

Atf İçin: Birinci M, Şentürk K, 2021. Arguvan (Malatya) Linyitinden Hümik Asit Ekstraksiyonu ve Kömür Yıkamanın Etkisi. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(3): 2133-2141.

To Cite: Birinci M, Şentürk K, 2021. Humic Acid Extraction from Arguvan (Malatya) Lignite and Effect of Coal Washing. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(3): 2133-2141.

Arguvan (Malatya) Linyitinden Hümik Asit Ekstraksiyonu ve Kömür Yıkamanın Etkisi

Mustafa BİRİNCİ^{1*}, Kader ŞENTÜRK²

ÖZET: Bu çalışmada, Arguvan (Malatya) kömür sahasından temin edilen nispeten düşük kaliteli linyit kullanılarak hümik asit ekstraksiyonu araştırılmıştır. Kaliforniya Gıda ve Tarım Bölümü (CDFA) yönteminin uygulandığı liç deneylerinde farklı tane boyutlarında ham kömür (yıkılmamış kömür) ile yüzdürme batırma testi kullanılarak elde edilmiş farklı yoğunluk aralığındaki yıkılmış kömür örnekleri kullanılmıştır. Herbir kömür numunesi NaOH, KOH ve Na₄P₂O₇ kullanılarak hazırlanmış alkali ekstraksiyon çözeltilerinde ayrı ayrı liç edilmiştir. Daha sonra liç çözeltisinden hümik asit çöktürülerek kömür örneklerinin % hümik asit verimi belirlenmiştir. Liç deneyleri sonucunda, tüvenan ve yıkılmış kömür örneklerinin hümik asit verimleri karşılaştırılmış ve kömür yıkamanın hümik asit verimi üzerinde olumlu bir etki gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Linyit, kömür yıkama, alkali liç, ekstraksiyon, hümik asit.

Humic Acid Extraction from Arguvan (Malatya) Lignite and Effect of Coal Washing

ABSTRACT: In this study, the extraction of humic acid from low-quality lignite samples obtained from Arguvan (Malatya) coal deposit was investigated using the California Department of Food and Agriculture (CDFA) method. In leaching experiments, raw coal (i.e. unwashed coal) sieved in different particle size and washed coals with different specific gravities obtained from float-sink test were used. Each coal sample was individually leached in alkaline media prepared using NaOH, KOH and Na₄P₂O₇. Then, humic acid yield (%) of coal samples was determined by precipitation of humic acid from leach solution. As a result of the experiments performed under ideal leaching conditions, the humic acid yields obtained from the run-of-mine and washed coal samples were compared and it was concluded that coal washing had a positive effect on the humic acid yield.

Keywords: Lignite, coal washing, alkaline leaching, extraction, humic acid.

¹ Mustafa BİRİNCİ ([Orcid ID: 0000-0002-1954-7837](https://orcid.org/0000-0002-1954-7837)), İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

² Kader ŞENTÜRK ([Orcid ID: 0000-0002-6238-2628](https://orcid.org/0000-0002-6238-2628)), İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa BİRİNCİ, e-mail: mustafa.birinci@inonu.edu.tr

Bu çalışma Kader ŞENTÜRK'ün Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

Ülkemiz önemli miktarda linyit rezervine sahip olmakla birlikte; Türk linyitleri çok düşük kalorifik değere, yüksek kül ve yüksek kükürt içeriğine sahip düşük kalite linyitler sınıfına girmektedir. Bu tür kömürler çoğunlukla termik santrallerde yakıt olarak değerlendirilmektedir. Çok az bir kısmı ise endüstriyel amaçlar için kullanım imkânı bulabilmektedir. Bununla birlikte düşük kaliteli linyitlerin endüstride kullanılması, her şeyden önce, ciddi boyutta çevre sorunlarına yol açmaktadır. Bu tür kullanım zorluklarından dolayı düşük kaliteli linyitlerin başka alanlarda, özellikle gübre amaçlı kullanımı, son yıllarda önemli bir araştırma konusu olmuştur. Özellikle nispeten sığ derinliklerde oluşan ve oksitlenmiş genç kömürlerin hümik madde içeriği (humik asit, fulvik asit ve humin) dikkat çekmektedir. Bu tür kömürlerden elde edilen hümik maddeler toprak ve bitki için gerekli olan organik bileşikler içerdiği için gübre kaynağı olarak değerlendirilmeleri mümkün olmaktadır (Tuncalı ve ark., 2002; Ay, 2015; Özkan ve Özkan, 2017).

Hümik maddeler en çok leonardit ve linyit katmanlarında bulunmaktadır. Leonardit, düşük ısı ve rank değerine sahip, olgunlaşmamış ve yüzeye çok yakın linyit yatakları üzerinde gelişen ve linyitin yüzey basıncı altında yüksek derecede okside olmuş özel bir kömür türü olarak tanımlanmaktadır (Sparks, 2003; Kalaitzidis, 2003). Linyit katmanlarının üst bölgelerinde bulunan leonarditi linyitten ayıran en önemli fark, yüksek oranda oksijen ve organik madde içermesidir. Ayrıca leonardit yüksek porozite değerine sahiptir ve yakıt olarak kullanma olanağı bulunmamaktadır (Engin ve Cöcen, 2012; Adiloğlu ve ark., 2015). Bir hümik madde kaynağı olan genç linyitlerin yapısında %10 ile %80 arasında değişen oranlarda hümik asit bulunduğu bildirilmektedir (Allard, 2006; Allard ve Derenne, 2007). Nitekim linyitlerden hümik asit üretimi ve özellikle zirai amaçlı kullanımı üzerine birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir (Lobartini ve ark., 1992; Shinozuka ve ark., 2001; Francioso ve ark., 2003; Giannouli ve ark., 2009; Zara ve ark., 2017; Souza and Bragança, 2018). Türkiye’de ise, Kural (1978) tarafından Türk linyitlerinin hümik asit dağılımı kapsamlı olarak çalışıldıktan sonra, düşük kaliteli linyitlerden hümik asit ekstraksiyonu üzerine son yıllarda önemli çalışmalar yapıldığı bilinmektedir (Yıldırım, 2001, 2003; Özkan, 2007; Özdemir, 2011; Özkan ve Özkan, 2017).

Hümik madde analizinde standartlaşmış bir yöntem bulunmamakla birlikte günümüzde genel kabul görmüş üç yöntemin ön plana çıktığı görülmektedir: (i) kolorimetrik yöntem, (ii) kantitatif yöntem/gravimetrik yöntem (ki klasik yöntem olarak da bilinmektedir), (iii) yarı kantitatif yöntem/Kaliforniya Gıda ve Tarım Bakanlığı (CDFA) yöntemi. Her üç yöntem de seyreltik alkali çözeltilerinde hümik asidin çözünürlüğü temeline dayanmaktadır. Hümik asit analiz yöntemleri Lamar ve Talbot (2009); Kalınbacak ve Madenoğlu (2012) tarafından ayrıntılı olarak ele alınıp karşılaştırılmıştır.

Malatya ilinde gerek rezerv ve gerekse kalite bakımından sınırlı sayıda linyit oluşumu bulunmaktadır. Bununla birlikte, Malatya ilinin Arguvan ilçesine bağlı Parçikan Köyü civarında bulunan linyit kömürleri uzunca bir süredir işletilmektedir. Yeraltı üretim yöntemiyle çıkarılan kömür, daha kaliteli ithal kömürlerle harmanlanarak, sanayide enerji amaçlı kullanılmaktadır. Üretilen kömürlerin yakıt dışında başka alanlarda kullanımına ilişkin bugüne kadar ciddi bir çalışma yapılmamıştır. Bugüne kadar yapılan çalışmaların (Sarıkaya ve ark., 1995; Birinci, 2013; Korkmaz ve Bentli, 2017) daha çok sahanın jeolojisi, kömür özelliklerinin tespiti ve kömür kalitesini iyileştirmeye yönelik yıkama işlemleri üzerine olduğu bilinmektedir.

Bu çalışmada Malatya ili Arguvan bölgesi linyitinden CDFa yöntemiyle hümik maddelerin ekstraksiyonu amaçlanmıştır. Bu amaçla tüvenan ve yıkanmış linyit numunesi üzerinde bir dizi alkali liç

denemeleri gerçekleştirilmiştir. Liç işlemi sonucu elde edilen çözeltilerin hümik asit içerikleri analiz edilerek ekstraksiyon verimleri karşılaştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Kömür Numunesi ve Kömür Hazırlama

Bu çalışmada, deney malzemesi olarak Arguvan-Parçikan (Malatya) bölgesine ait linyit numunesi kullanılmıştır. Deney çalışmalarında kullanılmak amacıyla kömür damarının taze yüzeyinden yaklaşık 50 kg linyit numunesi alınarak, İnönü Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölüm Laboratuvarına getirilmiştir. Kömür analizlerinde kullanılmak üzere, bu stok numuneden yeteri miktarda azaltma yapılarak analiz için hazırlanmıştır. Analiz numunesi MTA Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri Laboratuvarına gönderilmiştir. Linyit numunesinin kısa analizi ve element analizi yapılarak, elde edilen sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Linyit numunesinin kısa ve elementel analizi.

Analiz Türü	Orijinal Numune	Kuru Numune
Toplam nem (%)	24.28	-
Kül (%)	16.86	22.26
Uçucu madde (%)	33.77	44.60
Sabit karbon (%)	25.09	33.14
Toplam kükürt (%)	3.69	4.87
Üst Isıl Değ (kcal kg ⁻¹)	4137	5463

Alkali liç işleminde kullanılan kömür örneklerinin hazırlanışı Şekil 1(a)’da verilmiştir. Yaklaşık 10 mm’nin altındaki ham kömürün ASTM E11 serisi standart eleklerle elenmesi sonucunda: -10+4.75, -4.75+2.36; -2.36+1.18 ve -1.18 mm tane boyutlarında kömür örnekleri elde edilmiştir. Bu örnekler aynı zamanda alkali liç deneylerinin besleme malzemesi olarak kullanılmıştır. Liç verimi üzerine kömür yıkamanın etkisini görmek amacıyla, -10+4.75 mm tane boyu aralığındaki en iri kömür numunesi ayrıca yüzdürme-batırma işleminden geçirilerek farklı yoğunluk aralığında yıkanmış kömür gruplarına ayrılmış ve ayrı ayrı liç işlemine tabi tutulmuştur.

Yüzdürme-Batırma Testi

Yüzdürme-batırma işleminde ağır ortam sıvısı olarak teknik saflıkta ZnCl₂ tuzunun sulu çözeltisi kullanılmıştır. Yoğunlukları, sırasıyla, 1.4-1.5-1.6-1.7 g cm⁻³ olan ağır sıvıların her birinden 2 litre hazırlanmıştır. Kömür gözeneklerine ağır sıvı soğurumunu en aza indirmek için, test öncesi, kömür numunesi 1 saat süreyle suda bekletilmiştir. Tane boyut aralığı -10+4.75 mm olan ham kömürün yoğunluk analizi yapılmış ve <1.4, 1.4-1.5, 1.5-1.6, 1.6-1.7 ve >1.7 g cm⁻³ yoğunluk aralığında yıkanmış kömür örnekleri elde edilmiştir.

Alkali Liç ve Hümik Asit Analizi

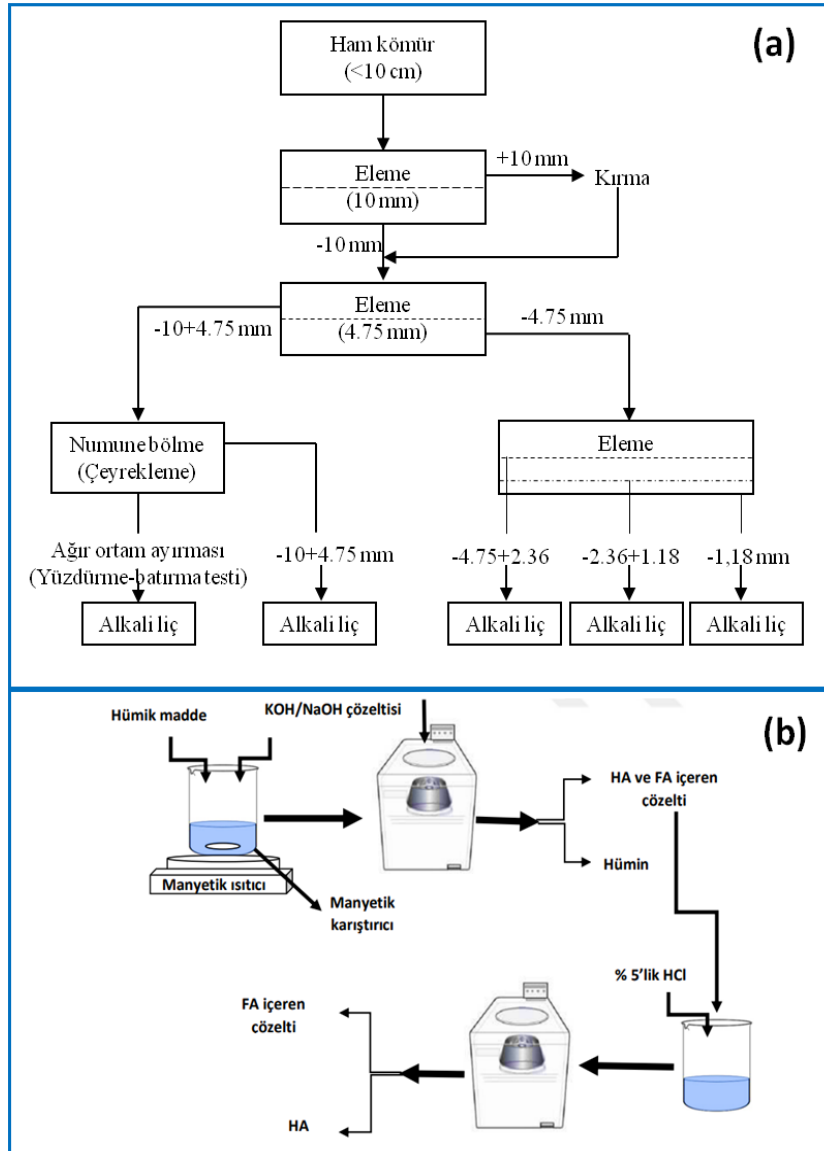
Hümik asitlerin ekstraksiyonunda ve hümik asit analizinde C DFA yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin uygulama prosedürü literatürde ayrıntılı olarak anlatılmaktadır (Anonymous, 1996; Özkan, 2008; Lamar ve Talbot, 2009). Bununla birlikte yöntemin esası; hümik asitlerin alkali ortamlarda çözünürlüğü yüksek alkali tuzlara dönüşebilmesidir. Deneylerde hümik asit eldesi için gereken alkali ortam kolay temin edilebilir ve ucuz olması nedeniyle NaOH, KOH ve Na₄P₂O₇ ile sağlanmıştır. Yapılan pek çok araştırmada linyit, turba, leonardit gibi kaynaklardan doğrudan elde edilen karışımlar (hümat) asitlendirilerek hümik asit çöktürülmüş ve fülvik asit sıvı fazda elde edilmiştir. Deneylerde hümik asit çöktürmesi için derişik (%37’lik) HCl’in sulu çözeltisi kullanılmıştır (Şekil 1(b)). Alkali liç parametreleri (alkali derişimi, liç sıcaklığı, çözelti/katı oranı, liç süresi, kömür tane boyutu) daha önce

Şentürk (2020) tarafından çalışılmış olup, Çizelge 2’de verilen parametreler ideal liç koşulları olarak belirlenmiştir.

Liç işlemine giren kömür numunesi için ağırlıkça %hümik asit miktarı Eşitlik 1’e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Hümik asit (\%)} = \frac{m}{n} \times 100 \quad (1)$$

Eşitlik 1’de, m=çöktürülmüş hümik asitin kuru ağırlığı, n=Liç işlemine giren kuru kömür ağırlığıdır.



Şekil 1. Kömür örneklerinin hazırlanması (a) ve alkali liç deney prosedürü (b) (Ağaçayak, 2019)

Çizelge 2. Alkali liç parametreleri

Liç parametresi	Değer
Alkali derişimi	0.5 M
Liç sıcaklığı	75 °C
Çözelti/katı oranı	20/1 mL g ⁻¹
Liç süresi	4 saat
Tane boyutu	-106 µm
Karıştırma hızı (sabit)	600 d d ⁻¹

BULGULAR VE TARTIŞMA

Boyutlandırılmış Ham Kömürün Kısa ve Element Analizi

Bilindiği gibi kömürler farklı tane boylarına ayrıldığında karakteristik kömür özelliklerinde (ısı değer, kül, kükürt gibi) önemli değişimler olmaktadır. Örneğin ham kömürün elenmesiyle elde edilen parça kömür ile toz kömür özellikleri hem birbirlerinden hem de ham kömüründen farklı olabilmektedir. Bu bakımdan kömür boyutu hem kömürlerin kullanım alanı hem de kömür prosesleri için çok önemli bir parametredir. Bu bakımdan kömürlerden hüyük maddelerin ekstraksiyonunda kömür boyutunun önemli bir faktör olması muhtemeldir.

Ham kömür, Şekil 1(a)'da verilen işlemlerden geçirilerek dört farklı büyüklüğe ayrılmıştır. Her bir boyut aralığındaki kömürün miktarı, kül oranı, ısı değeri tespit edilmiştir. Ayrıca aynı fraksiyonların C, H, N, S element içeriği de belirlenmiştir. Çizelge 3'te görüldüğü gibi iri kömür boyutundan ince kömür boyutuna gidildiğinde kül oranının arttığı ve ısı değerinin düştüğü görülmektedir. En ince kömür boyutundaki malzemenin (-1.18 mm) kül oranının %41.50'e kadar çıktığı, ısı değerinin ise 2919 cal g⁻¹ seviyelerine düştüğü saptanmıştır. Kömüre göre daha kırılabilir olan ve kırma, öğütme, eleme gibi kömür hazırlama işlemleri sırasında kolay ufalanabilen özellikle kil minerallerinin ince boyutlarda daha fazla birikme eğiliminde olduğu bilinmektedir (Kemal ve Arslan, 2010). Dolayısıyla ince boyutlarda kül oranındaki artış ve ısı değerindeki düşme beklenen bir bulgudur. Nitekim elementel analiz sonuçları da bu bulguyu desteklemektedir. İri boyutlardan inceleme gidildikçe C, H, N oranlarının da azaldığı görülmektedir. Örneğin C oranı, en iri kömürden en ince kömüre doğru sırasıyla %44.28, %43.17, %39.87 ve %35.32 olarak kaydedilmiştir. Sonuçta, Dünyadaki bütün kömür damarlarında sıkça rastlanan ve kömür üretimi ve kömür hazırlama işlemleri sırasında kömüre kıyasla daha fazla ufalanarak ince boyutlarda birikme eğiliminde olan kil minerallerinin bu sonuçlarda önemli etkisi olduğu rapor edilmektedir (Miller ve Lin, 1986).

Çizelge 3. Tane boyuna göre sınıflandırılmış ham kömürlerin kısa ve element analizi

Tane boyutu (mm)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Isıl Değer (cal g ⁻¹)	Element İçeriği (%)				
				C	H	N	S	O
-10+4.75	33.36	31.22	4255	44.28	4.29	1.30	4.09	45.04
-4.75+2.36	28.28	32.38	4007	43.17	4.32	1.08	1.57	49.87
-2.36+1.18	19.14	35.63	3529	39.87	3.93	1.03	2.14	53.04
-1.18	18.22	41.50	2916	35.32	3.75	0.87	2.79	57.27

Yıkamış Kömürün Kısa ve Element Analizi

Alkali liç deneylerinde kullanılmak üzere yıkamış kömür elde etmek için -10+4.75 mm boyutundaki kömür yüzdürme-batırma testine tabi tutulmuştur. Bu test sonucu elde edilen farklı yoğunluktaki kömürler çeşitli özellikleri bakımından analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Beklenildiği gibi, kömür yoğunluğu arttıkça kül oranında artış olduğu görülmektedir. Örneğin <1.4 g cm⁻³ yoğunluğa sahip kömürün kül oranı %13.27 iken, >1.7 g cm⁻³ yoğunluktaki malzemenin kül oranı %60.34 olmuştur. Kömür külünü büyük oranda yanıcı olmayan mineral maddeler oluşturmaktadır ve mineral maddelerin yoğunlukları saf kömürün yoğunluğundan çok daha yüksektir. Kömürlerin ortalama yoğunluğu 2 g cm⁻³'nin altında iken, mineral maddelerin yoğunluğu bu değer daima üzerindedir. Dolayısıyla kömür yoğunluğu arttıkça mineral madde içeriği de artmış olmaktadır. Sonuçta kömür yoğunluğu ile kömürün mineral madde içeriği arasında çok yakın bir ilişki vardır ve genellikle kömür yoğunluğu arttıkça kömürün kül oranı da artmaktadır (Laskowski ve Walter, 1992).

Çizelge 4. Yüzdürme-batırma ile elde edilen farklı yoğunluktaki kömürlerin kısa ve element analizi

Yoğunluk aralığı (g cm ⁻³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Isıl Değer (cal g ⁻¹)	Element İçeriği (%)				
				C	H	N	S	O
<1.4	16.51	13.27	5571	55.65	4.93	1.59	4.15	33.69
1.4-1.5	42.09	26.57	4697	47.78	4.27	1.50	4.16	42.29
1.5-1.6	19.13	36.29	3765	40.06	3.94	1.22	3.51	51.27
1.6-1.7	15.92	44.45	2918	31.43	3.46	1.01	3.19	60.91
>1.7	6.35	60.34	1627	20.83	2.59	0.68	5.96	69.94

Boyutlandırılmış Ham Kömürün Alkali Liçi

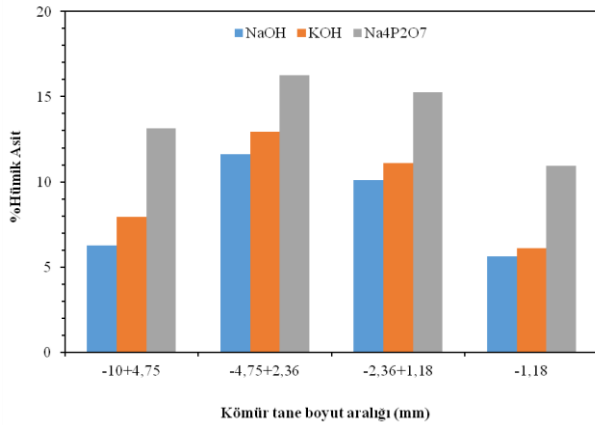
Daha öncede belirtildiği gibi kömürler farklı tane boyutlarına ayrıldığında kömür özellikleri de farklılaşmaktadır. Kömürün hümik asit içeriğinin de tane boyutuna bağlı olarak az veya çok değişebileceği düşünülmektedir. Bu düşünceden hareketle, Şekil 1'deki akış şemasına göre elde edilen farklı tane boyutundaki kömürler Çizelge 2'de verilen koşullarda ayrı ayrı liç işlemine tabi tutulmuştur. Liç işlemi sonucu farklı irilikteki kömürlerden elde edilen hümik asit miktarları karşılaştırılarak tane iriliğinin etkisi irdelenmiştir. Liç deneyleri üç farklı alkali ortamda (a) sodyum hidroksit çözeltisi (2.4 g NaOH + 120 mL saf su), (b) potasyum hidroksit çözeltisi (3.36 g KOH + 120 mL saf su) ve (c) alkali sodyum pirofosfat çözeltisi (8.96 g Na₄P₂O₇ + 7 g NaOH + 1000 mL saf su) gerçekleştirilmiş ve böylece hümik asit verimine çözücü cinsinin etkisi de ayrıca gözlenmiştir.

Boyutlandırılmış kömürün alkali liç sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Tüm boyut aralıklarında en yüksek hümik asit yüzdesi alkali sodyum pirofosfat çözeltisi ile elde edilmiştir. Büyük olasılıkla Na₄P₂O₇ ve NaOH birlikte kullanılması çözünen hümik asit miktarını artırmıştır. Ayrıca disodyumpirofosfat, reaksiyon hızını artırır ve şelatlandırma ajanı olarak işlev görür. Tek değerlikli olup Lewis bazı olarak fonksiyon gösterir ve böylece çok değerlikli katyonları bağlamada etkili olmaktadır Huculak-Maçzka ve ark., 2018).

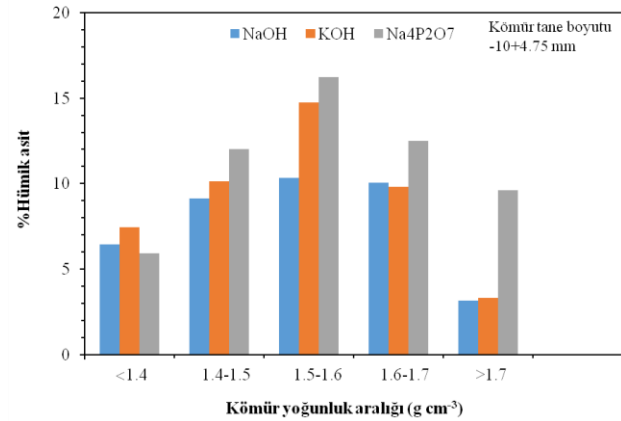
Diğer bir sonuç, tüm alkali liç deneyleri sonucunda hümik asit veriminin yaklaşık %5 ile %15 bandında kalmış olmasıdır. En yüksek hümik asit oranına (~ %16,5) -4.75+2.36 mm boyutundaki tüvenan kömürün liçi ile ulaşılmıştır. En iri ve en ince kömürler için hümik asit veriminin düşük olduğu görülmektedir. Kömürler bilindiği gibi homojen maddeler değildir ve daha önce bahsedildiği gibi tane boyutuna göre bileşimleri ve özellikleri önemli oranda farklılık göstermektedir. Elde edilen bulgulara göre, hümik madde içeren organik kısmın -4.75+2.36 mm boyutuna yakın kömürlerde daha fazla olabileceği düşünülmektedir.

Yıkanmış Kömürün Alkali Liçi

Bu bölümde kömür yıkamanın hümik asit ekstraksiyonu üzerine etkisini belirlemek için yıkanmış kömür örnekleri kullanılmıştır. Bu amaçla, tüvenan kömürün elenmesiyle elde edilen -10+4.75 mm tane boyutundaki en iri kömür yüzdürme-batırma işleminden geçirilerek farklı yoğunluk gruplarına (temiz kömür fraksiyonlarına) ayrılmıştır. Farklı yoğunluklardaki bu kömürler Çizelge 2'de verilen ideal liç koşullarında ayrı ayrı liç edilerek hümik asit verimleri tespit edilmiştir. Böylece kömür yoğunluğu ile hümik asit verimi arasındaki ilişki belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Tane boyutuna göre sınıflandırılmış ham kömürün liçi ve alkali cinsinin hümik asit verimine etkisi



Şekil 3. Yüzdürme-batırma ile elde edilen farklı yoğunluk aralığındaki kömürlerin liçi ve çözücü cinsinin hümik asit verimine etkisi

Şekil 2 ve Şekil 3'teki hümik asit miktarları karşılaştırıldığında, sınıflandırılmış ham kömürlerden elde edilen maksimum hümik asit miktarı ile farklı yoğunluktaki kömürlerden elde edilen hümik asit miktarı arasında çok önemli bir farklılık olmadığı görülmektedir. Ancak, farklı yoğunluktaki kömürlerden elde edilen hümik asit miktarları kendi arasında karşılaştırıldığında ciddi farkların olduğu görülmektedir (Şekil 3). Örneğin, <1.4 g cm⁻³ yoğunluğundaki kömür için hümik asit oranı %6-7 civarında iken, 1.5-1.6 g cm⁻³ yoğunluk aralığındaki kömür için bu oran, yaklaşık 3 kat artışla, %17-18'e yükselmiştir. Benzer şekilde en yüksek yoğunluktaki kömürün (>1.7) hümik asit içeriği genel olarak oldukça düşük seviyede (%2-3) kalmıştır ki beklenen bir bulgudur. Çünkü en yüksek yoğunluğa sahip kömür, aynı zamanda, mineral maddelerin en fazla ama organik kısmın ise en az olduğu kömürdür (Holuszko ve Grieve, 1991). Dolayısıyla inorganik mineral kökenli maddelerin hümik asit içeriğinin düşük olması beklenen bir sonuçtur. Bununla birlikte, Na₄P₂O₇ çözültisi ile elde edilen hümik asit oranındaki göreceli artış beklenen bir sonuç olmayıp, deneysel bir hatadan kaynaklandığı düşünülmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada, Malatya-Arguvan yöresinden temin edilen düşük kaliteli linyit kömüründen hümik maddelerin ekstraksiyonu araştırılmıştır. Deneysel çalışmada hem ham kömür hem de farklı yoğunluklara ayrılmış kömür örnekleri alkali liç işlemine tabi tutulmuş ve hümik asit içerikleri tespit edilerek karşılaştırılmıştır.

Gerek farklı tane boyutundaki ham kömür örnekleri ve gerekse kömür yıkama ile elde edilen farklı yoğunluktaki kömürler üzerinde yürütülen alkali liç deneyleri sonucunda; Arguvan kömüründen alkali liç yöntemiyle hümik asit eldesinin mümkün olabildiği görülmüştür. Bununla birlikte hümik asit verimi nispeten düşük çıkmıştır. Ayrıca kömür yıkamanın hümik asit verimi üzerine olumlu etki gösterdiği sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından "FYL-2018-1397" kodlu proje ile desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkısı

Makalenin planlanması ve yazılmasında (MB), çalışmanın deneysel kısmının gerçekleştirilmesinde (KŞ) katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

- Adiloğlu A, Turan M, Karaman MR, Dizman M, Yalçın H, Demir S, 2014. Türkiye'deki bazı linyit yataklarında gelişen leonardit oluşumlarının incelenmesi. II. Uluslararası Katılımlı Ulusal Humik Madde Kongresi, 26-28 Ekim 2014, Kahramanmaraş.
- Ağaçayak Y, 2019. Hümik maddelerin leonarditlerden ekstraksiyonu ve hümik asit içeriklerinin infrared spektroskopisi ile incelenmesi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Allard B, 2006. A comparative study on the chemical composition of humic acids from forest soil, agricultural soil and lignite deposit, bound lipid, carbohydrate and amino acid distributions. *Geoderma*, 130: 77-96.
- Allard B, Derenne S, 2007. Oxidation of humic acids from an agricultural soil and a lignite deposit: analysis of lipophilic and hydrophilic products. *Organic Geochemistry*, 38: 2036-2057.
- Anonymous, 1996. Humic Acid Method. California Department of Food and Agriculture(CDFA), Agricultural Commodities & Regulatory Services Section, Center for Analytical Chemistry, 3292. Method Number: HA4/JC, Sacramento.
- Ay F, 2015. Hümik asit ve hümik asit kaynaklarının jeolojik ve ekonomik önemi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (CFD), 36(1): 28-51.
- Birinci M, 2013. Determination of washability characteristics of Parcikan (Malatya) lignite. 17th International Coal Preparation Congress, İstanbul, October 01-06, 2013, pp:189-192.
- Engin VT, Cöcen Eİ, 2012. Leonardit ve hümik maddeler. *MT Bilimsel Yer Altı Kaynakları Dergisi*, 2:13-20.
- Francioso O, Ciavatta C, Montecchio D, Tugnoli V, Sanchez-Cortes S, Gessa C, 2003. Quantitative estimation of peat, brown coal and lignite humic acids sing chemical paremeters, 1H-NMR and DTA analyses. *Bioresource Technology*, 88: 189-195.
- Giannouli A, Kalaitzidis S, Siavalas G, Chatziapostolou A, Christanis K, Papazisimou S, Papanicolaou C, Foscolos A, 2009. Evaluation of greek low-rank coals as potential raw material for the production of soil amendmets and organic fertilizers. *International Journal of Coal Geology*, 77: 383-393.
- Holuszko E, Grieve DA, 1991. Washability characteristics of British Columbia coals. Mineral Resources Division, British Columbia, Paper 1991-1, 371-379.
- Huculak-Mączka M, Hoffmann J, Hoffmann K, 2018. Evaluation of the possibilities of using humic acids obtained from lignite in the production of commercial fertilizers. *Journal of Soils and Sediments*, 18: 2868-2880.
- Kalaitzidis S, Papazisimou S, Giannouli A, Bouzinos A, Christanis K, 2003. Prelimnary comparative analyses of two Greek leonardites. *Fuel*, 82: 859-861.
- Kalınbacak K, Madenoğlu S, 2012. Organik materyallerde bazı humik asit analiz yöntemlerinin karşılaştırılması ve uygun yöntemlerin seçimi. *Sakarya Üniv. Fen Edebiyat Dergisi*, 2012(1): 499-508.
- Kemal M, Arslan V, 2010. Kömür teknolojisi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Yayın No: 033, İzmir-Türkiye.

- Korkmaz AA, Bentli İ, 2017. Determination of washability characteristics of Arguvan-Malatya lignite by different washability index methods. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 39(14): 1572-1580.
- Kural O, 1978. Türkiye linyitlerinde hümik asit dağılımının incelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Lamar RT, Talbot KH, 2009. Critical comparison of humic acid test methods. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40: 2309-2322.
- Laskowski JS; Walter AD, 1992. *Coal Preparation*, Academic Press, San Diego, CA-USA.
- Lobartini JC, Tan KH, Rema JA, Gingle AR, Pape C, Himmelsbach DS, 1992. The geochemical nature and agricultural importance of commercial humic matter. *Science of Total Environment*, 113: 1-15.
- Miller JD, Lin CL, 1986. *Coal Preparation 2*, New York, USA
- Özdemir, A. 2011. Linyitlerinden hümik asit ve fulvik asit üretimi. Ankara Üniv. Fen Bil. Enst., Y. Lisans Tezi.
- Özkan A, 2008. Humik asit içeren toprak düzenleyicilerinin humik asit kapsamalarının uygun yöntemlerle belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Özkan S, 2007. Türk linyitlerinden hümik asit ve gübre üretimi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Özkan S, Özkan ŞG, 2017. Investigation of Humate Extraction from Lignites. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 37(6): 285-292.
- Sarıkaya M, Karakuş M, Kumral M, 1995. The Washability Characteristics of Malatya (Arguvan-Çobandere) Lignite, *International Conference on Mineral Processing: Recent Advances and Future Trends*, Edited by Mehrotra. S. P. and Shekhar. R., Allied Publishers: New Delhi, India.
- Shinozuka T, Ito A, Sasaki O, Yazawa Y, Yamaguchi T, 2001. Preparation of fulvic acid and low-molecular organic acids by oxidation of weathered coal humic acid. *The Chemical Society of Japan*, 3: 345-350.
- Souza F, Bragança SR, 2018. Extraction and characterization of humic acid from coal for the application as dispersant of ceramic powders. *Journal of Materials Research and Technology*, 7(3): 254-260.
- Sparks DL, 2003. *Environmental soil chemistry*. 2. Ed., p.82, Academic Press, San Diego, USA.
- Şentürk K, 2020. Arguvan-Parçikan (Malatya) linyitinden hümik asit üretim olanaklarının araştırılması, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Tuncalı E, Çiftçi B, Yavuz N, Toprak S, Köker A, Ayçık H, Gencer Z, Sahin N, 2002. Türkiye tersiyer kömürlerinin kimyasal ve teknolojik özellikleri, MTA Yayınları, s.370-371, Ankara-Türkiye.
- Yıldırım M, 2001. Aerial Oxidation of Elbistan Lignites at Various Temperatures. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 25(3): 219-224.
- Yıldırım M, 2003. Aerial Oxidation of Kangal/Sivas Lignite at 70 °C and 90 °C. *Energy Sources*, 25: 1023-1032.
- Zara M, Ahmad Z, Akhtar J, Shahzad K, Sheikh N, Munir S, 2017. Extraction and characterization of humic acid from Pakistani lignite coals. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, And Environmental Effects*, 39(11): 1159-1166.