, Band II, 3, Die Gefasse in Stein und Ton, Knochenschnitzereien, Leipzig, 1913.
6. Darga A. M., *Şarhöyük-Dorylaion Kazıları (1989-1992)*, XV. *Kazı Sonuçları Toplantısı I*, Ankara, 1994, 481-502 s.
7. Darga A. M., 1993 Yılı Şarhöyük-Dorylaion (Eskişehir) Kazıları, XVI. *Kazı Sonuçları Toplantısı I*, Ankara, 1995, 351-368 s.

8. Darga A. M., Sivas T., Şarhöyük-Dorylaion Kazıları 1999 Yılı Sonuçları, 22. *Kazı Sonuçları Toplantısı, Cilt 2*, Ankara, 2001, 51-62 s.
9. Darga A. M., Sivas T., Sivas H., 2000 Yılı Şarhöyük-Dorylaion Kazıları, 23. *Uluslararası Kazı Sonuçları Toplantısı, Cilt II*, Ankara, 2002, 207-218 s.
10. Grimshaw R.W., *The Chemistry and Physics of Clays*, Techbooks, India, page 727, 1971.
11. Cultrone G., Navarro C.R., Sebastian E., Cazalla O., Torre M. J., *Carbonate and Silicate Phase Reactions during Ceramic Firing*, Eur. J. Mineral, 13, pages 621-634, 2001.