



## KONYA BÖLGESİNDE SATILAN KÖMÜRLERDE ÖĞÜTMENİN KALORİ KAYBINA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

A. Hadi ÖZDENİZ, Burçin TİMURKAN

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 42079, KONYA  
[hozdeniz@selcuk.edu.tr](mailto:hozdeniz@selcuk.edu.tr)

**Özet:** Kömürler üretildikleri andan başlayarak oksijenle reaksiyona girer ve kendiliğinden yanmaya maruz kalırlar. Reaksiyon sonucunda buldukları ortama zararlı ve tehlikeli gazlar yayarlar. Ayrıca bu durum kömürlerin kalorilerinde bir azalmaya sebep olur. Aynı şekilde güneş ışığı altında kalan kömürlerin kalorilerinde, güneşin ultraviyole ışınlarının etkisinde kalmasıyla, kayıplar meydana gelmektedir. Bu çalışmada, Konya ilinde ticari amaçlı satılan ithal ve yerli kömürlerin farklı öğütme süreleri uygulanarak kalorilerindeki değişimler ve farklı sürelerdeki mikrodalga etkisinde kalorilerindeki meydana gelen değişimler incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kömür, kendiliğinden yanma, öğütme, güneş-ışını, mikrodalga

### Investigation of The Effect of Milling of Coals Sold in Konya Region on Their Calorific Values

**Abstract:** Coals react with oxygen from the moment they are produced and are subject to spontaneous combustion. As a result of the reaction, they emit harmful and dangerous gases to their surroundings. In addition, this situation leads to a reduction in the calories of coals. In the same way, losses of calories occur in the calories of coals under the rays of the sun due to their being exposed to the sun's ultraviolet rays to human influence. In this study, the changes that occur in both imported and domestic coals sold for commercial purposes in Konya by applying different milling times and different durations in calories changes under the influence of microwave in calories, are examined.

**Keywords:** Coal, spontaneous combustion, milling, sun-rays, microwave

#### GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kömürler üretildikleri andan itibaren doğası gereği, oksijenle reaksiyona girerek kendiliğinden yanmaya maruz kalmaktadırlar. Kendiliğinden yanma olayı, kömür bünyesindeki karbonun oksijenle reaksiyona girmesi sonucunda ortama ısı vermesi, ortamı ısıtması ve sonuçta ortamı tutuşma sıcaklığına getirmesi olarak bilinmektedir. Kömürün düşük sıcaklıkta başlayıp artan ısı birikmesi nedeniyle alevli yangına kadar varabilen ekzotermik bir olaydır. Kömür, havada bulunan oksijeni adsorbe ederek ortamdaki oksijen tüketirler. Bu kendiliğinden yanma olayının başlaması için ilk adımdır (Wang ve diğ., 2003). Bu reaksiyon sonucu ortama zararlı gazlar ve ısı yayılır. Bu ısı

ortamdan uzaklaştırılmaz ise ortamda birikmeye başlar. Isı artışının hızlanmasıyla kömürün tutuşma sıcaklığına ulaşması sonucu alevli yanma meydana gelir (Jones ve Townend, 1949; Barış ve diğ., 2011). Yapılan çalışmalarda, ülkemiz kömürlerinin genelinde kendiliğinden yanma riskinin yüksek olduğu vurgulanmıştır (Karpuz, 2000; Ören ve diğ., 2007). Kömürlerin kendiliğinden yanma olayı sadece yeraltı madenciliği ile sınırlı kalmamaktadır. Kömürlerin depo edildiği stok sahalarındaki yığınlarda da meydana gelen kızışma olayı çok sık rastlanan bir durumdur ve bu olay bir çok çevresel ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Kaymakçı ve Didari, 2002).

Kömürlerin öğütülebilirliklerini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar kömürün

nem oranı, petrografik kompozisyonu (maseral dağılımı) ve yaşı önemli rol oynamaktadır. Kömürün ön ısıtma işleminden geçirilmesi, öğütmeyi olumlu yönde etkilemekte ve boyut küçültme işlemini kolaylaştırmaktadır (Lytle, 1992).

Mikrodalgalar; görünür ultraviyole ya da infrared ışık gibi diğer elektromanyetik enerji şekillerinden daha yüksek dalga boylarına ve daha düşük enerji miktarına sahiptirler (Haque, 1999; Özbayoğlu ve Depci, 2006). Mikrodalga ile ısıtma, numunenin derinliklerine nüfuz edebilen elektromanyetik enerji formunda olduğu için klasik ısıtmadan farklıdır (Jones ve diğ., 2002). Kömür, heterojen bir yapıya sahip olup yanabilir özellikli organik bir yapı ile yanmayan inorganik yapıdan maddelerden oluşmaktadır. Kömürün içerisinde ayrıca bünyesel ve yüzeysel nem bulunmaktadır. Kömürün organik yapısının mikrodalga enerjisini absorplama özelliği zayıftır. Buna karşın, kömürün nem içeriğini oluşturan su molekülleri polar olup iyi bir mikrodalga enerjisi absorplayicisidir (Özbayoğlu ve Depci, 2006). Mikrodalga enerjisine maruz kalan kömürün içerisindeki suyun hızla ısınması sonucu su molekülleri faz değiştirerek buharlaşmakta ve bünyeden ayrılarak kömürün

yapısında kırık ve çatlakların oluşumuna neden olmaktadır. Bu da kömürün öğütülmesini kolaylaştırmaktadır (Harrison, 1997; Marland ve diğ., 2000). Kömürde mikrodalga enerjisini yüksek derecede absorplama özelliği gösteren diğer bir madde kömürün içerisinde bulunan pirit mineralidir.

Bu çalışmada, çeşitli kömürler farklı öğütme sürelerine maruz bırakılarak, öğütme süresi ile kalori kaybı arasındaki ilişki incelenmiştir. Ayrıca mikrodalgada farklı sürelerde bekletilen kömürlerin kalorilerinde nasıl bir değişim meydana getirdiği araştırılmıştır.

#### DENEY SİSTEMİ VE DENEYİN YAPILIŞI (EXPERIMENTAL SET-UP and EXPERIMENTS)

Bu çalışma, Konya genelinde ithal ve paçal kömür satışı yapan ticari firmalarda satılan ısınma amaçlı kullanılan kömürlerden örnekler alınarak yapılmıştır. Kömür örneklerine herhangi bir problemle karşılaşmamak amacıyla, marka ismi verilmeyip sayısal kod verilmiştir. Selçuk Üniversitesi laboratuvarına getirilen 4 adet markanın (firmanın) kömür örnekleri, 4 gruba ayrılmıştır:

**Çizelge 1.** Kömür örneklerine ait kalori değerleri (*Calorific values of the coal samples*)

Numune Tipi	Numune boyutu (mm)	Numune Adı	Öğütme Süresine göre kalori değerleri (kCal/kg)			
			5 dakika	10 dakika	15 dakika	20 dakika
Portakal	70-110	A	8365,1	8438,3	7744,2	7446,0
		B	7825,3	7788,0	7803,7	7824,7
		C	7933,7	7899,9	7938,9	7965,8
		D	7701,3	7883,9	7645,2	7671,9
Ceviz	20-70	A	7562,2	7552,8	7498,6	7469,9
		B	7920,3	7889,5	7880,7	791204
		C	7134,4	7099,6	7119,0	7139,1
		D	7631,0	7657,3	7645,7	7557,7
Fındık	10-20	A	7847,2	7906,3	7825,6	7876,5
		B	7725,8	7660,1	7657,7	7667,9
		D	7721,8	7666,3	7662,4	7660,1
Paçal	20-80	B	6988,0	6954,3	6957,8	6966,0
		C	6525,0	6601,8	6518,7	6506,0
Briket	Prizma (180 gr)	A	6591,6	6591,0	6598,5	6583,8
		B	6397,6	6574,2	6453,3	6334,3
		D	5935,6	5811,9	5665,7	5610,6

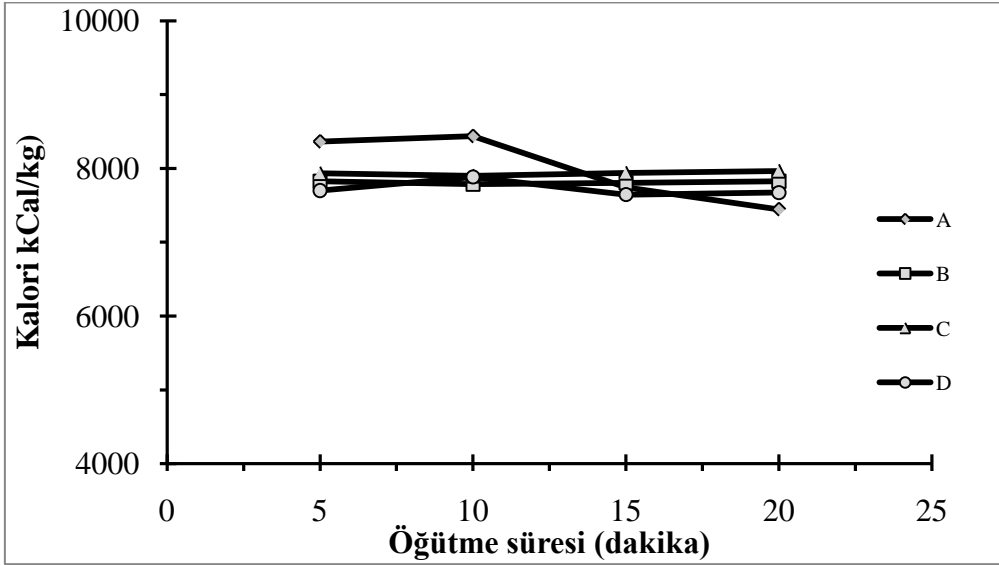
1. **grupta** portakal tabiri olarak adlandırılan 70-110 mm tane boyutlu 4 adet kömür örnekleridir.
2. **grupta** ceviz olarak tabir edilen 20-70 mm tane boyutlu 4 adet kömür örnekleridir.
3. **grupta** fındık olarak tabir edilen 10-20 mm tane boyutlu 2 adet kömür örneğidir.
4. **grupta** ise paçal (yerli+ithal) olarak adlandırılan 20-80 mm tane boyutlu 2 adet kömür örneğidir.

3 ve 4 grupta 2 şer örnek alınmasının sebebi, diğer 2 markanın bu boyutlarda satışının Konya'daki firmalarda bulunmamasından dolayıdır.

Önce laboratuvar tip çeneli kırıcı ile boyut küçültmeye maruz kalan kömür örneklerine, Jones ızgarası ile numune azaltma işlemleri uygulanmıştır. Yaklaşık 250 gr civarına kadar azaltılan kömürler çubuklu değirmende 32,5 devir/dak hızında 5, 10, 15 ve 20 dakika sürelerle öğütülmüşlerdir. Daha sonra bu

örneklerden yaklaşık 1 gr civarında örnekler alınarak Leco marka AC-350 model kalorimetre cihazı ile kalorileri bulunmuştur (Çizelge 1).

Farklı öğütme sürelerinin kalori değişimlerinde çok büyük miktarda değişiklikler meydana getirmediği görülmektedir. Çizelge 1 incelendiğinde düşük miktarlarda kalorilerde azalmalar olduğu anlaşılmaktadır. Sadece 70-110 mm tane boyutundaki numunelerin kalorileri incelendiğinde, 5 dakikalık öğütme sonucu 8365,1 kCal ye sahip olan A numunesinin 20 dakika öğütme sonucu kalorisinin 7446,0 kCal ye düştüğü belirgin ölçüde düştüğü görülmektedir. Diğer örnekler incelendiğinde öğütme sürelerinin artması ile çok az miktarda kalorilerde azalmaların meydana gelmediği anlaşılmaktadır. Genel olarak bakıldığında öğütme sürelerinin artmasıyla kalorilerde önemli oranda değişikliklerin oluşmadığı görülmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. 70-110 mm tane boyutundaki numunelerin kalori değerleri (Calorific values for 70-110 mm grain sized samples)

Numunelerin kalorileri detaylı şekilde incelendiğinde, iri boyuttan ince boyuta doğru gidildikçe kalorilerde önemli ölçüde düşüşlerin olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, iri boyutta kömür tanelerinin elle ayıklamasının (triyaj) oldukça kolay olmasındandır. İnce boyutta kömür içerisinde bulunan tam kömürleşmemiş maddelerin kolayca ayrıştırılmamasından dolayı, elek altına geçen ince boyut içerisindeki inorganik maddelerin kömür kalorisini

düşürdüğü anlaşılmaktadır. 5 dakikalık öğütme süresindeki A numunesinin iri boyuttan ince boyuta doğru gidildikçe 8365,1 kCal/kg olan değerinin, ince boyutta olan 7847,2 kCal/kg değerine düştüğü görülmüştür. Aynı durum öğütme sürelerinin artmış numunelerde de görülmektedir.

Daha sonra bu numunelere mikrodalga fırında maruz bırakılma sonucunda kalorilerinde nasıl bir değişikliğin oluştuğu görmek amacıyla

örnekler mikrodalgada bekletilmiştir. Bu ısı işlemlerin kalorilerde yaptığı değişiklikleri incelemek için maksimum 1,2 kW güç ve 2,45 GHz frekansa sahip bir mikrodalga fırını

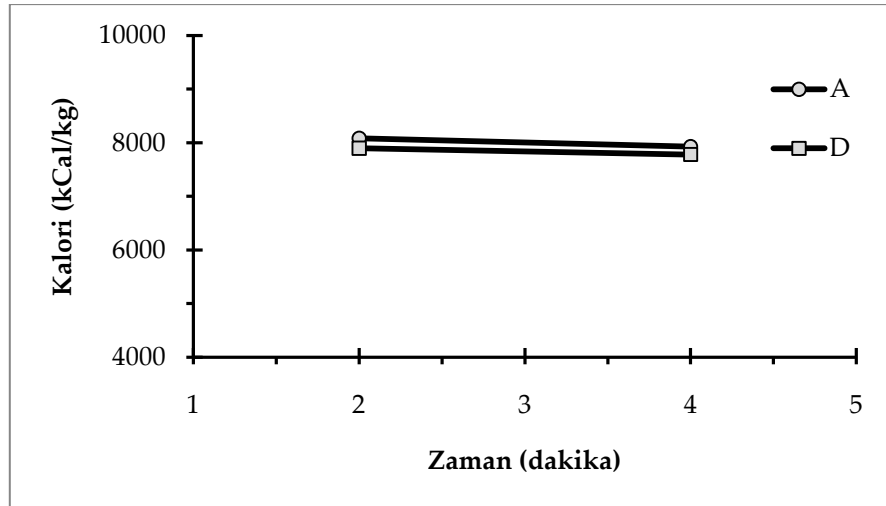
kullanılmıştır. Bu amaçla bazı A ve D numunelerden örnekler seçilerek mikrodalga içinde 2 ve 4 dakika bekletilmiştir. Daha sonra kalori değerlerine bakılmıştır (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Mikrodalganın kalori değerleri üzerine etkisi (*The effect of the microwave on the calorific values*)

Numune Tipi	Numune boyutu (mm)	Numune Adı	Öğütme Süresine göre kalori değerleri (kCal/kg)	
			2 dakika	4 dakika
Portakal	70-110	A	8082,1	7929,4
Ceviz	20-70	D	7898,0	7781,3

Mikrodalga altında belirli zaman aralıklarıyla bekletilen numunelerin kalori değerleri incelendiğinde, kalorilerinde çok düşük miktarda azalmalar meydana getirdiği anlaşılmaktadır. A örneğine ait 8365,1 kCal/kg olan kalori değerinin mikrodalga fırında

bekletilme durumunda kalorisinin 7929,4 kCal/kg a kadar düştüğü görülmektedir. Bu durum Özbayoğlu ve Depci (2006) çalışmasında görüldüğü gibi kömürün kendisinin mikrodalga enerjisini absorplama özelliğinin zayıf olduğu bu çalışmada da anlaşılmaktadır (Şekil 2).



**Şekil 2.** Mikrodalga fırında elde edilen kalori değerleri (*The calorific values obtained from microwave oven test*)

## SONUÇLAR (RESULTS)

Bu çalışma, Konya genelinde ithal ve paçal kömür satışı yapan ticari firmalarda satılan ısınma amaçlı kullanılan kömürlerden örnekler alınarak yapılmıştır. Farklı öğütme sürelerinin kalori değişimlerinde çok büyük miktarda değişiklikler meydana getirmediği görülmüştür. Numunelerin farklı öğütme süreleri sonucu kalorileri incelendiğinde, çok düşük miktarlarda kalorilerde azalmalar olduğu anlaşılmaktadır. Genel olarak bakıldığında öğütme sürelerinin artmasıyla kalorilerde önemli oranda değişikliklerin oluşmadığı görülmektedir. Ayrıca

numunelerin kalorileri Çizelge 1 de incelendiğinde, iri boyuttan ince boyuta doğru gidildikçe kalorilerde önemli ölçüde düşüşlerin olduğu görülmüştür.

Mikrodalga altında belirli zaman aralıklarıyla bekletilen numunelerin kalori değerleri incelendiğinde, kalorilerinde önemli oranda azalmalar meydana getirdiği anlaşılmaktadır. Kömürün kendisinin mikrodalga enerjisini absorplama özelliğinin zayıf olması nedeniyle, mikrodalga fırını altında kömürün kalorilerinde çok düşük miktarda azaldığı gözlenmiştir.

**KAYNAKLAR (REFERENCES)**

- Harrison, P.C. ve Rowson, N., 1997, *The Effect of Heat Treatment on Coal Grindability*, IChEME Research Event, Nottingham, UK.
- Lytle, J., Choi, N., and Prisbrey, K., 1992, "Influence of Preheating on Grindability of Coal", *International Journal of Mineral Processing*, 36,107-112.
- Marland,S., Han, B., Merchant, A., Rowson, N., 2000, "The Effect of Microwave Radiation on Coal Grindability", *Fuel*, 79, 1283-1288.
- Marland, S., Han, B., Rowson, N.A., Merchant, A.J., 1998, "Microwave Embrittlement and Desulphurization of Coal", *Acta Montanistica Slovaca, Rocnik*, 3, 351-355.
- Özbayoğlu G., ve Depci, T., "Mikroalga Enerjisinin Kömürlerin Öğütülebilirliğine Etkisi", *Türkiye 10. Enerji Kongresi*, 27/30 KASIM, 379-385, 2006.
- Ozdeniz, A. H., 2003, *Investigation of Spontaneous Combustion Event in Coal Stockpiles-Western Lignite Corporation Case*, Ph.D. Thesis, Selcuk University, Graduate School of Pure and Applied Sciences, Konya.
- Sensogut, C., and Ozdeniz, A. H., 2005, "Statistical Modeling of Stockpile Behavior under Different Atmospheric Conditions-Western Lignite Corporation Case", *Fuel*, 84, 1858-1863.
- Wang, H., Dlugogorski, B.Z., Kennedy, E.M., 2003, *Coal Oxidation at Low Temperatures: Oxygen Consumption, Oxidation Products, Reaction Mechanism and Kinetic Modelling*, *Progress in Energy and Combustion Science*, ss. 487– 513.