

## SARICAKAYA BENTONİTİK VE KAOLİNİTİK KİLLERİN MİNERALOJİK VE KİMYASAL BİLEŞİMİNİN PIŞME DAVRANIŞLARI ÜZERİNE ETKİSİ

Ekrem ARITAN<sup>1</sup>, İbrahim DURLUPINAR<sup>1</sup>, Cumhuri KOCABAŞ<sup>2</sup>, Alkan KİBİCİ<sup>3</sup>,  
Ahmet YILDIZ<sup>1</sup>, Metin BAĞCI<sup>4</sup>, Yaşar KİBİCİ<sup>5</sup>, Fazlı ÇOBAN<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar/Türkiye

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Bölümü, İzmir

<sup>3</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Seramik Mühendisliği, Ana Bilim Dalı, Afyonkarahisar/Türkiye

<sup>4</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, İncehisar Meslek Yüksek Okulu, Afyonkarahisar/Türkiye

<sup>5</sup>Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Bölümü, Kütahya

<sup>6</sup>Balıkesir Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Bölümü, Balıkesir

### ÖZET

Eskişehir'in Sarıcakaya ilçesi ve çevresinde andezitik ve dasitik bileşimli volkanik kayalarla ilişkili değişik mineralojik ve kimyasal özelliklerde alterasyon zonları bulunmaktadır. Söz konusu zonlarda çoğunlukla hakim kil minerali olarak simektit gözlenirken, bazı bölgelerdeki alterasyon zonlarında ise simektit ve kaolinit birlikteliği izlenmiştir. Hakim kil minerali olarak simektitin gözleendiği alterasyon zonları bentonitik killer, simektit ve kaolinit mineral birlikteliğinin izlendiği zonlar ise kaolinitik killer olarak tanımlanmıştır.

Bu çalışmada X-ışınları difraktometresi (XRD) kullanılarak bentonitik ve kaolinitik killerin mineralojik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca ana element analizi yardımıyla bölgedeki killerin jeokimyasal karakteri ortaya konmuştur. Söz konusu killerden hazırlanan seramik bünyelerde yapılan fiziksel ve mekanik test sonuçlarının aynı örnekler için mineralojik ve kimyasal analiz sonuçlarıyla karşılaştırılarak bölgedeki killerin pişme davranışlarıyla mineralojik ve kimyasal bileşim arasındaki ilişkiler açıklanmıştır.

Bentonitik ve kaolinitik örneklerden hazırlanan seramik bünyelere uygulanan fiziksel ve mekanik testler incelendiğinde, toplam doğrusal küçülmenin kaolinitik örneklerde %0,95 – 3,70 ve bentonitik örneklerde %1,00-8,90 ve ağırlık kaybının ise kaolinitik örneklerde %5,00 – 16,90, bentonitik örneklerde %4,90-20,00 arasında değiştiği saptanmıştır. Ayrıca eğilme mukavemeti kaolinitik örneklerde 9,19-31,98 Mpa, bentonitik örneklerde 5,90-27,14, su emme kaolinitik örneklerde %2,09 – 14,35 bentonitik örneklerde %1,10 – 14,52 arasında değişmiştir. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarına bağlı olarak parlaklığı yansıtan L\* değerlerinin azaldığı, a\* değerlerinin ise doğru orantılı olarak artmış ve bununla ilişkili olarak da örneklerdeki kırmızı renk tonları yoğunlaşmıştır. Diğer taraftan örneklerdeki toplam kil mineralinin miktarındaki artışlar seramik bünyelerin L\* değerlerinin düşmesini sağlamış ve böylece bünyelerin parlaklıkları da azalmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Eskişehir, Kil, Mineraloji, Kimyasal Bileşim, Pişme Davranışı.

## ***THE INFLUENCE OF MINERALOGICAL AND CHEMICAL COMPOSITION OF SARICAKAYA BENTONITIC AND KAOLINITIC CLAYS TO THE FIRING BEHAVIORS***

### **ABSTRACT**

Alteration zones having different mineralogical and chemical character related to andesitic and dasitic volcanic rocks have been found in and around Sarçakaya (Eskişehir) district. While smectite is the dominant clay mineral observed in this alteration zones, smectite and kaolinite association can be seen in alteration zones of some regions. Alteration zones in which smectite is found as the dominant clay mineral were defined as bentonitic clays and zones in which smectite and kaolinite association is found were defined as kaolinitic clays.

In this study, mineralogical properties of bentonitic and kaolinitic clays were determined by using X-ray diffraction (XRD) method. Additionally, geochemical character of clays in the region was revealed by major element analyses. The physical and mechanical test results of prepared ceramic bodies were compared with the mineralogical and chemical analyses results of the same samples and the relation between firing behavior and mineralogical and chemical composition of clays was examined.

When physical and mechanical tests carried out to the ceramic bodies prepared from bentonitic and kaolinitic clays are investigated, it is determined that total linear shrinkage is varying between 0,95 to 3,70 % in kaolinitic samples and 1,00 to 8,90 in bentonitic samples and weight loss is varying between 5,00 to 16,90 % in kaolinitic samples and 4,90 to 20,00 in bentonitic samples. In addition to this, the values are varying between, 9,19 to 31,98 Mpa in kaolinitic samples and 5,90 to 27,14 Mpa in bentonitic samples for bending strength, 2,09 – 14,35 % in kaolinitic samples and 1,10 to 14,52 % in bentonitic samples for water absorption. L value, reflected the brightness related to Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content, decreases and a value increases directly proportional to this and related to this, the samples intensifies with the red color tones. On the other hand, increases in the total clay mineral content decrease the L\* value of the ceramic bodies and so the brightness of the bodies was reduced.

**Keywords:** Eskişehir, Clay, Mineralogy, Chemical Composition, Firing Behavior.

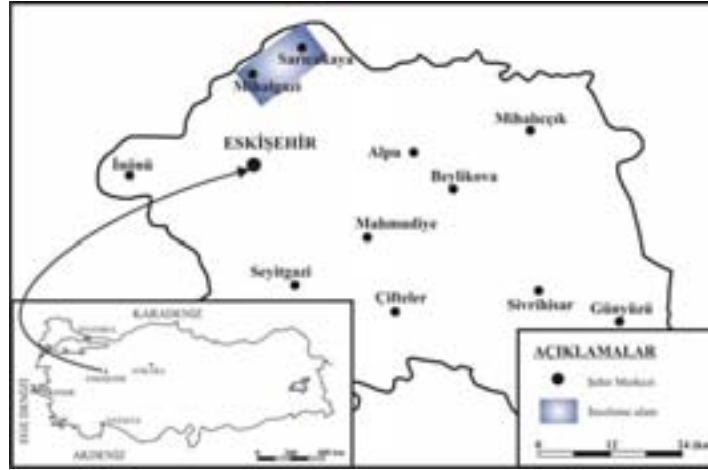
### **1. GİRİŞ**

Orta Sakarya Vadisi olarak bilinen Eskişehir'in Mihalgazi ve Sarçakaya ilçe sınırları içinde andezitik ve dasitik bileşimli lav, aglomera ve tüflerin ayrışmasıyla meydana gelmiş kil oluşumları bulunmaktadır. Söz konusu oluşumlarda çoğunlukla simektit türü kil minerallerinden, bazı bölgelerdeki killerde ise simektit ve kaolinit mineral birlikteliği izlenmiştir. Bileşiminde büyük oranda simektit mineralinin gözlendiği oluşumlar, bentonitik kil; simektit ve kaolinit mineralinin birlikte gözlendiği oluşumlar ise kaolinitik kil olarak adlandırılmıştır.

Bu çalışmada, Eskişehir'in 45 km kuzeyindeki Sarçakaya ilçesi ve çevresinde gözlenen bentonitik ve kaolinitik killerin mineralojik ve kimyasal bileşimleri belirlenmiştir. Ayrıca söz konusu killerden hazırlanan laboratuvar boyutlu seramik numunelere çeşitli fiziksel ve mekanik testler uygulanarak, killerin mineralojik ve kimyasal bileşimiyle pişme davranışları arasındaki ilişki incelenmiştir.

### **2. MATERYAL VE METOD**

Eskişehir'in Sarçakaya ilçesi ve çevresinden farklı jeolojik özelliklerde 7 adet bentonit ve 6 adet kaolinitik kil toplanmıştır (Şekil 1). Örnekler 20-30 cm derinlikteki atmosferik şartlardan etkilenmemiş seviyelerden ve serbest numune alma yöntemiyle alınmıştır.



Şekil 1. Örneklerin alındığı bölgenin (Sarıcakaya, Eskişehir) yer buldu haritası.

Örneklerin X-ışınları difraktoğramı (XRD) incelemeleri Rigaku Geiger Flex model X-ışınları difraktometresi (Ni Filtreli,  $\text{CuK}\alpha$  radyasyonlu) kullanılarak yapılmış olup, tüm örneklerde tarama hızı  $2^\circ/\text{dak.}$ 'dir. Örneklerin majör oksit analizleri Kanada'daki ACME Laboratuvarında, ICP-MS yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

Bentonit ve kaolinitik killerden laboratuvar boyutunda seramik numuneler hazırlamak için, örnekler kırıcıdan geçirildikten sonra öğütülerek  $-106 \mu\text{m}$  tane boyutuna getirilmiştir.  $8,0 \times 15,0 \times 50,5 \text{ mm}$  boyutlarındaki seramik numuneleri kuru presleme yöntemiyle 80 Newton basınç uygulanarak hidrolik presle şekillendirilerek hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler  $105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve  $1150 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de, 2 saat süreyle bekletilmek suretiyle pişirilmiştir. Fırından alınan örnekler desikatörde soğutulmuş ve bunlara Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'nün 4897 [1] ve 11136 [2] nolu standartları dikkate alınarak çeşitli fiziksel ve mekanik testler yapılmıştır. Pişirilmiş örneklerin parlaklık (L) ve renk indisleri (a ve b) ölçümleri Minolta Chroma Meter CR 300 cihazında gerçekleştirilmiştir.

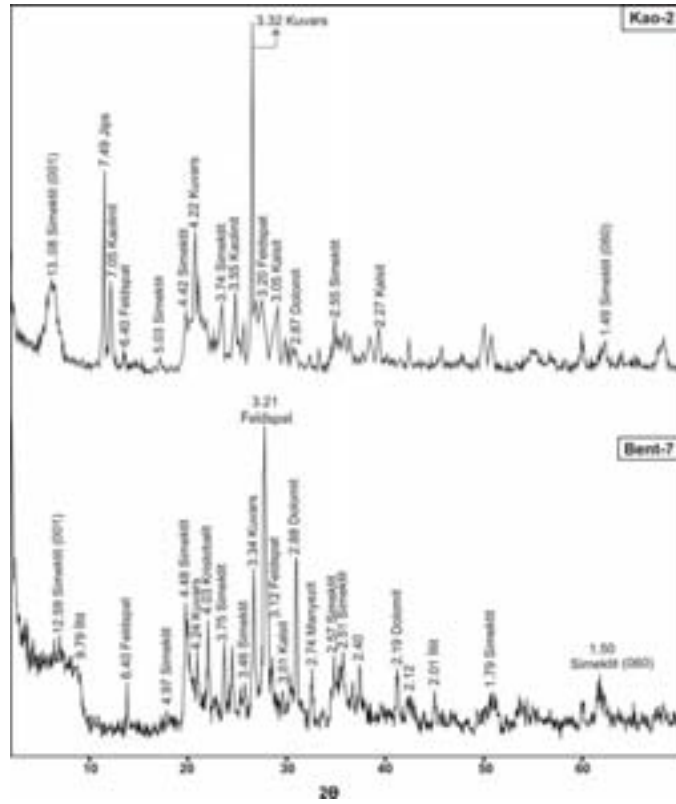
### 3. SONUÇLAR

Eskişehir'in Sarıcakaya ilçesi ve çevresinde andezitik ve dasitik bileşimli volkanik kayalarla ilişkili değişik mineralojik ve kimyasal özelliklerde alterasyon zonları bulunmaktadır. Hakim kil minerali olarak başlıca simektit mineralini içeren alterasyon zonları **bentonik kil** olarak adlandırılmıştır. Bazı alterasyon zonlarında ise simektit ve kaolinit mineral birlikteliği izlenmiş ve bunlar ise **kaolinitik killer** olarak tanımlanmıştır.

X-ışınları difraktoğramı (XRD) incelemeleri bentonitik örneklerde en önemli kil mineralinin dioktahedral simektit olduğunu göstermiştir. Bu gruptaki örneklerde simektit mineralinin miktarı %54'e ulaşmıştır. Kaolinitik örneklerde ise kaolinit mineraline simektit eşlik etmiş ve kaolinitin oranı %15-40 arasında değişim göstermiştir. Ayrıca her iki gruptaki killerde illit ve klorit bir başka alterasyon minerali olarak göze çarpmıştır. Kristobalit/opal-CT, kuvars, feldspat, kalsit, dolomit ve manyezit inceleme alanına ait bütün örneklerde gözlenen kırıntılı minerallerdir (Şekil 2; Çizelge 1) [3].

Bentonitik ve kaolinitik örneklerden hazırlanan seramik bünyelere uygulanan fiziksel ve mekanik testler incelendiğinde, toplam doğrusal küçülmenin kaolinitik örneklerde % 0,95 – 63,70, bentonitik örneklerde %1,00-8,90 ve ağırlık kaybının ise kaolinitik örneklerde % 5,00 – 16,90, bentonitik örneklerde % 4,90-20,00 arasında değiştiği saptanmıştır (Çizelge 2). Killerdeki kil minerallerinin oranı küçülmeyi etkileyen en önemli parametredir [5]. Kil minerallerinin miktarındaki artışla doğru orantılı olarak küçülme de artmaktadır [6]. Seramik bünyelerin pişirilmesi sırasında bünyeyi oluşturan

killerdeki tabakalar arası suyun uzaklaşması, kristal yapının bozulması, organik madde ve hidroksillerin uzaklaşması gibi faktörlerin etkisiyle pişme sıcaklığındaki artışa bağlı olarak seramik bünyelerde küçülme ve ağırlık kaybı meydana gelmektedir (Şekil 3) [7], [8].



Şekil 2. Kaolinitik ve bentonitik örneklerin XRD grafikleri.

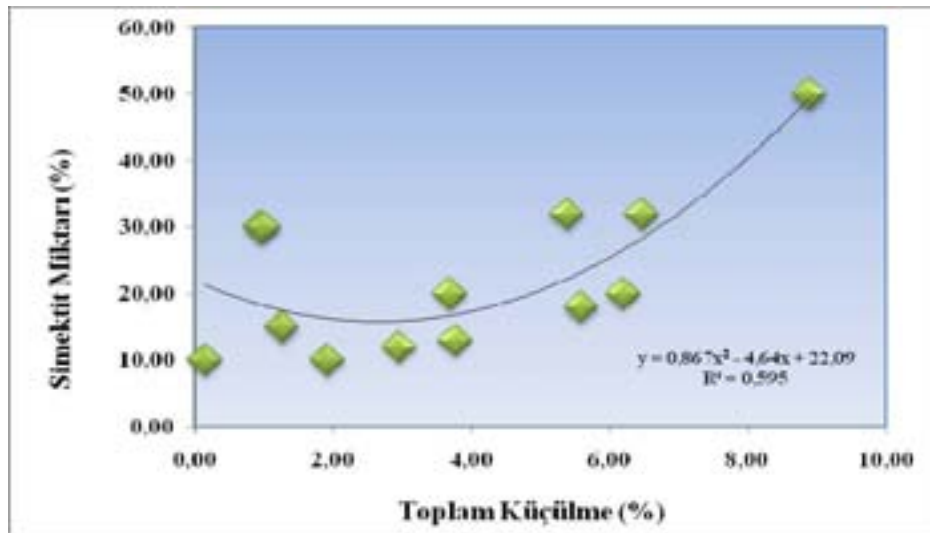
Çizelge 1. Örneklerin yarıkantitatif XRD sonuçları.

Örnek	S	İ	Amf	J	Kl	Kao	Kr/O	Q	Fld	Ka	D	M
<b>Kao-1</b>	40,00	---	---	---	---	20,00	3,00	10,00	25,00	2,00	---	---
<b>Kao-2</b>	30,00	---	---	---	---	35,00	---	10,00	20,00	2,00	3,00	---
<b>Kao-3</b>	10,00	7,00	---	6,00	---	20,00	8,00	2,00	40,00	2,00	5,00	---
<b>Kao-4</b>	20,00	1,00	---	3,00	---	24,00	10,00	2,00	32,00	6,00	2,00	---
<b>Kao-5</b>	15,00	2,00	---	3,00	---	25,00	15,00	5,00	30,00	3,00	2,00	---
<b>Kao-6</b>	12,00	10,00	---	2,00	---	20,00	5,00	2,00	45,00	2,00	2,00	---
<b>Bent-1</b>	20,00	2,00	---	---	---	---	7,00	20,00	38,00	---	10,00	---
<b>Bent-2</b>	18,00	2,00	---	---	---	---	6,00	32,00	40,00	2,00	---	---
<b>Bent-3</b>	50,00	---	---	---	---	---	5,00	11,00	30,00	3,00	1,00	---
<b>Bent-4</b>	35,00	1,00	---	---	---	---	7,00	1,00	51,00	2,00	3,00	---
<b>Bent-5</b>	54,00	1,00	---	---	1,00	---	---	2,00	40,00	2,00	---	---
<b>Bent-6</b>	30,00	---	---	---	---	---	9,00	3,00	56,00	---	2,00	---
<b>Bent-7</b>	40,00	2,00	---	---	---	---	7,00	4,00	30,00	7,00	5,00	5,00

**Not:** (S): Simektit, (İ): İllit, (Amf): Amfibol, (J): Jips, (Kl): Klorit, (Kao): Kaolinit, (Kr/O): Kristobalit/Opal-CT, (Q): Kuvars, (Fld): Feldspat, (Ka): Kalsit, (D): Dolomit ve (M): Manyezit

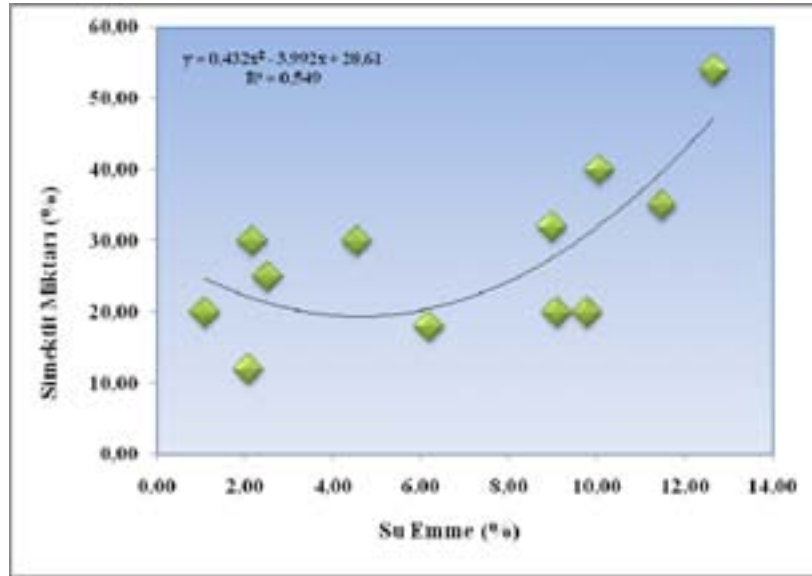
Çizelge 2. Örneklerin fiziksel ve mekanik analiz sonuçları.

Örnek	Toplam Küçülme (%)	Ağırlık Kaybı (%)	Eğilme Muk. (N/mm <sup>2</sup> )	Su Emme (%)	Görünür Porozite (%)	Pişme Rengi		
						L	a	b
Kao-1	1,68	***	27,33	2,38	4,05	57,48	6,99	17,55
Kao-2	0,95	***	31,62	4,55	9,09	53,94	14,79	17,58
Kao-3	0,15	11,60	9,19	12,26	21,43	39,61	9,08	8,06
Kao-4	3,70	16,90	19,46	9,10	18,18	35,46	10,18	7,54
Kao-5	1,27	13,80	14,41	14,35	24,18	41,80	0,91	8,66
Kao-6	2,96	5,00	31,98	2,09	4,49	41,00	8,28	7,29
Bent-1	6,20	14,00	7,50	1,10	2,17	53,44	1,23	8,76
Bent-2	5,60	17,70	27,14	6,20	13,83	37,51	6,93	7,42
Bent-3	8,90	5,30	12,43	6,88	12,00	63,20	2,54	19,72
Bent-4	3,72	5,60	17,99	11,49	21,43	40,81	2,21	4,34
Bent-5	3,70	4,90	6,17	12,66	23,68	62,39	9,05	24,50
Bent-6	1,00	20,00	5,90	14,52	26,67	52,11	9,87	28,95
Bent-7	3,60	9,20	6,75	10,06	20,00	38,19	1,18	2,77



Şekil 3. Kaolinitik ve bentonitik örneklerin toplam küçülme değerlerinin simektit miktarına bağlı olarak değişimi.

Ayrıca eğilme mukavemeti kaolinitik örneklerde 9,19-31,98 Mpa, bentonitik örneklerde 5,90-27,14, su emme kaolinitik örneklerde % 2,09 – 14,35 bentonitik örneklerde % 1,10 – 14,52 ve görünür porozite değerleri ise kaolinitik örneklerde % 4,05 – 24,18 ve bentonitik örneklerde ise % 2,17-26,67 arasında değişmiştir. Seramik bünyelerin su emme değerleri yapısındaki açık gözeneklerden kaynaklanmaktadır. Seramik bünyenin yapısındaki açık gözenekler ürünün üretim aşamasındaki faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Bu faktörlerin en önemlisi killerin mineralojik bileşimindeki kil mineral miktarıdır (Şekil 4). Kil minerallerinin yüksek hidrotasyon özelliğinden dolayı, bileşimindeki kil mineral miktarıyla doğru orantılı olarak seramik bünyelerin su emme değerleri artmaktadır [7]. Seramik bünyedeki açık gözeneklerin miktarını etkileyen bir başka faktör ise ürünün pişme sıcaklığıdır.



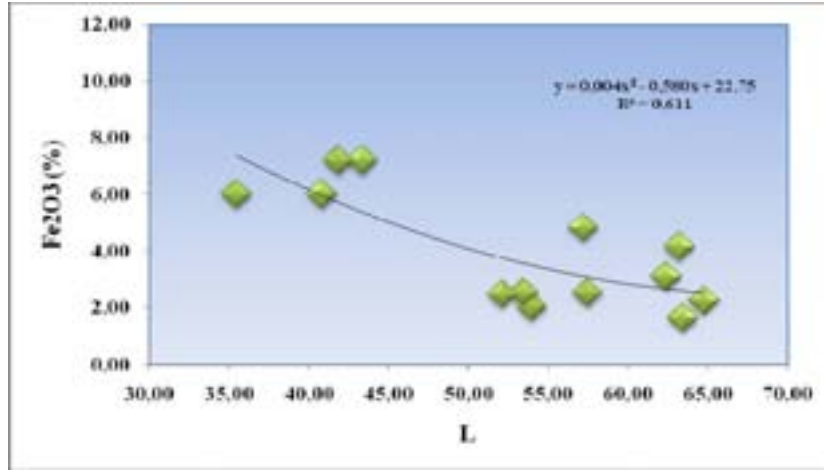
Şekil 4. Kaolinitik ve bentonitik örneklerin su emme değerlerinin simektit miktarına bağlı olarak değişimi.

Seramik bünyeler üzerinde yapılan renk ölçümlerinde parlaklık (L) değerlerinin 35,46-64,75 arasında değiştiği belirlenmiştir. L değerleri rengin parlaklık şiddetini yansıtmakta olup, yüksek L\* değerleri parlaklığın arttığını işaret etmektedir. a ve b değerleri ise renk indisleridir ve renk yönlerini işaret etmektedir. Pozitif (+) a değerleri kırmızı, negatif (-) a değerleri yeşil ve negatif (-) b değerleri ise sarı yönleri göstermektedir [9]. Örneklerin a değerleri 0,91-16,96 arasında değişmekte olup, a değerlerinin pozitif çıkması pişme renginde yeşile nazaran kırmızı rengin baskın olduğunu işaret etmektedir.

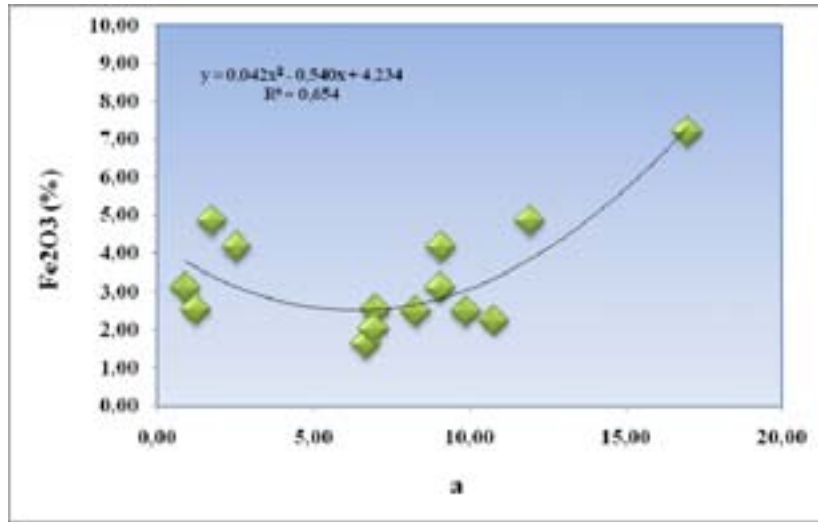
$Fe_2O_3$  miktarına bağlı olarak parlaklığı yansıtan L değerlerinin azalmış, a değerleri ise doğru orantılı olarak artmış ve bununla ilişkili olarak da örneklerdeki kırmızı renk tonları yoğunlaşmıştır (Çizelge 3; Şekil 5; 6). Diğer taraftan örneklerdeki toplam kil mineral miktarındaki artışlar seramik bünyelerin L değerlerinin düşmesini sağlamış ve böylece bünyelerin parlaklıkları da azalmıştır (Şekil 7).

Çizelge 3. Örneklerin major oksit analiz sonuçları (%).

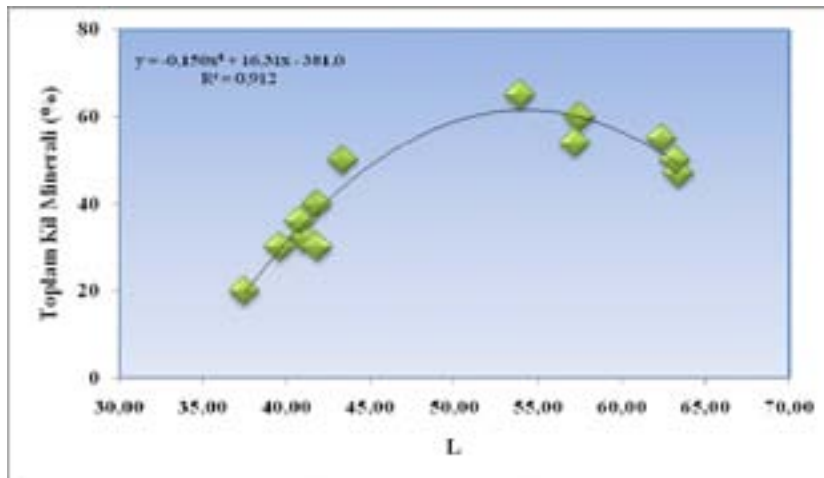
Örnek	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A.Z.	Toplam
Kao-1	62,01	0,56	16,32	2,54	0,01	1,03	2,67	1,47	2,67	0,09	0,00	10,60	99,97
Kao-2	63,34	0,55	16,33	2,04	0,01	0,60	1,94	0,85	2,70	0,06	0,00	11,60	100,02
Kao-3	60,30	0,63	14,92	4,16	0,01	0,51	3,11	1,39	2,09	0,10	0,00	12,60	99,81
Kao-4	53,07	0,57	15,21	6,01	0,01	0,51	3,86	1,23	1,89	0,19	0,00	17,30	99,85
Kao-5	64,60	0,67	16,08	3,12	0,01	0,37	1,00	1,09	2,19	0,10	0,00	10,60	99,83
Kao-6	63,60	0,75	17,77	2,48	0,02	0,26	3,09	3,03	2,28	0,11	0,00	6,40	99,79
Bent-1	62,01	0,56	16,32	2,54	0,01	1,03	2,67	1,47	2,67	0,09	0,00	10,60	99,97
Bent-2	63,34	0,55	16,33	2,04	0,01	0,60	1,94	0,85	2,70	0,06	0,00	11,60	100,02
Bent-3	60,30	0,63	14,92	4,16	0,01	0,51	3,11	1,39	2,09	0,10	0,00	12,60	99,81
Bent-4	53,07	0,57	15,21	6,01	0,01	0,51	3,86	1,23	1,89	0,19	0,00	17,30	99,85
Bent-5	64,60	0,67	16,08	3,12	0,01	0,37	1,00	1,09	2,19	0,10	0,00	10,60	99,83
Bent-6	63,60	0,75	17,77	2,48	0,02	0,26	3,09	3,03	2,28	0,11	0,00	6,40	99,79
Bent-7	60,21	1,02	20,22	2,25	0,01	0,45	1,17	1,28	1,46	0,09	0,00	11,80	99,96



Şekil 5. Kaolinitik ve bentonitik örneklerin L değerlerinin Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%) miktarına bağlı olarak değişimi.



Şekil 6. Kaolinitik ve bentonitik örneklerin a değerlerinin Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%) miktarına bağlı olarak değişimi.



Şekil 7. Kaolinitik ve bentonitik örneklerin L değerlerinin toplam kil miktarına (%) bağlı olarak değişimi.

#### 4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiş olup, 104Y160 nolu TÜBİTAK projesinin bir bölümünü kapsamaktadır. Araştırmacılar arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasında verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkür ederler.

#### 5. KAYNAKLAR

1. TSE-4897, *Seramik yapımında kullanılan killer-kuruma ve pişme çekmesi tayini*. Türk Standartları Enstitüsü 4897 nolu standart, Ankara, 1986.
2. TSE-11136, *Seramik sanayinde kullanılan bentonit*. Türk Standartları Enstitüsü 11136 nolu standart, Ankara, 1993.
3. Brindley, G. W. ve Brown, G., *Crystal structure of clay minerals and their X-ray identification*. Mineralogical Society, London, 1980.
4. Mackenzie, R. C., *The differential thermal investigation of clays*. Min. Soc., Clay Min. Group, 140 – 164, London, 1957.
5. Siddiqui, M. A., Ahmed, Z. ve Saleemi, A.A., *Evaluation of Swat kaolin deposits of Pakistan for industrial uses*. Applied Clay Science, 29, 55-72, 2005.
6. Yıldız, A., Kibici, Y., Çoban, F., Bağcı, M., Dumlupınar, İ., Kocabaş, C., Arıtan, E. ve Bilge Y., *Mihalgazi (Eskişehir) bentonit yatağının jeolojisi ve bentonitin endüstriyel hammadde olarak değerlendirilmesi*. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Proje No: 104Y160, 286s, Ankara, 2008.
7. Grim, R. E., *Applied Clay Mineralogy*: Int. Series in Earth Sciences. Mc Graw-Hill Book Co. Inc., 421s, New York, 1962.
8. Brown, G., *X-Ray identification and crystal structures of clay minerals*. Min. Soc., 143-206., Clay Min. Group, London, 1972.
9. Karaman, S., Gunal, H. ve Ersahin, S., *Assesment of clay bricks compressive strength using quantitative values of colour components*. Construction and Building Materials. 20, 348-354, 2006.