

## Leonarditin Hidrosiklon ile Ön Zenginleştirilmesinin Hümik Asitin Alkali Liç Eldesindeki Etkisi

İsmail Bentli<sup>1\*</sup>, Uğur Demir<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Merkez Kampüs, 44280, Malatya.

<sup>2</sup> Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Evliya Çelebi Yerleşkesi, Kütahya.

e-mail: <sup>1\*</sup> ismailbentli@gmail.com, ORCID ID:<http://orcid.org/0000-0003-3775-7341>

<sup>2</sup> ugur.demir@dpu.edu.tr, ORCID ID:<http://orcid.org/0000-0001-8828-4711>

Geliş Tarihi: 22.12.2022 Kabul Tarihi: 23.03.2023

### Öz

#### Anahtar kelimeler

Leonardit; Hidrosiklon,  
Alkali liç; Hümik asit;  
Organik gübre.

Artan nüfusla birlikte tarımsal alanlarda verim artışını sağlamak amacıyla, organik gübre kullanımı giderek yaygın hale gelmektedir. Organik gübre yapımında kullanılan en verimli kaynağın leonardit olduğu bilinmektedir. Leonarditten potasyum hidroksit (KOH) ile alkali liç yapılarak, humat adı verilen hümik asit ve fülvik asit içerikli organik gübre üretilmektedir. Bu çalışmada, Uşak il sınırları içerisinde bulunan ve özel bir şirket tarafından işletilen leonardit yataklarından alınan temsili numuneler üzerinde karakterizasyon çalışmaları yapılmış ve kil içerikli safsızlıkların hidrosiklon ile uzaklaştırılmasından sonra KOH ortamında humat üretimi gerçekleştirilmiştir. Liç öncesi kil mineralleri olarak bulunan safsızlıkların giderilmesinde hümik asit kazanımında %11.5'e varan artışlar belirlenmiştir. Bununla beraber liç öncesi safsızlıkların uzaklaştırılmasının organik gübre üretim sürecinde birçok kolaylık sağlayacağı açıktır.

## The Effect of Leonardite Preconcentration by Hydrocyclone on Alkaline Extraction of Humic Acid

### Abstract

#### Keywords

Leonardite;  
Hydrocyclone, Alkaline  
leaching; Humic acid;  
Organic fertilizer.

With the increasing population, the use of organic fertilizers is widespread in order to increase productivity in agricultural areas. It is known that leonardite is the most efficient source used in organic fertilizer production. By alkaline leaching of leonardite with potassium hydroxide (KOH), organic fertilizers containing humic acid and fulvic acid, called humate, are produced. In this study, characterization of representative leonardite samples obtained from deposits, located in Uşak (Turkey) province and operated by a private company, were carried out. After removing the clay-containing impurities from samples by hydrocyclone, humate production was carried out in KOH medium. It was determined that the removal of impurities before leaching increased the humic acid recovery up to 11.5%. It was also seen that removing impurities before leaching facilitated the organic fertilizer production process.

## 1. Giriş

Kömür, biyokimyasal ve jeokimyasal aşamalardan geçtikten sonra oluşan fosil enerji yakıtıdır. Maruz kalmış oldukları bu aşamalara göre, kalite sırasıyla turba, linyit, taş kömürü ve antrasitler oluşmaktadır (Kemal ve Arslan 2010). Leonardit ise özellikle turba ve linyit yataklarının dış kısmında ve yüzeye yakın en üst kademesinde bulunmaktadır (Olivella vd. 2002, Aylan vd. 2000, Piccolo ve Mbagwu 1989). ABD'nin kuzey Dakota eyaletinde Dr. Leonard tarafından keşfedildiği için bu isim verilirken ve bazı ülkelerde humat, organik humat veya humus olarak da isimlendirilmektedir (Young ve Frost 1963).

Leonardit ve kömür arasındaki en büyük fark, leonarditin yüksek orandaki oksijen ve poroziteye sahip olması ve yakıt olarak kullanımının az olmasıdır (Kural 1991). Büyük yumuşak linyit yataklarının kenarlarında bulunan leonarditler ticari olarak, katı halde toprak koşullandırıcı ve organik sıvı (Humat) elde edilerek değerlendirilmektedir. (Piccolo vd. 1997). Verimli topraklarda bulunan humat, biyolojik aktivasyon sonucu hümik ve fulvik asitlere dönüşmektedir. Hümik asit, kimyasal bir iletişimci gibi toprakta bloke olmuş besin maddelerini çözerek kendi bünyesine almakta ve ortam koşullarına ayak uydurmaya yardımcı olmaktadır. Fulvik asit ise çözünen bu besin maddelerinin bitkiler tarafından kolayca alınmasını sağlamakta, bitkinin gelişimine yardımcı olmakta, toprağı beslemekte ve toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirmektedir. Hümik asit ile yapılan tarla ve sera deneme üretimlerinde, bitki verimlerinde artış, toprakta nem kaybında azalma ve toprağın tarıma elverişli hale getirilmesinde iyileşmeler saptanmıştır (Karaca vd. 2006, Turgay vd. 2011, Kolay vd. 2016, Namlı vd. 2017, Namlı vd. 2019). Son yıllarda ülkemizde, çeşitli linyitlerden hümik asit üretimi, karakterizasyonu ve kullanım alanlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar öne çıkmaktadır (Lobartini vd. 1992, Demirbaş 2002, Demirbaş 2003, Francioso vd. 2003, Giannouli vd. 2009, Zara vd. 2017). Literatürde toprak düzenleyici ve gübre olarak kullanılmak üzere Arguvan (Birinci

ve Şentürk 2021), Malkara ve Yatağan (Özkan ve Özkan 2017) linyitleri ile alkali liç çalışmalarından olumlu sonuçlar alınmıştır. Başka bir çalışmada Elbistan linyitlerinin oksidasyonundan (Yıldırım 2001) ve nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) ile reaksiyonundan sonra amonyum hidrohümat veriminin %80'lerin üzerine çıktığı tespit edilmiştir (Yıldırım ve Özbayoğlu 1997). Fırat vd. (2016) ise Elbistan Gıda-Leonarditlerinden alkali liç ile %33'e kadar hümik asit elde edebilmiştir. Ayrıca Konya (Beyşehir, Ilgın ve Ermenek) linyitlerinden hümik asit üretilmiş ve katyon değiştirme kapasitesinin yüksek olması nedeniyle ağır metal adsorplama çalışmalarında kullanılmıştır (Pehlivan ve Arslan 2006).

Leonarditin başlıca kullanım alanları literatürde Ay (2015), Engin ve Cöcen (2012), Demir ve Bentli (2011) tarafından ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Ancak en önemli kullanım alanları tarımda toprak düzenleyici ve alkali liç ile organik sıvı (hümik-fulvik asit) üretimidir. Piyasada çok çeşitli kalitede leonardit bulunmasına rağmen genel kabul görmüş kalite standardı Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Leonarditin piyasada kabul görmüş kalite çeşitleri (Engin ve Cöcen 2012).

Kompozisyon	Düşük Kalite	Orta Kalite	Yüksek Kalite
Hümik asit içeriği (%)	35-50	50-65	65-85
Organik madde mikt. (%)	< 35	< 50	< 65
pH değeri	6,5±1	5,5±1	4±1
Karbon/Azot (C/N)	21±1	19±1	17±1
Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,4±0,1	1,2±0,1	0,8±0,1
Bazik solüsyonda çözünürlük	Düşük	Orta	Yüksek

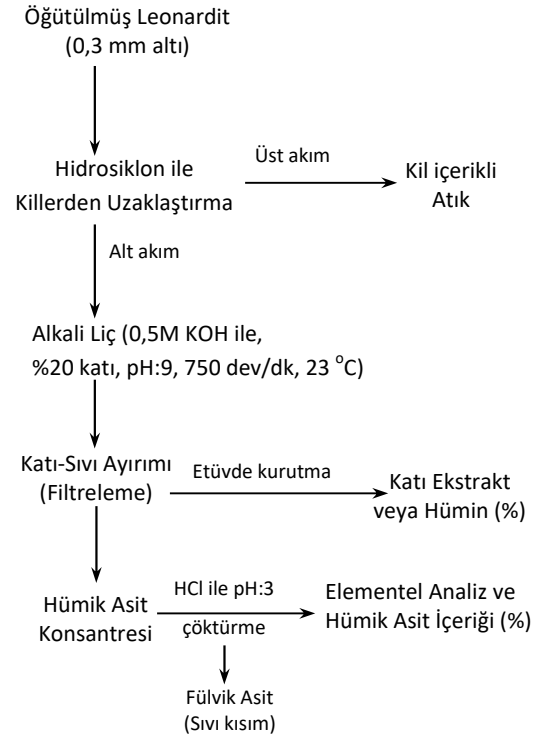
Literatürde leonarditin ön zenginleştirilmesinin hümik asit verimine etkisini ortaya koyan bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada Türkiye-Uşak bölgesinde çıkarılan leonardit cevherinden, Kreulen yöntemiyle humat üretiminde safsızlık olarak bulunan kil minerallerin hidrosiklon ile uzaklaştırıldıktan sonraki potasyum hidroksitli (KOH) ortamda liç verimleri araştırılmıştır. Burada hedef, zaten ekonomik olarak üretimi yapılabilen yatağın daha da ekonomik hale getirilmesine yöneliktir.



oranında, 0,5M KOH ile oda sıcaklığında (23°C), 60 dk karıştırma süresi ve 750 dev/dk karıştırma hızında %62,5 içerikli hümik asit alınmasının mümkün olduğu belirlenmiştir (Bentli vd. 2015). Bu yöntemle göre 0,5 lt beher içerisinde %20 katı konsantrasyonunda hazırlanan çözelti-leonardit karışımına, pH:9 olacak şekilde 0,5M KOH çözeltisi yavaş yavaş ilave edilerek, manyetik karıştırıcıyla belirli sıcaklık ve sürelerde liç işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sonrasında leonardit-çözelti karışımı ince filtre kâğıdı kullanılarak süzülmesi ve hümik asit içeren süzüntü ayrılmıştır. Süzülen çözeltiye pH:3 olacak şekilde HCl ilave edilerek hümik asitin çökmesi sağlanmıştır. Bu çökelek etüvde kurutmakta, tartılmakta ve elementel analizi yapılmak üzere ayrılmaktadır. Bu ağırlık ilk leonardit miktarına oranlanarak hümik asit verimi (%) hesaplanmaktadır. Süzülen çözeltiye HCl ilave edildikten sonra çökmeden kalan sıvı kısımda fülvik asit bulunmaktadır. Genellikle fülvik asit miktarı en fazla %10 olduğundan analizi yapılmamaktadır. Süzgeç kâğıdı üzerinde kalan katı hümik (eksrakt) ise etüvde düşük sıcaklıkta sabit tartıma gelene kadar kurutulmakta ve tartılmaktadır. Ağırlıkça başlangıçtaki leonardit numunesi miktarına oranlanarak yüzde hümik (ekstrakt) verimi hesaplanmaktadır (Özkan 2007, Özkan ve Özkan 2017, Birinci ve Şentürk 2021). Hümik asit analizinde yukarıda anlatılan gravimetrik yöntem dışında, sert kömürlerde hümik asit analizine dayalı TSE 5896 sayılı titrimetrik ve kolorimetrik olmak üzere üç yöntem bulunmaktadır. Hümik asit tayininde uluslararası düzeyde kabul görmüş standart bir yöntem bulunmadığı, Uluslararası Hümik Maddeler Birliği (IHSS)'nin metodunun ise hassas olmasına karşın zor, pahalı ve uzun zaman alan bir yöntem olduğu bildirilmektedir (Kalinbacak ve Madenoğlu 2012). Lamar ve Talbot (2009), Kalinbacak ve Madenoğlu (2012) hümik asit analiz yöntemleri arasında birbiriyle istatistik olarak uyuşmayan sonuçlar bulmuşlardır. Lamar vd. (2014) bu durumu önlemek amacıyla hümik ve fülvik asit analizi için standart bir yöntem önermektedir. Literatürde endüstriyel kullanımı için sadece hümik asit veriminin önemli olmadığı, aynı zamanda kromatografik ve spektroskopik yöntemlerle hümik asit karakterizasyonun da

yapılmasının gerekli olduğu açıklanmaktadır (Ricca vd. 1993, Olivella vd. 2002, Allard ve Derenne 2007, Ağaçayak 2019, Sarlaki vd. 2020).

Bu çalışmada, leonardit içerisinde safsızlık olarak bulunan montmorillonit ve kaolinit içerikli kil minerallerinin hidrosiklon ile uzaklaştırılması ile humat ve hümin (eksrakt) verimlerinin artırılması amaçlanmıştır. Böylece daha az alkali kullanımı, hümik asit içeriğinde artış ve değerli liç çözeltisinin süzülmesinde zorlukların aşılması hedeflenmektedir. Hümik asit tesislerinde en önemli sorun, alkali liç işleminden sonra çözeltinin jel oluşturması ve çökeltinin çok ince boyutta olması nedeniyle filtreyi tıkayarak katı-sıvı ayırımı zorluklar yaşatmasıdır. Tasarlanan bu yöntemle liç öncesi filtreleri tıkayan kil minerallerinin uzaklaştırılması sayesinde tesiste yaşanan sorunlara çözüm getirilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada takip edilen yol Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Alkali liç işlemi ile humat üretimi akım şeması.

### 3. Bulgular

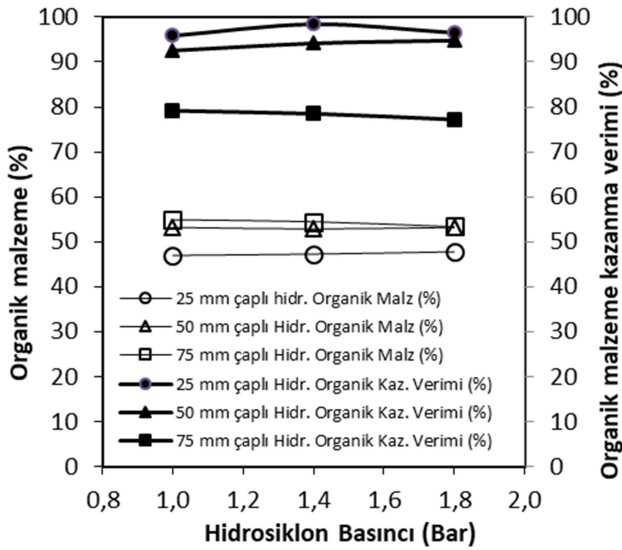
#### 3.1 Hidrosiklon zenginleştirilmesi

Leonardit içerisinde safsızlık olarak bulunan montmorillonit tipi kil minerallerinin hidrosiklon ile uzaklaştırılması amacıyla AKW tipi pilot ölçekli

hidrosiklon ünitesi kullanılmıştır. %30 katı oranı sabit tutularak 25 mm, 50 mm ve 75 mm çapında hidrosiklon ile farklı basınçlarda elde edilen organik malzeme kazanımının değişimi Şekil 3'de gösterilmiştir. Hesaplama organik malzeme oranı, ürünlerdeki kül içeriklerinin çıkarılmasıyla hesaplanmıştır. Organik malzeme kazanma verimi (%) ise aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\%V_o = \frac{K*(100-Kül_K)}{B*(100-ül_B)} * 100 \quad (1)$$

- K : Hidrosiklon alt akım miktarı (%)  
 Kül<sub>K</sub> : Hidrosiklon alt akımının külü (%)  
 B : Besleme miktarı (%)  
 Kül<sub>B</sub> : Beslemenin külü (%)  
 V : Organik malzeme kazanma verimi (%)  
 100-Kül : Organik malzeme (%)



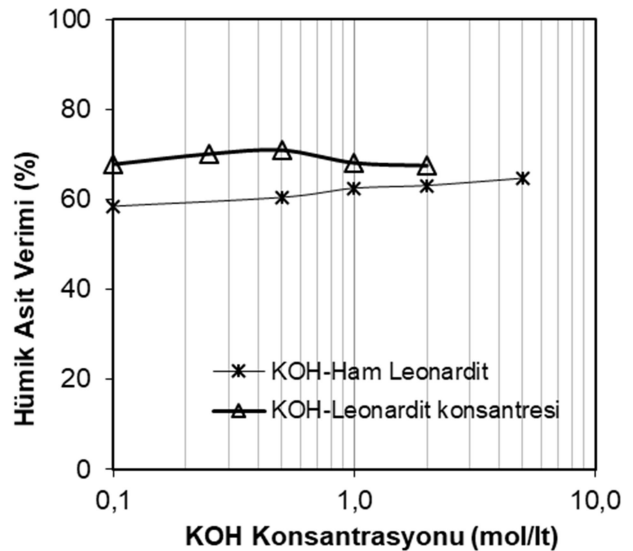
Şekil 3. Farklı hidrosiklon çap ve basınçlarından elde edilen organik kısım kazanımı değişimi.

Şekil 3'e göre en yüksek organik malzeme oranı 75 mm çaplı hidrosiklon ile elde edilirken, organik kısım kazanma verimi nispeten düşük kalmıştır. Siklon basıncı ve kapasitesini göz önünde bulundurarak, optimum 50 mm çaplı siklon ve 1,4 Bar basıncında organik malzeme ve kazanımı elde edildiği anlaşılmaktadır. Bu çalışma koşulunda %53 organik kısım %94,2 oranında kazanılmaktadır. Hidrosiklon ile kilinden uzaklaştırılan bu ön leonardit konsantresi, KOH ile aynı şartlarda alkali liç işlemine tabi tutulmuştur. Hidrosiklon dışında kil

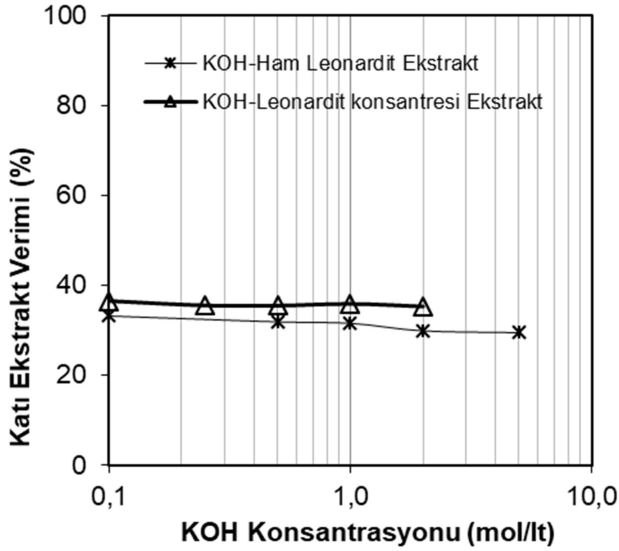
uzaklaştırmanın mekanik karıştırma+sınıflandırma (Kalaycı vd. 2021) ve özellikle flotasyon (Firth ve Nicol 1981) yöntemleriyle karşılaştırılmasında faydalar görülmektedir.

### 3.2 Alkali liç işlemi

Ham leonardit ve hidrosiklon yapıldıktan sonra elde edilen leonardit konsantresinin daha önce belirtilen sabit şartlarda, KOH derişimine bağlı olarak %Hümik asit kazanım değişimi Şekil 4'de gösterilmektedir. Şekil 4'de görüldüğü gibi hidrosiklonla kil safsızlıklarının uzaklaştırılmasının hümik asit kazanımı üzerine, tüm konsantrasyonlarda %5-11,5 arasında iyileştirme sağladığı belirlenmiştir. Hümik asit veriminde iyileştirmenin nispeten sınırlı kalmasına rağmen, tesiste sağlayacağı faydaların iyi etüt edilmesi gerektiği açıktır. Şekil 5'de kil minerallerinin uzaklaştırılmasının ekstrakt verimini arttırdığı, diğer bir deyişle filtrelemeyi kolaylaştıracağı anlaşılmaktadır. Ayrıca KOH ile hümik asit üretiminde literatürde açıklanan kaotik karıştırma sistemlerinin denenmesinde ve diğer kil uzaklaştırma yöntemleriyle karşılaştırmanın yollarının aranmasında faydalar görülmektedir.

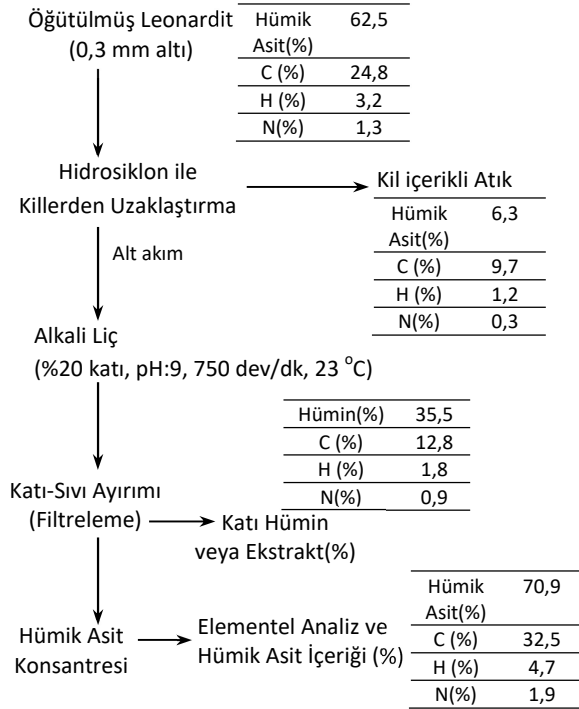


Şekil 4. Ham leonardit ve hidrosiklon konsantresiyle KOH derişimine bağlı olarak hümik asit kazanımı.



Şekil 5. Ham leonardit ve hidrosiklon konsantresiyle KOH derişimine bağlı olarak ekstrakt verimi değişimi.

Organik gübre elde etmek amacıyla gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları, Şekil 6'da akım şeması üzerinde verilmektedir.



Şekil 6. Alkali liç işlemi ile humat üretimi akım şeması.

Şekil 6'dan anlaşılacağı üzere, alkali liç yapılan ham leonardit numunesinden %62,5 hümik asit ve bunun elementel analizinden %24,8 C, %1,3 N ve hesapla C/N= 19,1 elde edilmiştir. Bu durumda Çizelge 1'e göre orta kaliteli (%50-65 hümik asit ve  $18 < C/N < 20$ ) bir organik sıvı üretilmiştir. Hidrosiklon

ile kili uzaklaştırılan leonardit konsantresinin alkali liç işlemiyle %70,9 hümik asit, %32,5 C, %1,9 N'a yükseltilmiş ve C/N=17,1 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuca göre hidrosiklon ile ön zenginleştirilen leonardit konsantresinden yüksek kaliteli (%65-85 hümik asit ve  $16 < C/N < 18$ ) organik sıvı üretilmiştir. Hümik asit içeriğinde C/N oranının 20,6'dan 17,1'e düşmesi ve hümik asit içeriğinin %62,5'den %70,9'a yükselmesi önemli bir bulgudur. Bu değerlendirmelerin sadece hümik asit içeriğine göre yapıldığı, az miktarda (maksimum %10) da olsa fülvik asit içeriğinin de ilave edilerek yorumlanması gerektiği unutulmamalıdır.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Ticari olarak organik gübre üretilen leonardit hammaddesinin daha ekonomik ve kaliteli hale getirilmesi amacıyla bir dizi araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Karakterizasyon çalışmaları sonucunda leonarditle beraber kil mineralleri olarak montmorillonit ve kaolinit minerallerinin bulunduğu ve üretiminde süzme sırasında sorunların bundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Kil minerallerinin hidrosiklon ile uzaklaştırılmasından sonra, KOH ile hümik asit kazanımında tüm konsantrasyonlarda %5 ile %11,5 arasında artışlar tespit edilmiştir. Ayrıca kilin uzaklaştırılmasıyla süzme sırasında filtrelerin tıkanması da önlenmiş olacaktır. Hümik asit içeriğinde toprağa faydalı olan azot oranındaki artış önemlidir. Hidrosiklon dışında diğer kil uzaklaştırma yöntemlerinin, hümik asit ve ekstrakt verimini arttırıcı araştırmaların ve hümik asit kalitesini belirleyen analizlerin yapılması gerektiği anlaşılmaktadır.

#### 5. Kaynaklar

- Ağaçayak, Y., 2019. Hümik maddelerin leonarditlerden ekstraksiyonu ve hümik asit içeriklerinin infrared spektroskopisi ile incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 60.
- Allard, B. ve Derenne, S., 2007. Oxidation of humic acids from an agricultural soil and a lignite deposit: analysis of lipophilic and hydrophilic products, *Organic Geochemistry*, **38**, 12, 2036-2057.

- Ay, F., 2015. Hümik asit ve hümik asit kaynaklarının jeolojik ve ekonomik önemi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, **36**, 1, 28-51.
- Aylen, P.B., Simandl, G.J. ve Simandl, J., 2000. Leonardite at Red Lake Deposit, British Columbia, Industrial Minerals with emphasis on Weatern Nort America, Canada, 239-242.
- Bentli, İ., Demir U., Karağaçlıoğlu, İ.E. ve Çelik, M.S., 2015. Tarımsal verimi arttırmada leonarditten alkali liç yöntemiyle hümik asit üretimi, *9.Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, Eds: Cöcen, Seyrankaya, Tufan, İzmir, 363-369.
- Birinci M. ve Şentürk K., 2021. Arguvan (Malatya) linyitinden hümik asit ekstraksiyonu ve kömür yıkamanın Etkisi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **11**, 3, 2133-2141.
- Demir, U. ve Bentli, İ., 2011. Tarımsal verimi arttırmada önemli bir hammadde; Leonardit, 4. Madencilik ve Çevre Sempozyumu, Eds: Onur, Konak, Tanrıverdi, Karakuş, Özdoğan, İzmir, 323-331.
- Demirbaş, A., 2002. Humic acid derivatives (HAD) from low rank Turkish brown coals, *Energy Sources*, **24**, 2, 127-133.
- Demirbaş, A., 2003. Characterization of humic substances from lignite samples, *Energy Sources*, **25**, 1, 23-32.
- Engin, V.T. ve Cöcen, E.İ., 2012. Leonardit ve hümik maddeler, *MT Bilimsel Yer altı Kaynakları Dergisi*, **1**, 2, 13-20.
- Fırat, C., Bentli, İ. ve Korkmaz, A.A., 2018. Production of Organic Fertilizer from Humic Deposit (Gyttja) by Alkaline Leaching, *16th International Mineral Processing Symposium, IMP2018*, Eds: Arol, Atalay, Altun, Antalya, 274-278.
- Firth, B.A. ve Nicol, S.K., 1981. The influence of humic materials on the flotation of Coal, *International Journal of Mineral Processing*, **8**, 239-248.
- Francioso O., Ciavatta C., Montecchio D., Tugnoli V., Sanchez-Cortes S. ve Gessa C., 2003. Quantitative estimation of peat, brown coal and lignite humic acids sing chemical paremeters, 1H-NMR and DTA analyses. *Bioresource Technology*, **88**, 3, 189-195.
- Giannouli, A., Kalaitzidis, S., Siavalas, G., Chatziapostolou, A., Christanis, K., Papazisimou. S., Papanicolaou, C. ve 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**, 3-4, 383-393.
- Kalaycı, O., Pehlivan İ. ve Çoşkun, S., 2021. Humik asit üretiminde kullanılan karıştırıcıların kaotik sistemler ile performanslarının iyileştirilmesi, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, **9**, 3, 508-514.
- Kalınbacak, K. ve Madenoğlu, S., 2012. Organik materyallerde bazı humik asit analiz yöntemlerinin karşılaştırılması ve uygun yöntemlerin seçimi, *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi*, **14**, 1, 499-508.
- Karaca, A., Turgay O.C. ve Tamer N., 2006. Effect of humic deposit (gyttja) on soil chemical and microbiological properties and heavy metal availability, *Biology Fertility Soils*, **42**, 6, 585-592.
- Kemal, A. ve Arslan, V., 2010. Kömür Teknolojisi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:033, İzmir, 1-214.
- Kolay, B., Gürsoy, S., Avşar, Ö., Bayram, N., Öztürkmen, A.R., Aydemir, S. ve Aktaş, H., 2016. Buğday bitkisine uygulanan farklı miktarlarda leonarditin bazı toprak özelliklerine etkisi, *Toprak Su Dergisi*, **5**, 2, 32-36.
- Kural, O., 1991. Kömür, Bölüm:27 Diğer önemli karbonlu maddelerin tanıtımı, Ed: Orhan Kural İstanbul, 842-872.
- Kurt, H. ve Arık, F., 2007. Mineraloji. Nobel Yayın No:1190, Ankara, 155-157.
- Lamar, R.T. ve Talbot, K.H., 2009. Critical comparison of humic acid test methods, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **40**, 15-16, 2309-2322
- Lamar, R.T., Olk, D.C., Mayhew, L. ve Bloom, P.R., 2014. New Standardized Method for Quantification of Humic and Fulvic Acids in Humic Ores and Commercial Products, *Journal of AOAC International*, **97**, 3, 721-730.
- Lobartini, J.C., Tan, K.H., Rema, J.A., Gingle, A.R., Pape, C. ve Himmelsbach, D.S., 1992. The geochemical nature and agricultural importance of commercial humic matter, *Science of the Total Environment*, **113**, 1-2, 1-15.
- Namlı, A., Akça, M.O. ve Akça, H., 2017. EÜAŞ Afşin-Elbistan havzası Kışlaköy linyit işletmesinde bulunan organik materyallerin tarımda kullanım olanaklarının belirlenmesi, *Toprak Su Dergisi*, Özel sayı, 46-54.
- Namlı, A., Akça, M.O. ve Akça, H., 2019. Afşin-Elbistan havzası linyit işletmesi organik materyallerinden geliştirilen organik ve organomineral gübrelerin buğday verimi ve verim bileşenleri ile bazı toprak özellikleri üzerine etkileri, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, **7**, 1, 10-20.
- Olivella, M.A., del Rio J.C., Palacios J., Vairavamurthy M.A. ve de las Heras F.X.C., 2002. Characterization of humic acid from leonardite coal: an integrated study of PY-GC-MS, XPS and XANES techniques, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, **63**, 1, 59-68.
- Özkan, S. ve Özkan Ş.G., 2017. Investigation of humate extraction from lignites, *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, **37**, 6, 285-292.
- Özkan, S., 2007. Türk linyitlerinden hümik asit ve gübre üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara , 88 s.
- Pehlivan, E. ve Arslan, G., 2006. Comparison of adsorption capacity of young brown coals and humic acids prepared from different coal mines in Anatolia, *Journal of Hazardous Materials*, **B138**, 401-408.
- Piccolo, A. ve Mbagwu, J.S.C., 1989. Effects of humic substances and surfactants on the stability of soil aggregates, *Soil Science*, **147**, 1, 47-54.
- Piccolo, A., Pietramellara, G. ve Mbagwu, J.S.C., 1997. Reduction in soil loss from erosionsusceptible soils

- amended with humic substances from oxidized coal, *Soil Technology*, **10**, 3, 235-245.
- Ricca, G., Federico, L., Astori, C. ve Gallo, R., 1993. Structural investigations of humic acid from leonardite by spectroscopic methods and thermal analysis, *Geoderma*, **57**, 3, 263-274.
- Sarlaki, E., Paghaleh, A.S., Kianmehr, M.H. ve Vakilian, K.A., 2020. Chemical, spectral and morphological characterization of humic acids extracted and membrane purified from lignite, *Chemistry&Chemical Technology*, **14**, 3, 353–361.
- Turgay O. C., Karaca, A., Unver, S. ve Tamer N., 2011. Effects of coal- derived humic substance on some soil properties and bread wheat yield, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **42**, 9, 1050-1070.
- Yıldırım, M. ve Özbayoğlu G., 1997. Production of ammonium nitrohumate from Elbistan lignite and its use as a coal binder, *Fuel*, **76**, 5, 385-389.
- Yıldırım, M., 2001. Elbistan linyitinin havada değişik sıcaklıklarda oksitlenmesi, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, **25**, 219-224.
- Young R.W. ve Frost C.M., 1963. Humic acid from leonardite, a soil conditioner and organic fertilizer, American Chemical Society, *Division of Fuel Chemistry*, **7**, 12-17.
- Zara, M., Ahmad, Z., Akhtar, J., Shahzad, K., Sheikh, N. ve 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.