

Adıyaman Bölgesi Kil Yataklarının Farklı Pişirim Sıcaklıkları Sonrası Renk Değişimleri

Ahmet ÇELİK^{1*}, Selim KAPUR²

¹Adıyaman Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, 02400, Adıyaman, Türkiye.

²Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 01330, Adana, Türkiye.

*Sorumlu Yazar: ahmetcelik@adiyaman.edu.tr

Geliş (Received): 03.12.2019

Kabul (Accepted): 16.12.2019

ÖZET

Çanak çömlek üretimi endüstri tarihinde insanlığın en büyük adımlarından biri olup, halen madencilikten uzay araştırmalarına kadar geniş bir üretim yelpazesinde devam etmektedir. Seramik ürünler, kırılma indisi, hacim ağırlığı, ısıya ve aşınmaya karşı dayanım gibi çeşitli teknik özelliklere göre sınıflandırılır. Bununla birlikte, ilk morfolojik incelemede genel olarak renk ve tekstür çeşitli özelliklerle ilgili bilgi vermektedir. Ayrıca renk, seramik üretiminden bu yana estetik tercihlerde çok önemli bir özelliktir. Fırat Havzasında bulunan Adıyaman, zengin kil kaynaklarından dolayı bir çömlek merkezi olan Anadolu'nun en eski yerleşim merkezlerinden biridir. Bu çalışmanın amacı Adıyaman Bölgesi killerinin pişirim sonrası renk değişimlerinin incelenmesine yöneliktir. Pişirim sonrası killerin renk değişimlerini belirlemek için Adıyaman, Kahta, Samsat ve Besni ilçelerinden kil örnekleri toplanmıştır. Renk değişiklikleri, Çanakkale Seramik Araştırma Laboratuvarlarında 900°C ve 1040°C'de pişirilen 13 tablet Konica Minolta Chroma Metre Cr-400 ve Munsell Renk Skalası ile ölçülmüştür. Ölçümler beyazlık-siyahlık (L), kızarıklık-mavilik (a) ve sarılık-yeşillik (b) esas alınarak yapılmıştır. Adıyaman killeri simektitik olduğu için, tuğla üretiminde daha uygun olduğu düşünülmektedir. Tuğlaya kırmızı rengi veren demir oksit oranı % 5'ten fazla düzeye sahip Çmgz, Hsnck-1 ve 2, Kht-1 ve 2, Egrçy, Smst-2 ve Rzp örneklerinde saptanmıştır. Bunlar arasında, Rzp en iyi kırmızı rengi elde edilmiştir.

Numunenin kırmızı rengi, 850°C üzerinde hematitin yüksek oksidasyonundan kaynaklanmaktadır. Yüksek karbonat içerikli sarımsı renkler veren örnekler, dekoratif amaçlı olarak duvar karosu olarak kullanılabilirdiği belirlenmiştir. Bu nedenle, Rzp kil kaynağı Adıyaman bölgesinde kırmızı topraktan üretilen ürünlerin kullanımı için önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Adıyaman, Kil, Tuğla, Renk, Yüksek Sıcaklık

Color Changes of Clay Deposits of Adıyaman Region After Firing at Different Temperatures

ABSTRACT

Pottery production is one of the great steps of human industry history and it still continuous in vast range of production from mining to space research. Ceramic products are classified based on their various technical properties such as modulus of rupture, bulk density, resistance to abrasion and heat. However initial morphological inspection mainly color and texture in general provides several properties in advance. Also color is crucial characteristic in aesthetic preferences since the production of pottery. Adıyaman, located on Euphrates, is one of the

oldest settlement centers of Anatolia where has been a pottery center due to its rich clay sources. The aim of this study is to investigate the color changes of clays of Adiyaman region after firing. Clay samples were collected from Adiyaman, Kahta, Samsat and Besni districts for determining color changes of clays following firing. The color changes were measured by Konica Minolta Chroma Meter Cr-400 and Munsell color scale on 13 tablets that are fired in Çanakkale Ceramic Research Laboratories at 900°C and 1040°C. Measurements was done based on whiteness-blackness (L), redness-blueness (a) and yellowness-greenness (b). Adiyaman clays are more suitable for brick production due their smectitic mineralogy and high carbonate content. The desired red color for brick ware is achieved at Çmgz, Hsnck-1 and 2, Kht-1 and2, Egrçy, Smst-2 and Rzp which has more than 5% iron-oxide. Among them, RZP yield the best red. The red color of the sample is due to high oxidation of hematite over 850°C. Samples with high carbonate content yielded yellowish colors which can be used as wall-tiles for decorative purposes. So, the Rzp clay source is suggested for the use of red earthenware production in Adiyaman region.

Keywords: Adiyaman, Clay, Brick, Color, High Temperature

GİRİŞ

İnsan hayatına etki eden en önemli doğal varlıklardan biri topraktır. Toprağın son zamanlardaki kullanım alanları içerisinde tuğla seramik endüstrisinin önemi ve değeri azaltmadan devam etmektedir. Toprak endüstrisine yönelik yapılan üretimin sonrasında görsellik, psikolojik ve estetik açıdan, satış ve pazarlama da en önemli belirleyici özellik renktir. Renk ticari açıdan seramik bünyelerin sahip olduğu en önemli özelliklerden biridir. Tuğla ürünlerinde fırınlama sonrası oluşan renk, ürün kalitesinin artırılması ve estetik görünüm açısından önemlidir. Dayanım açısından standartlara uygun olduğu halde rengi açık olan tuğla ürünlerinin ticari değeri az olmaktadır. Tuğla- kiremit ve seramik endüstrisinde kırmızı rengin ve tonlarının görsel, psikolojik ve estetik etkileri olduğu bilinmekte olup, bu etkilerin pazarlama süresince bazen kalite kriterlerinin önüne geçtiği gözlemlenmektedir. 800-1200°C arasında fırınladıklarında, açık sarıdan koyu kahverengiye kadar çeşitli renkler alarak, bu ürünler için gerekli dayanıma sinterleşerek ulaşırlar (Karaman, 2006; Cohen, 2008). Pişme rengi konusunda en etkin unsurlardan biride mineral içerik ve fırınlama sıcaklığıdır (Yanık ve ark., 2005).

Killer, ayrışma ürünleri olduklarından metal oksitler ve organik maddelerle doğal bir şekilde renklendirilmiş olarak bulunurlar. Kimi killer doğrudan hidrotermal ayrışma etkisinde kaldıklarından saf içeriğe sahip olurlar ve kaolinite olduğu üzere rengi beyazdır. Ayrıca killerin rengi içerdikleri oksitlere bağlı olarak sarı, pembe, kırmızımsı kestane rengi, mavimsi, yeşil, siyahımsı renklerde olabilirler. Kil rengi kil hakkında kabaca bir fikir verebilir, ancak bu renkler killerin fırınlandıktan sonra alacağı renk hakkında bilgi vermezler. Kilin fırınlandıktan sonra alacağı renk, fırınlama sıcaklığı ile içerdiği demir ve mangan oksit miktarına bağlıdır (Çelik, 2012). 900–1250 °C arasında bu renk sarıdan koyu kırmızıya kadar değişebilir (Johari ve ark., 2010). Pek çok seramik ürün için üniform renk gerekli bir özelliktir. Ürünün rengi fırın oksidasyon düzeyine ve demir minerallerinin tane boyuna, fırınlanma sıcaklığına, vitrifikasyon derecesine (bu alümina oranına kireç ve kil minerallerindeki magnezyaya ve yakma işlemi sırasındaki fırında bulunan gazın bileşimine) bağlı olarak değişir (Murray, 1996). Tuğla toprakları düşük sıcaklıklarda eriyen, diğer seramik ürünlerin yapımında kullanılan killere göre daha düşük düzeyde saf olan ve genellikle fırınlama rengi kırmızı olan killerdir. Geçmişten günümüze farklı alanlarda değişik amaçlar için kullanılan killerin kimyasal bileşimleri ve fırınlama koşulları, renk oluşumunu etkilemektedir (Somayaji, 1995; Özbek ve ark., 2001). Normal fırın atmosferinde killerin çoğunluğu fırınlama sonucu kırmızı renge ulaşır (Alamut,

2001). Son yıllarda tuğla üretim sektöründe tuğlalara parlaklık, dekoratif ve estetik bir görüntü kazandırmak ve mekanik dayanımları atmosfer koşullarına karşı arttırabilmek için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır (Arcasoy, 1983). Bu bağlamda Adıyaman Bölgesi jeolojik yapısı nedeniyle kil içeriği açısından varsıl bir bölge olmasına karşın killerin teknolojik kullanımı açısından yapılan çalışmalar az sayıdadır. Bu çalışmayla, Adıyaman bölgesi kil yataklarının farklı sıcaklıklarda pişirim sonrası renk değişimleri araştırılarak bölgede killere yapılan araştırmalar konusunda bilgi birikiminin artmasına katkı yapılmış olacaktır.

MATERYAL VE METOT

MATERYAL

Çalışma alanı 37°19'00" - 37°53'00" kuzey enlemleri ile 37°49'00" - 38°58'00" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Çalışma alanının denizden yüksekliği 508 ile 1047 m arasında değişim göstermektedir. Adıyaman'da yıllık ortalama sıcaklık 17.3°C'dir. Yıllık yağış ortalaması 710.9 mm'dir (MGM, 2019).

Çizelge 1. Çalışmada Kullanılan Örnekler ve Temin Edildikleri Yerler (Çelik, 2012)

Örnek kodu	Alındığı Bölge	Yükseklik (m)
	Yer	
Bsn-1	Besni	648
Bsn-2	Besni	608
Bsn-3	Besni	737
Çmgz	Çamgazi	661
Hsnck-1	Hasancık	662
Hsnck-2	Hasancık	654
Kht-1	Kahta	733
Eğrçy	Eğriçay	667
Smst-1	Samsat	508
Smst-2	Samsat	595
Kht-2	Kahta	684
Ekosan	Hasancık	-
Rzp	Rezip	1047

Tarım dışı alanlardaki potansiyel kil yatağı çökellerinin morfolojik tanımlanmasında; Şenol (1991) ve Yücesoy (1998)'ün çalışmalarına dayalı olarak yapılan lito-pedolojik kesit yaklaşımı ve buna bağlı olan toprak/hammadde örneklemesine göre yapılmıştır.

Bu çalışmada, Adıyaman il sınırları içerisinde bulunan, tarıma elverişli olmayan değişik bölgelerden derlenen ve tuğla-kiremit üretiminde kullanılabileceği düşünülen, kil mineral içeriği yüksek 13 farklı toprak/hammadde alanlarından kil çökeli kullanılmıştır (Çizelge 1). Bölgenin jeolojisi Pleyistosen yaşlı çamur akıntıları ile alüviyal V şekilli vadilerle tanımlanmaktadır (KHGM, 1990).

Güneydoğu Anadolu Bindirme Kuşağı'nın önünde yer alan Adıyaman İli çevresinde allokton birimler ile Arap Platform Çökelleri bulunmaktadır. Adıyaman'ın kuzeyinde bindirme kuşağı boyunca Üst Kretase'de bölgeye yerleşmiş allokton (dış kaynaklı) birimler olan Koçalı ve Karadut Karmaşıkları yer almaktadır.

İklim, topografya ve ana madde farklılıkları nedeni ile Adıyaman'da değişik toprak türleri oluşmuştur (KHGM, 1990). Bu değişik toprakların yanı sıra toprak örtüsünden yoksun bazı

arazi tipleri de bulunmaktadır. İlin genel toprak yapısı %75 oranında killi-tınlıdır (Anonim, 2003; Çelik ve ark., 2015).

Kil hammaddeleri ise çoğunlukla karbonatlı kayaların ayrışması sonucu oluşan kırmızı renkli smektit, illit ve kaolinit içeriklidir (KHGM, 1990). Bunun dışında smektit ve illitçe varsıl Sahra kökenli tozların katkısı da önem taşımaktadır (Kapur ve ark., 2018). Renkler koyu kırmızıdan koyu kahverengiye kadar değişiklik göstermekte olup, arada tamamen boz renkli kısımlarda vardır. Akarsu ve çay kenarlarında alüvyonlu sahalara da rastlanmaktadır. Adıyaman topraklarının türlerine göre sıralamasında Cambisol (IUSS WRB Working Group, 2015) veya Inceptisol (Soil Survey Staff, 2014) olarak tanımlanan kahverengi topraklar en yaygın topraklar olarak birinci sırada yer alır (KHGM, 1997; Çelik ve ark., 2017).

METOT

Tuğla-Seramik üretiminde kullanılacak olası hammadde yatakları belirlendikten sonra söz konusu yataklardan alınan örneklerde yapılacak analizler öncesi alınan örnekler gölgede kurutulup, öğütüldükten sonra 2 mm'lik elekten geçirilerek analizlere hazırlanmıştır. Analizler Çanakkale Seramik Fabrikalarına (Çanakkale) ait Araştırma ve Geliştirme Laboratuvarlarında yapılmıştır. Yapılacak analizler için toprak örneklerinden 3.5 kg malzeme alınarak yaklaşık 7 kg su ile bir kap içerisinde ıslatılmış ve 8 saat süre ile bekletilmiştir. Mikserde açılarak çamur haline getirilmiş ve 150 µm'luk elekten geçirilmiştir. 150 µm elek üzerinde kalan bakiye kurutulmuş ve yeniden öğütülerek çamura karıştırılmıştır. Bu çamurun bir kısmı alçı kalıba dökülüp, bir kısmı toz presleme ile tablet hazırlamak için ayrılmıştır. Hazırlanan çamur 105°C'de etüvde kurutulmuş ve daha sonra %5-7 oranında nemlendirilmiştir. Son olarak ta Nannetti el presi ile 5.5x11 cm boyutundaki tabletler basılmıştır. Deneylerde kullanılmak üzere her bir hammadde ve bir fabrika karışımından her bir farklı sıcaklık; 105°C için 4'er, 900 ve 1040°C için 5'er tane (Toplamda 14 Adet) deneme tableti basılmıştır.

Toprak örneklerinin toplam kimyasal (elementel) içerikleri, Çanakkale Seramik Fabrikaları'na ait akredite kimya laboratuvarlarında ve yaş yakma yöntemiyle gerçekleştirilmiştir (Soil Survey Division Staff, 1993).

Belirlenen 13 farklı sahadan alınan hammaddelerin sahip olduğu, birincil ve yüksek sıcaklık mineralleri X-ışını kırınımı yöntemi ile belirlenmiştir. Bu analizler, Kale Seramik Laboratuvarlarında bulunan, 2004 model, X¹ Pert Pro MPD marka, X¹ celetor hızlı dedektör, bakır tüp kullanılarak, 2θ=3-70° de XRD aygıtıyla yapılmıştır. Yarı nicel analizlerde saptanan killerin doruk uzunlukları saptanmıştır. Örneklerin tabletleri hazırlanmış, 900°C ve 1040°C'de fırınlandıktan sonra yüksek sıcaklık minerallerinin X-ışını kırınımının saptanması için agat havanda öğütülerek toz haline getirilmiş ve 2θ=3-70° aralığında okumaları yapılmıştır. Hazırlanan karışımlarda seçilen toprak örneklerinin kil mineral içerikleri, tuğla ve seramiğin şekillendirilmesi ve fırınlanması süreçlerinde etkili olmakta ve ürün sağlamlığının en önemli göstergelerini oluşturmaktadır.

Tabletlerin renk ölçümleri 900°C ve 1040°C'de iki ayrı sıcaklıkta, Konika Minolta Chroma Meter Cr- 400 marka renk ölçüm aygıtı ile yapılmıştır. Aygıt, fırınlanmış tabletlerin beyazlık-siyazlık (L), kırmızılık-mavilik (a) ve sarılık-yeşillik (b) değerlerini, kendi yazılımında mevcut bulunan standart renk değerleri referans kabul edilerek, ölçüm yapılmıştır. Ayrıca Munsel Renk Skalasından (2009) ham, 900 ve 1040 °C'de elde edilen tabletlerin renk ölçümleri yapılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Örneklerin Kimyasal Özellikleri

Toprak örneklerinin toplam elementel içeriklerinin belirlendiği bulgular Çizelge 2’de verilmiştir. Bilindiği üzere, tuğla-kiremit hammaddesi olarak değerlendirilebilecek topraklar alümina silikat bazlı mineral bileşiminde olup, ortalama olarak %42-64 SiO₂, %15-20 Al₂O₃ ve %8 CaO içeriğine sahip olması ve buna bağlı olarak ta kızdırma kaybı değerlerinin olabildiğince düşük olması gerekmektedir (Kılıç, 2003; Bilgin ve ark., 2008, 2009). Çizelge 2’de verilen toplam elementel analiz sonuçlarından da anlaşılacağı üzere, örneklerin tümü alkali ve toprak alkali metal oksitlerin yanı sıra titanyum ve demir oksitçe zengin alümina-silikat bazlı mineral bileşimlerinden oluşmuştur. Tuğla ve kiremit hammaddesi olarak değerlendirilecek olan malzemedeki kil mineral içeriğinin minimum %50-60 dolaylarında olması gerekmektedir. Ayrıca hammaddenin toplam Fe₂O₃ içeriğinin %5-10 aralığında olması istenen bir özelliktir (Kılıç, 2003; Bilgin ve ark., 2008, 2009). Kil mineralleri sulu alüminyum silikat bileşiminde olup, özellikle Al₂O₃ ve kristal su içerikleri bakımından varsıldır. Bu bağlamda, Bsn-1, Bsn-2, Bsn-3 ve Smst-1 örnekleri dışındaki diğer örneklerin gerek kil mineral içeriği bakımından zengin örnekler olabileceği ve gerekse de arzu edilen sınırlarda renk ve kimyasal bileşen açısından Fe₂O₃ içeriğine sahip olmaları nedeniyle potansiyel birer tuğla-kiremit hammaddesi olarak değerlendirilebileceği söylenebilir.

Çizelge 2. Toprak Örneklerinin Toplam Elementel İçerikleri (Çelik, 2012)

Örnek kodu	Toplam Elementel İçerik (%)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	K.K
Bsn-1	28,31	4,19	0,35	3,76	29,94	6,26	0,28	0,65	25,76
Bsn-2	29,71	6,12	0,41	4,21	27,70	5,84	0,32	0,85	24,51
Bsn-3	22,00	3,12	0,34	2,50	35,17	5,35	0,15	0,41	31,16
Çmgz	55,58	15,90	1,15	8,44	4,26	4,07	0,34	0,74	9,04
Hsnck-1	41,59	11,21	0,59	6,11	15,00	6,80	0,77	1,31	16,65
Hsnck-2	41,63	10,50	0,59	6,42	14,43	7,56	0,59	1,44	16,55
Kht-1	34,91	11,21	0,58	6,32	20,31	4,93	0,88	1,44	19,44
Eğrçy	41,68	11,72	0,67	6,04	14,58	6,67	0,59	1,42	16,31
Smst-1	26,70	3,56	0,24	2,67	30,36	6,85	0,10	0,37	29,29
Smst-2	41,97	11,03	0,67	5,90	15,94	5,28	0,90	1,28	16,72
Kht-2	37,95	9,42	0,55	5,28	21,44	4,09	0,87	1,12	19,24
Ekosan	43,29	12,12	1,04	8,44	13,32	7,05	1,40	1,26	11,72
Rzp	47,97	12,84	1,68	12,28	8,84	8,37	2,23	0,95	4,42

K.K:Kızdırma Kaybı

Buna karşın düşük düzeyde kil, yüksek düzeyde kalsiyum karbonat içeren Bsn-1, Bsn-2, Bsn-3 ve Smst-1 örneklerinin ise hammadde olarak kullanılması teknolojik sorunlar oluşturacağı için kullanılmaması önerilir. Anılan örneklerin başta SiO₂ olmak üzere NaO + K₂O içeriklerinin

göreceli olarak düşük olması ve Fe₂O₃ içeriğinin istenilen sınırın altında kalması bu varsayımı desteklemektedir.

Mineralojik Çalışmalar

Kaynaklarda, “yüksek sıcaklık mineralleri” veya “yüksek sıcaklıklarda faz değişimi sonucu oluşan mineraller” olarak ta bilinen diyopsit, hematit, akermanit, bredigit, gehlenit, volastonit/psödo-volastonit ve larnit gibi minerallerin ısı altında faz dönüşümleri sonucu oluştuğu bilinmektedir (Maritan ve ark., 2006; Nodari ve ark., 2007; Trindade ve ark., 2008; Çelik ve ark., 2019). Bu çalışma kapsamında kullanılan toprak/kil kaynak örneklerin de bulunan veya ısı karşısında yeniden oluşan minerallerin, Çizelge 3’ te sıralanan yüksek sıcaklık minerallerine dönüştüğü gözlenmiştir. 900 ve 1040 °C’ de ısı işlem görmüş örneklerde belirlenen kırmızı rengin hematit mineralinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Özellikle 900 °C’ de Bsn-1, Çmgz, Hsnck-1, Kht-1, Eğrcy, Smst-1, Kht-2, Ekosan, Rzp ve 1040 °C’ de ise Çmgz, Smst-2, Ekosan, Rzp örneklerinde saptanmıştır. Hematit minerali her iki sıcaklıkta Çmgz, Ekosan ve Rzp örneklerinde belirlenmiştir.

Çizelge 3. Isıl İşlem Görmüş Örneklerde Saptanan Tüm Mineraller

Örnek kodu	Mineral bileşimi	
	900 °C’de fırınlama sonrası	1040 °C’de fırınlama sonrası
Bsn-1	Q, CaSi (Larnit), Hmt, Vol	Ak, Q, CaAlO, Bre
Bsn-2	Q, CaSi (Larnit), Vol, Geh	Ak, Q, Bre, Vol
Bsn-3	CaSi (Larnit), Q, May	Bre, Ak, CaAlO
Çmgz	Q, Kbt, Hmt, DeS, Alb	Hmt, Q, Kbt, Alb
Hsnck-1	Q, Hmt, Mnyt, Dio, Alb, Geh	Q, Dio, Lbd, Ak
Hsnck-2	Q, Dio, Alb, Geh	Dio, Ak, Alb
Kht-1	Q, Geh, Hmt, Ano, Dio	Dio, Ak, Alb, Q
Eğrcy	Q, Hmt, Dio, Geh	Dio, Alb, Q
Smst-1	CaSi (Larnit), Hmt, Q, Geh, Dio, May	Ak, CaAlO, Q, Bre
Smst-2	Q, Dio, Geh, Mnyt, Alb, +mskv	Q, Dio, Alb, Ak, Hmt
Kht-2	Q, Hmt, Dio, Mnyt, Ak, Lbd, +mskv	Q, Dio, Ak, Alb
Ekosan	Q, Hmt, Dio, Ano, Geh	Dio, Alb, Q, Hmt
Rzp	Hmt, Ano, Dio	Hmt, Ano, Dio

Q : Kuvars, Alb : Albit, Hmt : Hematit, Dio : Diyopsit, Vol : Volastonit, Geh : Gehlenit, May : Mayenit, Kbt : Kristobalit, Mnyt : Manyetit, Ano : Anortit, Ak : Akermanit, Bre : Bredigit, Lbd : Labradorit, DeS : Demir Sülfid, CaAlO : Kalsiyum Alüminyum Oksit, +mskv : Mukovit (eser miktarlarda)

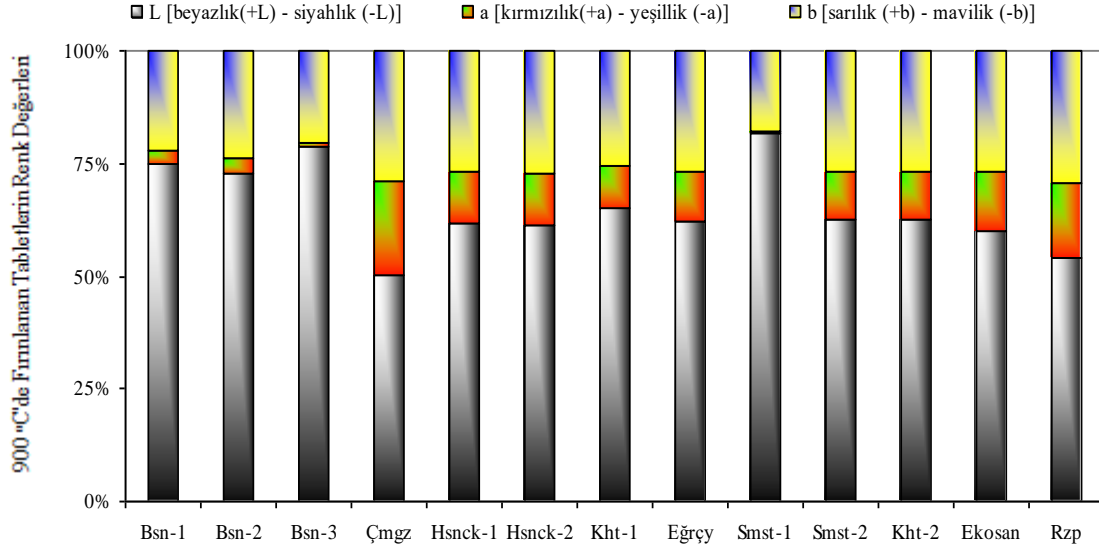
Fırınlanmış Örneklerin Renk Davranışlarının Belirlendiği Çalışmalar

Renk duyusu, yansıyan ışığın içindeki baskın dalga boyu ve karışan diğer dalga boylarının miktarı ile ilgilidir. Fırınlanmış seramik bünye yüzeyleri, üzerine düşen ışığın bir kısmını soğurur bir kısmını yansıtır. Nesne yüzeyi gelen beyaz ışığın tümünü yansıtıyorsa siyah ve kısa dalga boylarını soğuruyorsa kırmızı ve portakal renginde görülür. Renk tonu (hue) yansıyan ışığın dalga boyu, renk berraklığı (saturation) ise yansıyan ışığın baskın dalga boyunun yanında bulunan diğer dalga boylarındaki ışığın miktarı gibi bu iki parametreye ek olarak rengin belirlenmesinde üçüncüsü; yansıyan ışığın direk miktarıyla ilgili olan açıklık-koyuluk (lightness) olarak belirlenen parametredir (Aras, 2002). Tuğla hammaddesinin fırınlama sonrası rengi kiremidi, sertliği en az 3-5 Mohs ve fırınlama sırasında çatlamayan türleri tuğla üretimi için uygundur (Anonim, 1986). Tuğla ve kiremit gibi yapı malzemelerinde renklenmeye neden olan en önemli parametre demirdir. Ancak Al₂O₃, TiO₂, CaO ve MgO gibi diğer oksitler de

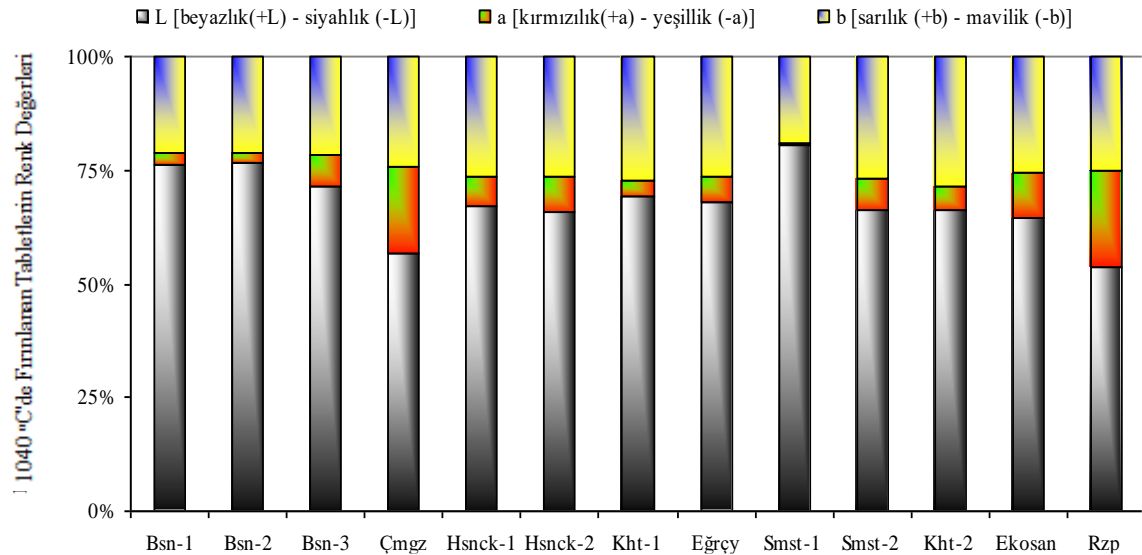
renge etkilemektedir. Demir kil içinde çeşitli formlarda yer alabilir. Üç tabakalı kil minerallerinde daha fazla demir bulunur ve demir genellikle Al^{+3} 'ün bulunduğu yerde yer alır (Biçerer, 2008). Tuğla renginin kırmızı olabilmesi için, topraktaki en önemli minerallerden birisi olan demir oksit oranının %5'in üzerinde olması gerekir (Yıldırım, 1996). Yapılan kimyasal analiz sonuçları irdelendiğinde, demir oranı en yüksek Rzp örneğinde, en düşük Bsn-3 örneğinde belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, standartlara uygun örnekler Çmgz, Hsnck-1, Hsnck-2, Kht-1, Kht-2, Eğrcy, Smst-2, Ekosan ve Rzp olarak saptanmıştır. Geriye kalan ve özellikle karbonat seviyesi oldukça yüksek olan Bsn-1, Bsn-2, Bsn-3, Smst-1 örneklerinde demir düzeyi oldukça düşük seviyede belirlenmiştir. Çizelge 4' de verilen 900°C ve 1040°C'de fırınlanmış tabletlerin renk değerleri irdelenecek olursa; 900°C' de fırınlanan tabletlerin renk açıklığı 40,92 (Çmgz) ile 83,42 (Smst-1) arasında, kırmızılık 0,28 (Smst-1) ile 16,98 (Çmgz) arasında, sarı mavi renk değişimi ise 18,23 (Smst-1) ile 29,16 (Hsnck-2) arasında değişmektedir. 1040°C' de fırınlanan tabletlerin renk açıklığı 38,79 (Rzp) ile 80,55 (Smst-1) arasında, kırmızılık 0,75 (Smst-1) ile 15,36 (Rzp) arasında, sarı mavi renk değişimi ise 17,63 (Çmgz) ile 27,23 (Kht-2) aralığında değişmektedir. Ayrıca Çizelge 5' de ham, 900 ve 1040 °C' de pişirilen tabletlerin Munsell renk skalasına göre elde edilen değerleri verilmiştir.

Çizelge 4. 900°C ve 1040°C'de Fırınlanan Tabletlerin Renk Değerleri

Örnek kodu	Renk Değerleri					
	900°C'de fırınlanmış tablet			1040°C'de fırınlanmış tablet		
	L [beyazlık (+L) - siyahlık (-L)]	a [kırmızılık (+a) - yeşillik (-a)]	b [sarılık (+b) - mavilik (-b)]	L [beyazlık (+L) - siyahlık (-L)]	a [kırmızılık (+a) - yeşillik (-a)]	b [sarılık (+b) - mavilik (-b)]
Bsn-1	73,72	3,06	21,70	74,92	2,20	20,96
Bsn-2	71,29	3,39	23,43	74,76	2,02	20,52
Bsn-3	80,18	0,98	20,90	76,07	7,41	23,28
Çmgz	40,92	16,98	23,55	41,15	13,65	17,63
Hsnck-1	64,61	11,91	27,95	67,73	6,34	26,59
Hsnck-2	65,58	12,01	29,16	66,35	7,90	26,63
Kht-1	63,62	9,10	25,19	68,56	3,65	26,93
Eğrcy	66,33	11,48	28,78	69,22	5,53	27,01
Smst-1	83,42	0,28	18,23	80,55	0,75	18,87
Smst-2	62,47	10,65	26,51	62,36	6,57	25,50
Kht-2	62,60	10,73	26,85	63,46	4,95	27,23
Ekosan	58,62	12,85	26,04	56,44	8,89	22,45
Rzp	50,56	15,55	27,58	38,79	15,36	18,06



Şekil 1. 900 °C’de Fırınlanan Tabletlerin Renk Değerleri



Şekil 2. 1040 °C’de Fırınlanan Tabletlerin Renk Değerleri

Çizelge 5. Ham, 900 ve 1040 °C’ de Fırınlanan Tabletlerin Munsell Renk Skalası Değerleri

Örnek Adı	Ham Tablet	900 °C	1040 °C
Bsn-1	2.5 Y 7/1	10 YR 7/4	10 YR 8/3
Bsn-2	5 Y 7/2	5 YR 7/4	10 YR 8/3
Bsn-3	7.5 YR 8/1	7.5 YR 8/2	10 YR 8/4
Çmgz	5 YR 5/3	2.5 YR 4/6	2.5 YR 4/4
Hsnck-1	10 YR 6/2	5 YR 7/6	7.5 YR 7/4
Hsnck-2	10 YR 6/2	5 YR 6/6	7.5 YR 7/4
Kht-1	7.5 YR 7/2	7.5 YR 7/4	10 YR 7/4
Eğrçy	2.5 Y 7/2	5 YR 7/4	7.5 YR 7/4
Smst-1	7.5 YR 8/1	10 YR 8/3	10 YR 8/3
Smst-2	7.5 YR 6/2	5 YR 7/4	7.5 YR 6/4
Kht-2	10 YR 7/2	5 YR 7/4	10 YR 7/4
Ekosan	10 YR 5/2	5 YR 6/6	5 YR 6/4
Rzp	10 YR 5/2	5 YR 5/6	5 YR 4/6

(*Y: Sarı, R: Kırmızı)

Ham ve Fırınlanmış Tabletlerle İlgili Genel (Morfolojik) Değerlendirmeler

Ham, 900°C ve 1040°C'deki fırınlanmış tabletlerin fiziki yapıları irdelenecek olursa; Karbonat düzeyi yüksek düzeyde saptanan Bsn-1 örneğinden elde edilen ham tabletin rengi gri renkte, 900°C'de koyu bej, 1040°C'de ise krem renkte saptanmıştır (Şekil 3). 900°C ve 1040°C'de fırınlanan tabletlerin kenarlarında hafif kılcal çatlaklar görülmektedir. 1040°C'de fırınlanan tabletin yatay paralel yüzü eğri olarak şekillenmiştir.

Yapılan kimyasal ve mineralojik analizler sonucunda karbonat düzeyi yüksek miktarda saptanan Bsn-2 örneğinden elde edilen ham tabletin rengi orta gri renkte olup, 900°C'de koyu bej ve 1040°C'de ise krem renkte görülmektedir. Her üç farklı tablette herhangi bir çatlak ve deformasyona rastlanılmamıştır ancak 1040°C'de fırınlanan tabletin yatay paralel yüzeyi hafif kavisli olarak saptanmıştır (Şekil 4).

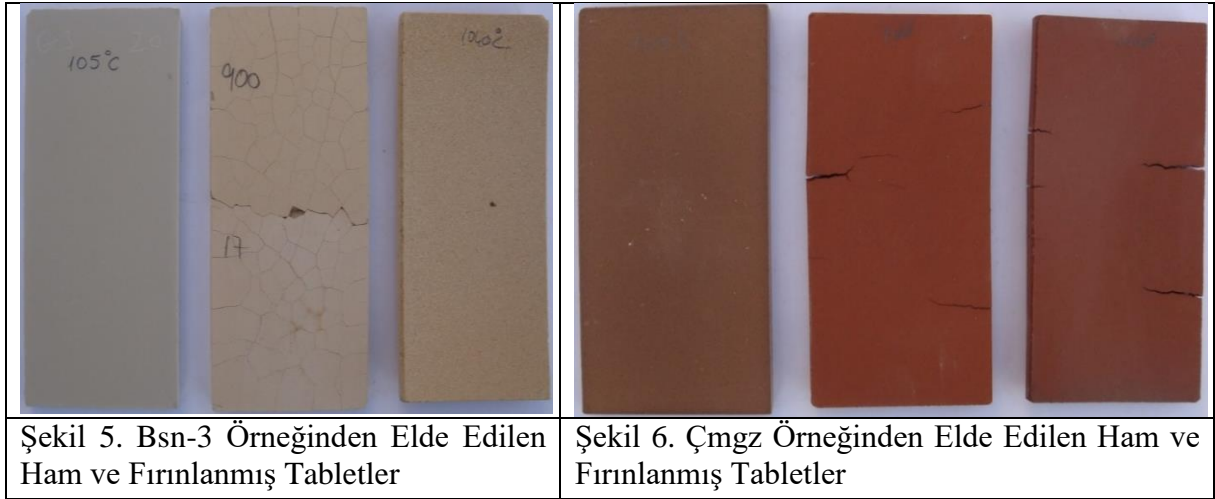
13 farklı örneğin içerisinde kalsit minerali en yüksek düzeyde tespit edilen Bsn-3 örneğinden elde edilen ham örneğin rengi, Bsn-1 ve Bsn-2 örneğine göre daha açık gri renkte olup, 900°C'de fırınlanan örneğin tableti krem renkte, 1040°C'de fırınlanan örnek ise bej renkte görülmektedir. 900°C'de fırınlanan tablette çok büyük düzeyde çatlaklıklar ve deformasyon görülmektedir (Şekil 5). Şekilde görülen çatlakların en büyük nedeni bünyede bulunan iri kalsit/dolomit tanelerinin kil mineralleri ile reaksiyona girme kabiliyetlerinin azalması ve silikatlaşma özelliğinin azalması olabilir.

Yapılan kimyasal ve mineralojik analiz sonuçlarına göre en yüksek kil içeriğine sahip Çmgz örneğinden elde edilen tabletlerde ham (doğal) örneğin rengi açık kahverengi, 900°C'de fırınlanan tablet kremidi renkte, 1040°C'de fırınlanan tablet ise sıcaklık artışı ile koyu kiremidi renkte görülmektedir. 900 ve 1040°C'de fırınlanan tabletlerde sıcaklık artışına paralel olarak boyutlarda küçülme ve çatlak miktarının arttığı, yüzey şeklinin bozulduğu saptanmıştır (Şekil 6). Fazla miktarda kil minerali içeren hammadde çok iyi şekillendirilebildiği halde kururken ve fırınlama esnasında çatlamalara sebep olabilir (Yanık ve ark., 2005).



Şekil 3. Bsn-1 Örneğinden Elde Edilen Ham ve Fırınlanmış Tabletler

Şekil 4. Bsn-2 Örneğinden Elde Edilen Ham ve Fırınlanmış Tabletler



Hsnck-1 örneğinden elde edilen ham tabletlerin rengi gri renkte, 900°C'de fırınlanan tablet açık kiremidi renkte, sıcaklık artışı ile 1040°C'de fırınlanan tablet ise koyu bej renkte görülmektedir. Sıcaklık artışı ile renk değişimi dikkat çekmektedir. Yine sıcaklık artışı ile boyut olarak az düzeyde küçülme, az miktarda kenarlarda kılcal çatlaklar ve yüzeye paralel olarak çok az düzeyde şekil bozukluğu saptanmıştır (Şekil 7).

Hsnck-2 örneği, mineralojik ve diğer analiz sonuçları yönüyle Hsnck-1 örneğine çok yakın düzeylerde saptanmıştır. Ham tablet gri renkte, 900°C'deki tabletin rengi açık kiremidi, 1040°C'de koyu bej renge dönüşmüştür. Sıcaklık artışı ile tablet boyutlarında ciddi bir değişiklik olmamakla beraber, fırınlanan tabletlerde yer yer kılcal çatlaklar, az düzeyde yüzeye paralel bükülme saptanmış olup, kenarlarda deformasyonlar artış göstermiştir (Şekil 8).

Kht-1 örneğinden elde edilen ham tabletlerin rengi yine önceki örneklerde olduğu gibi gri renkte olup, 900°C'de fırınlanan tabletin rengi açık kahverengi, 1040°C'deki tablet sıcaklık artışı ile rengi koyu bej rengine dönüşmüştür. Sıcaklık artışı ile şekil ve boyutta ciddi bir değişiklik görülmemiştir. Ancak 1040°C'de fırınlanan tabletlerde az düzeyde bükülme/ kavis saptanmıştır (Şekil 9).

Egrçy örneğinden elde edilen ham tabletlerde renk gri olup, 900°C'de fırınlanan tabletlerde açık kiremidi, 1040°C'de ise koyu bej olarak saptanmıştır. Sıcaklık artışı ile renk tonu az miktarda açılmış olup, boyutta az düzeyde küçülme, kenarlarda az deformasyon ve yüzeye paralel olarak az düzeyde bükülme belirlenmiştir (Şekil 10).





Şekil 9. Kht-1 Örneğinden Elde Edilen Ham ve Fırınlanmış Tabletler



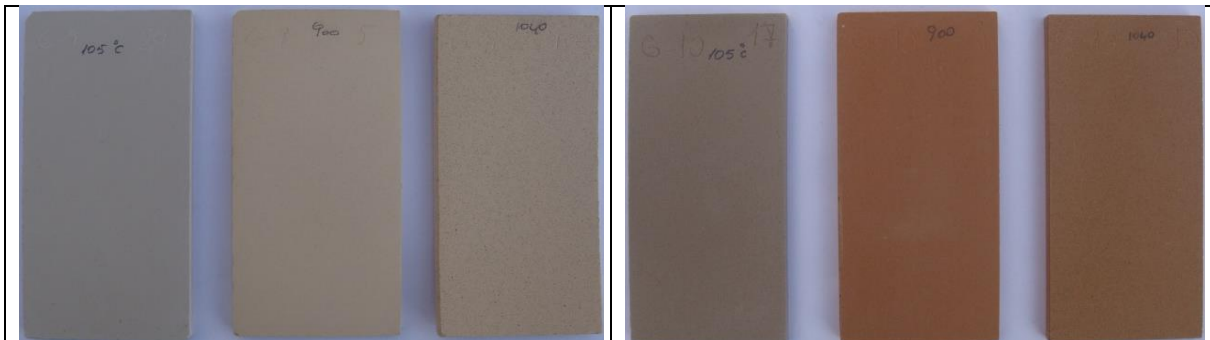
Şekil 10. Eğrcy Örneğinden Elde Edilen Ham ve Fırınlanmış Tabletler

En yüksek ikinci kalsit mineraline sahip Smst-1 örneğinden elde edilen ham tabletlerin rengi gri, 900°C’de fırınlanan tabletlerin rengi krem, 1040°C’de fırınlanan tabletlerin rengi açık bej olarak saptanmıştır. 900°C ve 1040°C’de fırınlanan tabletlerin şekil ve büyüklüklerinde büyük bir değişiklik olmayıp, özellikle tabletlerin uç kısımlarında büküm noktalarına rastlanılmıştır (Şekil 11).

Smst-2 örneğinden elde edilen ham tablet gri renkte, 900°C’de fırınlanan tabletlerin rengi açık kiremidi olup, sıcaklık artışı ile renk değişimi 1040°C’ de fırınlanan tabletlerde açık kahverengi/koyu bej renge dönüşmüştür. Deformasyon, boyutta küçülme ve bükülme görülmemiştir. Sadece 900°C’de fırınlanan tabletin yatay paralel yüzünde az düzeyde eğilme olduğu anlaşılmıştır (Şekil 12).

Kht-2 örneğinden elde edilen ham tabletler yine gri renkte, 900°C’de fırınlanan tabletler açık kiremidi renkte, 1040°C’de ise koyu bej renkte saptanmıştır. 900 ve 1040°C’de fırınlanan tabletlerin şekilleri ve boyutları irdelendiğinde, 900 ve 1040°C’de fırınlanan tabletlerde yüzeye paralel az düzeyde kavis oluşmuş olup, tabletlerin boyutunda herhangi bir küçülme gözlemlenmemiştir (Şekil 13).

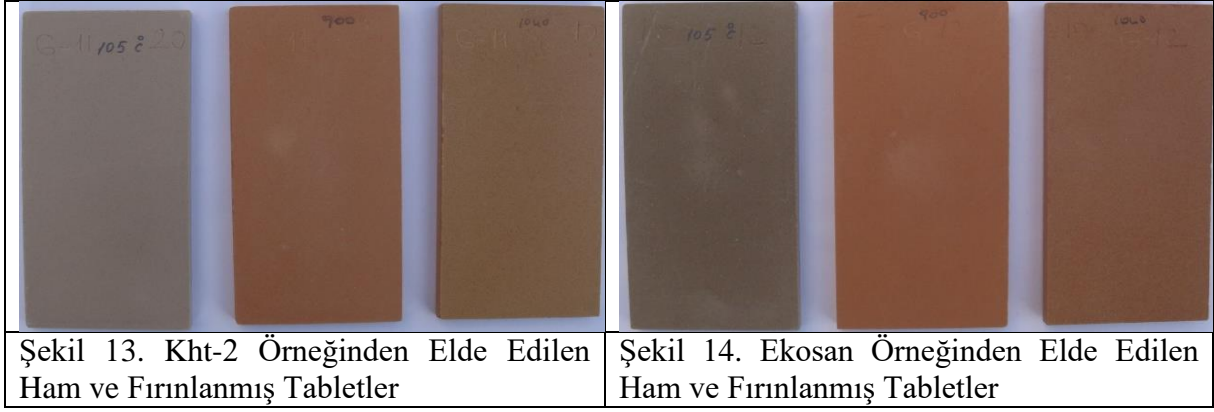
Ekosan örneğinden yapılan ham tabletlerde renk gri tonda, 900°C’de kiremidi renkte, 1040°C’de kahverengi olarak belirlenmiştir. Tabletlerde herhangi bir deformasyon ve çatlak görülmemiştir. Sadece 1040°C’de yüzeye paralel olarak az düzeyde eğilme meydana gelmiştir. 900°C’de fırınlanan tabletler uygun istenen düzeyde elde edilmiştir (Şekil 14).



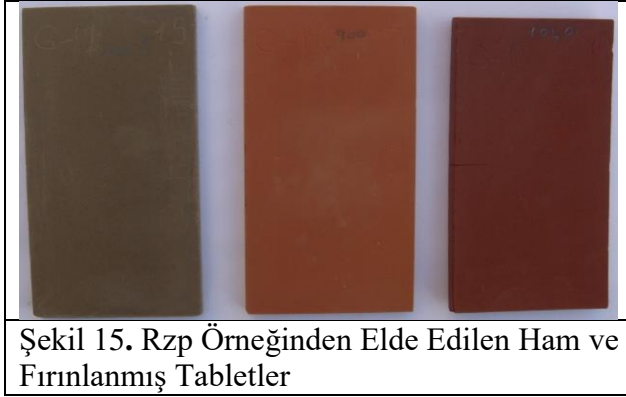
Şekil 11. Smst-1 Örneğinden Elde Edilen Ham ve Fırınlanmış Tabletler



Şekil 12. Smst-2 Örneğinden Elde Edilen Ham ve Fırınlanmış Tabletler



Yüksek sıcaklıkta oluşan metamorfik malzemelerden elde edilen Rzp örneğinde ham tabletlerin rengi haki yeşil tonlarda, 900°C’de tabletlerin rengi kiremidi, 1040°C’de kırmızımsı/koyu- kırmızı kahverengi tonlarda saptanmıştır. 900°C’ de fırınlama tabletlerde deformasyon, çatlama ve şekil bozukluğuna rastlanılmamıştır. 1040°C’de boyutta küçülme, yüzeye paralel olarak şekil bozuklukları ve kenarlarda kılcal çatlamlar meydana gelmiştir (Şekil 15).



Ham (105°C) ve 900°C’de fırınlanan tabletlerin toplu halde görüntüleri irdelendiğinde; 105°C’de ham olarak elde edilen tabletlerde renk gri, haki yeşil, kahverengi, bej ve krem tonlarında değişmektedir. Ayrıca, deformasyon, çatlak ve şekil bozuklukları oluşmamıştır. Buna karşın yapılan teknolojik analizlerde dayanımları oldukça düşük düzeyde belirlenmiştir (Şekil 16).



Şekil 16. Ham Tabletlerin Toplu Görüntüsü

900°C'de fırınlanan tabletlerde renk krem, bej, kahverengi/ kiremidi tonlarda değişkenlik göstermektedir. Yüksek sıcaklıkla birlikte özellikle Bsn-1 ve Çmgz tabletlerinde şekil ve boyut değişikliği, çatlama, yüzeye paralel olarak bükülmeler saptanmıştır (Şekil 17).



Şekil 17. 900°C'de Fırınlanan Tabletlerin Toplu Görüntüsü



Şekil 18. 1040°C'de Fırınlanan Tabletlerin Toplu Görüntüsü

1040 °C'de fırınlanmış tabletlerde renk krem, bej, kiremidi/ kahverengi/ kıvıllı kahverengi tonlarında değişmektedir. Yapılan teknolojik analizlerde dayanımları oldukça iyi düzeyde belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıkta fırınlanmış Çmgz ve Hsnck-2 tabletlerinde şekil bozuklukları, çatlama, boyut küçülmeleri, deformasyon belirlenmiştir. Rzp örneğinde çatlama ve boyutta küçülme saptanmış olup, Bsn-1, Bsn-2, Bsn-3, Hsnck-1, Kht-1, Egrçy, Smst-1, Kht-2, Ekosan ve Rzp tabletlerinde yüzeye paralel olarak az düzeyde bükülme meydana gelmiştir. Artan sıcaklıkla beraber sadece Smst-2 tabletinde bükülme görülmemiştir (Şekil 18).

SONUÇ

Jeolojik birimlerin çökeltme ortamına taşıyıcı faktörlerin etkisi ve su ortamındaki sedimantasyona bağlı olarak, gerek mineralojik ve gerekse kimyasal bileşimde farklılıklar gözlenebilir. Çökellerin ana element bileşimleri, onların çökeltme evresinde depolanma öncesi ve sonrası ayrışmanın şiddetine duyarlı olarak birincil mineralojilerini yansıtır. Genel olarak, erozyon ve taşınma sürecinde gelişen aşınmada, kompleks killerin bileşimindeki katyonca fakir killerin ve kil dışı detritik (taşınmış) minerallerin, demir ve alüminyum oksit miktarları artma eğilimindedir.

Tuğla ve kiremit üretiminde renk ticari, görsellik, estetik ve psikolojik açıdan önem taşımaktadır. Dayanım açısından standartlara uygun olduğu halde rengi açık olan tuğla ürünlerinin ticari değeri az olmaktadır. Tuğla ve kiremit endüstrisinde kırmızı rengin ve tonları pazarlama sürecinde önemli bir ölçüttür. Tuğla renginin kırmızı olabilmesi için, topraktaki en önemli minerallerden birisi olan demir oksit oranının %5'in üzerinde olması gerekir. Elde edilen sonuçlara göre, standartlara uygun örnekler Çmgz, Hsnck-1, Hsnck-2, Kht-1, Kht-2, Egrçy, Smst-2, Ekosan ve Rzp olarak saptanmıştır. Geriye kalan ve özellikle karbonat seviyesi oldukça yüksek olan Bsn-1, Bsn-2, Bsn-3, Smst-1 örneklerinde demir düzeyi oldukça düşük seviyede belirlenmiştir. 900°C'de fırınlanan bazı örneklerin (Hsnck-1, Hsnck-2, Kht-1, Egrçy, Kht-2) tabletlerdeki rengi artan sıcaklıkla 1040°C'de değişime uğrayarak açık tonlarda elde edilmiştir. Bu bağlamda, tuğla ve kiremit için en uygun sıcaklığın 900°C olduğu saptanmıştır. Ham, 900°C ve 1040°C'deki fırınlanmış tabletlerin fiziki yapıları irdelenecek olursa; 105°C'de ham olarak elde edilen tabletlerde renk gri, haki yeşil, kahverengi, bej ve krem tonlarında değişmektedir. Ayrıca, bu örnek tabletlerde deformasyon, çatlak ve şekil bozuklukları

oluşmamıştır. 900°C’de fırınlanan tabletlerde renk krem, bej, kahverengi/kiremidi tonlarda değişkenlik göstermektedir. Yüksek sıcaklıkla birlikte özellikle Bsn-1 ve Çmgz tabletlerinde şekil ve boyut değişikliği, çatlama, yüzeye paralel olarak bükülmeler saptanmıştır. 1040°C’de fırınlanan tabletlerde renk krem, bej, kiremidi/ kahverengi/ kıvıllı kahverengi tonlarında değişmektedir. Yüksek sıcaklıkta fırınlanan Çmgz ve Hsnck-2 tabletlerinde şekil bozuklukları, çatlama, boyut küçülmeleri, deformasyon belirlenmiştir. Rzp örneğinde çatlama ve boyutta küçülme saptanmış olup, Bsn-1, Bsn-2, Bsn-3, Hsnck-1, Kht-1, Egrçy, Smst-1, Kht-2, Ekosan ve Rzp tabletlerinde yüzeye paralel olarak az düzeyde bükülme meydana gelmiştir. Artan sıcaklıkla beraber sadece Smst-2 tabletinde bükülme görülmemiştir. Ayrıca, fazla miktarda kil minerali içeren Çmgz örneğinde hammadde çok iyi şekillendirilebildiği halde fırınlanma sürecinde yüksek sıcaklıkla çatlamalara ve deformasyonlara neden olduğu saptanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın yapılmasında X-ışınları difraksiyonunun çekilmesini sağlayan Çanakkale Seramik A.Ş. ARGE birimine ve yöneticisi Yıldız YILDIRIM’ a, hiçbir zaman desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Erhan AKÇA’ya ve Doç. Dr. Memet İNAN’ a teşekkür ederiz. Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Biriminin ZF2010D23 projesi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Alamut, H.Ö., 2001, Tuğla ve Duvarlarda Kalite ve Standardizasyon. Trakya Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 201s.
- Anonim, 1986, Tuğla ve Kiremit Topraklarının Deney Metodu, TS 4790. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 14s.
- Anonim, 2003, Adıyaman İl Çevre Durum Raporu. Adıyaman Valiliği İl Çevre Orman Müdürlüğü, Adıyaman, s. 44–54.
- Aras, A., 2002, Pişme Renginin Oluşumu ve Ölçümü. II. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu, Bildirileri Kitabı, Eskişehir Tepebaşı Belediyesi Yayını, Eskişehir, 19-38.
- Arcasoy, A., 1983, Seramik Teknolojisi. Marmara Üniversitesi. Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları, İstanbul, s.277.
- Biçerer, Ç., 2008, Killerin Pişirme Davranışları. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- Bilgin, N., Bilgin, A., Yeprem, H.A., 2008, Isparta Killerinden Tuğla Üretimi. Brick Production from Isparta Clay, 7. Uluslararası Katılımlı Seramik Kongresi, Afyon, pp. 241–247.
- Bilgin, N., Yeprem, H.A., Bilgin, A., 2009, Isparta ve Yöresinde Üretilen Tuğlaların Mühendislik Özellikleri, KTÜ 14. Ulusal Kil Sempozyumu, Trabzon.
- Cohen, B., 2008, The colors of clay: special techniques in Athenian vases. Getty Publications.
- Çelik, A., 2012, Adıyaman ilinin tarım dışı alanlarındaki tuğla-seramik hammadde kaynaklarının kullanım potansiyellerinin belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen

- Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı (Doktora Tezi), Adana,
- Çelik, A., Akça, E., Yıldırım, Y., Büyük, G., Kapur, S., 2015, Adıyaman Bölgesi'nde Tarım Dışı Alanlardaki Kil Yataklarının Kil Mineralojisi: Tuğla-Seramik Hammaddesi Olarak Değerlendirileme Potansiyelleri, *16. Ulusal Kil Sempozyumu*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniv. Yayınları: 127 Sempozyum Kitabı, 128-138s, Çanakkale.
- Çelik, A., İnan, M., Sakin, E., Büyük, G., Kırpık, M., Akça, E., 2017, Kuru tarımdan sulu tarıma geçiş sonrası toprak özelliklerindeki değişimler: Adıyaman örneği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(2), 80-86.
- Çelik, A., Kadir, S., Kapur, S., Zorlu, K., Akça, E., Akşit, İ., Cebeci, Z., 2019, The Effect of High Temperature Minerals and Microstructure on the Compressive Strength of Bricks. *Applied Clay Science*, 169, 91-101.
- IUSS Working Group WRB, 2015, World Reference Base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. World Soil Resources Report 106. FAO, Rome: 188 pp.
- Johari, I., Said, S., Hisham, B., Bakar, A., Ahmad, Z. A., 2010, Effect of the Change of Firing Temperature on Microstructure And Physical Properties of Clay Bricks from Beruas (Malaysia). *Science of Sintering*, 42(2), 245-254.
- Kapur, S., Akça, E., Günal, H., 2018, The Soils of Turkey, Springer, World soils book series.
- Karaman, S., 2006, Yapı Tuğlalarında Renk Oluşumu. KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi, Kahramanmaraş, 9(1).
- KHGM, 1990, Adıyaman Çamgazi Ovası Sulama Projesi Sahası Detaylı Temel Toprak Etütleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak Etüd Şubesi Ankara, s. 176,212.
- KHGM, 1997, Adıyaman Kâhta Ovası Sulama Proje Sahası Detaylı Toprak Etütleri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Etüd ve Proje Dairesi Başkanlığı, Ankara, s. 250.
- Kılıç, A.M., 2003, Ş.Koçhisar (Ankara) Civarındaki Killerin Tuğla-Kiremit Hammaddesi Olarak Kullanılabilirliği, 11. Ulusal Kil Sempozyum, İzmir, 258-262s.
- MGM, 2019, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Maritan, L., Nodori, L., Mazzoli, C., Milano, A., Russo, U., 2006, Influence of Firing Conditions on Ceramic Products: Experimental Study on Clay on Clay Rich in Organic Matter, *Applied Clay Science* 31, 1-15 p.
- Murray, H.H., 1996, Comman Clay: Industrial Minerals and Rocks, 6. Edition (Senior Editor Carr, D.D), p.p: 247-248, USA.
- Nodari, L., Marcuz, E., Maritan, L., Mazzoli, C., Russo, U., 2007, Hematite Nucleation and Growth in the Firing of Carbonate-Rich Clay for Pottery Production, *Journal of the European Ceramic Society* 27, 4665-4673 p.
- Özbek, K., Çakı, M., Ay, N., 2001, Pişmiş Toprak Bünyelerde CaO ve Fe₂O₃'in Etkileri. I. Uluslararası Pişmiş Toprak Sempozyumu. Eskişehir, 145-151.
- Soil Survey Staff, 1993, Soil Survey Manual. USDA, Handbook No: 18. USA.
- Soil Survey Staff, 2014, Keys to Soil Taxonomy, 12th ed. USDA Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Somayaji, S., 1995, Civil Engineering Materials. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 351p.

- Şenol, S., 1991, Yeni Bir Sayısal Arazi Sınıflama Sistemi. Toprak İlmi Derneği 12. Bilimsel Toplantısı "Tebliğ Özetleri" 23-28 Eylül, Şanlıurfa.
- Trindade, M. J., Dias, M. I., Coroado, J., Rocha, F., 2008, Mineralogical Transformations of Calcareous Rich Clays With Firing: A Comparative Study Between Calcite and Dolomite Rich Clays from Algarve, Portugal, Applied Clay Science 1-11 p.
- Yanık, G., Uz, B., Uz, V., 2005, Turgutlu (Manisa) Bölgesi Tuğla–Kiremit Hammaddelerinin Teknolojik Özellikleri. 12. Ulusal Kil Sempozyumu, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- Yıldırım, M., 1996, Toprak Sanayinde Hammadde Sorunları, Üretimde ve Üretim Sonrası Kalite Kontrolleri. Tuğla ve Kiremit Endüstrisi Derg., Yıl 1, Sayı 2, İzmir, 20-27.
- Yücesoy, Ö. A., 1998, Kuzey Adana Havzasındaki Tarım Dışı Arazilerin Toprak Endüstrisi Yönünden Kullanımı. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.