

Remove of Color Minerals from Malatya (Orduzu)-Turkey Feldspar Ores by Magnetic Separation

Ismail Bentli (Corresponding Author)

Inonu University, Mining Engineering Department, Main Campus, 44280, Malatya-Turkey
E-mail: ismail.bentli@inonu.edu.tr

Muhammed Sener

Inonu University, Mining Engineering Department, Main Campus, 44280, Malatya-Turkey
E-mail: musener@gmail.com

Cumali Firat

Inonu University, Mining Engineering Department, Main Campus, 44280, Malatya-Turkey
E-mail: cmlfrt_93@hotmail.com

Tekin Karaagac

Inonu University, Mining Engineering Department, Main Campus, 44280, Malatya-Turkey
E-mail: tekin.karaagac@hotmail.com

Ibrahim Harir

Inonu University, Mining Engineering Department, Main Campus, 44280, Malatya-Turkey
E-mail: ibrahim_harir@hotmail.com

Mustafa Birinci

Inonu University, Mining Engineering Department, Main Campus, 44280, Malatya-Turkey
E-mail: mustafa.birinci@inonu.edu.tr

Bu araştırma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBA-2017-612 numaralı proje ile finanse edilmiştir.

Abstract

This research aims to beneficiate feldspar ore, an important raw material used in ceramics and glass industries, by removing the contained impurities. For this purpose, chemical, mineralogical and magnetic separation studies were carried out on Malatya (Orduzu)-Turkey feldspar ore.

The XRD analysis on the ore sample were identified the presence of albite, microcline, quartz, rutile, ilmenite, biotite and magnetite minerals. Liberation analysis conducted by optical microscope revealed that the feldspar minerals are liberated by 65%, %81 and %88 when crushed below 2 mm, 0,85 mm, 0,212 mm, respectively.

For economic reasons it was decided to remove magnetic minerals (e.g., rutile, biotite, magnetite) by drum magnetic separations. Due to economical processing, the magnetic minerals (such as magnetite and rutile) were removed from the ore by drum wet and dry low field intensity magnetic separation in terms of % $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \% \text{TiO}_2$ and metal recovery. It was found that the concentration of coloring impurities $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ could be reduced to 1,30% by feed of % 1,56 when a low intensity drum type wet magnetic separator was utilized to metal removal efficiency of %27,74.

It was deduced that the magnetic concentrate was not suitable to be used in glass industry. However, the method was suitable for pre-concentration of feldspar because of a little amount of magnetic minerals and high % $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \% \text{TiO}_2$ in waste. To produce feldspar concentrate for glass and porcelain industry, the magnetic separation could be used pre-concentration to increase the success of flotation.

Keywords: Feldspar, magnetic separation, glass industry, coloring minerals.

Malatya (Orduzu)-Türkiye Feldspat Cevherinden Manyetik Ayırmayla Renkli Minerallerin Uzaklaştırılması

Özet

Bu araştırma, seramik ve cam sanayi için önemli bir hammadde olan feldspat cevherlerinden renkli minerallerin uzaklaştırılmasını amaçlamaktadır. Bu amaca yönelik olarak, Malatya (Orduzu)-Türkiye feldspatları üzerinde kimyasal, mineralojik ve manyetik ayırma çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Malatya (Orduzu) feldspat cevherleri üzerinde yapılan XRD analizleri sonucunda albit, mikroklin, kuvars, rutil, ilmenit, manyetit ve biotit minerallerinin varlığı tespit edilmiştir. Optik mikroskop ile yapılan serbestleşme analizleri sonucunda 2 mm, 0,85 mm ve 0,212 mm atında sırasıyla %65, %81 ve %88 oranında serbestleşmenin olduğu belirlenmiştir.

Ekonomik ayırım yaptığından dolayı, manyetik minerallerin (biotit, manyetit, rutil vb.) düşük alan şiddetli tamburlu yaş ve kuru manyetik ayırma ile uzaklaştırılabilirliği, %Fe₂O₃+%TiO₂ ve metal kazanma verimi açısından araştırılmıştır. Besleme tenörü %1,56 Fe₂O₃+TiO₂ olan renk verici minerallerin düşük alan şiddetli kuru manyetik ayırmayla %23,40 metal uzaklaştırma verimiyle %1,45'e, yaş manyetik ayırmayla %27,74 metal uzaklaştırma verimiyle %1,30'a indirilebildiği belirlenmiştir.

Bu sonuçlara göre, düşük alan şiddetli manyetik ayırıcılarla cam endüstrisi için satılabilir bir konsantr elde etmenin mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak manyetik minerallerin atıkta miktarının az ve %Fe₂O₃+%TiO₂'ün yüksek olması manyetik ayırmanın ön zenginleştirme olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Cam ve porselen sanayi için feldspat konsantrisi üretmek için, flotasyonun başarısını arttırmak amacıyla manyetik ayırmanın ön zenginleştirme olarak kullanılabilceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Feldspat, manyetik ayırma, cam sanayi, renk verici mineraller

1. Giriş

Yerkabuğunun %60-65'ini oluşturan feldspatlar, yapıları ve özellikleri birbirine oldukça benzeyen, susuz alüminasilikatlardır. Albit (NaAlSi₃O₈), ortoklaz/mikroklin (KAlSi₃O₈) ve anortit (CaAl₂Si₂O₈) olmak üzere bileşimindeki Na, K veya Ca'ya bağlı olarak adlandırılan bu üç farklı mineral, feldspat grubunun en önemli mineralleridir. Dünyada ticari anortit yatakları pek fazla bulunmadığından asıl feldspat üretimini albit ve ortoklaz/mikroklin mineralleri oluşturmaktadır (Bayraktar vd., 2001).

Sodyum ve potasyum feldspatın en çok kullanıldığı alanlar cam ve seramik sanayiidir. Cam sanayi için tanelerin 250 mikronun altında ve maksimum %0,4 Fe₂O₃ ile %0,2 TiO₂ içeriğine sahip olması istenmektedir (Feldspat raporu, 2010). Feldspat mineralleri cam hammaddesinde esas olarak alümina kaynağı olarak yer alır. Alümina, camın saydam bir yapıda kalmasını ve camın kimyasal duraylılığını sağlayarak, çizilme, bükülme, kırılma ve termal şoklara dayanıklılık kazandırır (Sailer, 1999). Ayrıca alkali içeriği erime (sinterleşme) sıcaklığını düşürür ve pişme ya da erime süresinin kısalmasını sağlar. Bunun sonucu olarak da gerekli enerji azalarak üretim kapasitesi artırılmış olur (Bayraktar vd., 2001).

Günümüzde teknolojik açıdan ocaktan çıkarıldığı gibi kullanım alanı bulan feldspat rezervleri hızla tükenmektedir. Geride feldspatların oluşumu sürecinde çeşitli safsızlıklar içeren daha düşük kalitede rezervler kalmıştır. Bunun sonucu olarak cevherin tenörüne, kalitesine ve özelliklerine bağlı olarak etkili yöntemin flotasyon olduğu, bunun yanında manyetik/elektrostatik ayırma, yoğunluğa dayalı zenginleştirme yöntemlerinin de uygulandığı bilinmektedir.

Feldspatlar Türkiye'de yaygın olarak bulunmakla birlikte çoğunlukla safsızlık olarak rutil, sfen, mika, vb. demir ve titan mineralleri içermekte ve kullanılabilmeleri için bu safsızlıklardan temizlenerek alkali içerikleri açısından zenginleştirilmeleri gerekmektedir (Bayraktar vd., 1998). Bu amaçla yapılan flotasyon dışında yapılan çalışmalar incelendiğinde; Iverson (1932) tarafından sallantılı masa kullanılarak yapılan bir çalışmada, feldspat minerali içerisindeki demir kaynağını oluşturan mika minerallerinin feldspat ve kuvars minerallerinden ayrılması sağlanmış, ancak bu yöntem o yıllarda endüstri alanında kullanım alanı bulamamıştır.

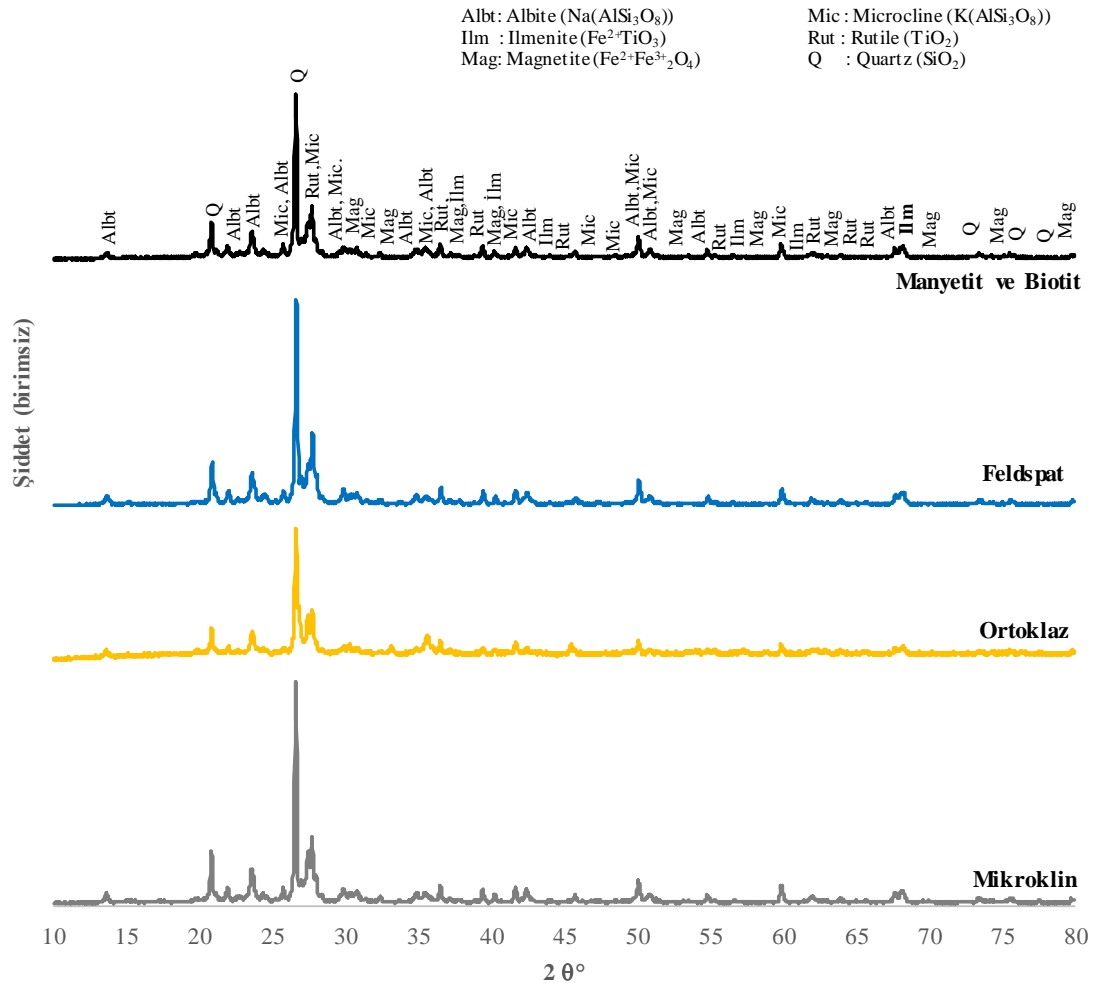
Adair vd. (1951) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise, spiral zenginleştirici kullanılarak mika minerallerinin feldspat, kuvars ve kaolin minerallerinden etkili bir biçimde ayrılması sağlanmış ve mika minerallerinin zenginleştirme yöntemi olarak endüstride kullanım alanı bulmuştur. Browning (1973) tarafından yapılan bir çalışmada, mika zenginleştirmesinde flotasyon öncesi uygulanan spiral zenginleştiricinin flotasyon beslemesindeki mika miktarını %35,2'den %16,5'e düşürdüğü belirtilmiştir. Kademli ve Gülsoy (2004) tarafından yapılan bir çalışmada ise, feldspat cevherinden mikanın spiral

zenginleştirici ile uzaklaştırılabileceği, elde edilen konsantrenin cam sanayi için gerekli sınırlar içinde kaldığı, ayrıca seramik sanayine yönelik flotasyon ön konsantresi olarak kullanılabilirdiği belirtilmiştir. Gence (2003) tarafından Simav (Kütahya-Türkiye) feldspatları ile yapılan başka bir çalışmada, feldspat cevherinin zenginleştirilmesinde flotasyon yöntemi ile özgül ağırlık farkına dayanan yöntemlerden olan multi gravite seperatör (MGS) yönteminin karşılaştırılması yapılmış, tenör ve verim açısından MGS'nin daha üstün olduğu belirtilmiştir. Bununla beraber Zhang vd. (2018) feldspat zenginleştirilmesi ile ilgili günümüze kadar yapılan tüm çalışmaları derlemişlerdir.

Bu çalışmada, Malatya-Orduzu feldspat cevherlerinden safsızlıkların uzaklaştırılması amacıyla flotasyona gerek kalmadan manyetik ayırma yönteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

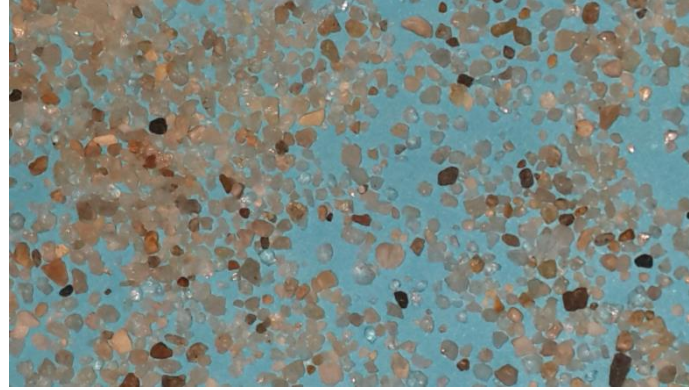
Bu çalışmada kullanılan hammadde Malatya (Orduzu)-Türkiye yöresi feldspat cevherleridir. Cevher örneklerinin tanımlanması için XRD ve LF300 analizlerinden yararlanılmıştır. XRD analizi Rikagu Miniflex 600 cihazıyla 5°/dk çekim hızında, 10-80° aralığında ve $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda=1,54056 \text{ \AA}$) şartlarında gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de gösterilen XRD analiz sonuçlarına göre, cevher mikrolin, albit, rutil, manyetit, biotit, ilmenit ve kuvars minerallerinden oluşmaktadır. Şekil 1'de cevher içinden elle seçilen saf minerallerin pikleri verilmektedir. Bentli vd. (2016)'ya göre verilen sonuçla karşılaştırıldığında cevherde hematit yerine manyetit pikleri belirlenmiştir. Buna bağlı olarak manyetik ayırma yöntemiyle manyetitlerin uzaklaştırılması mümkündür. ACME Lab (Bureau Veritas Mineral Laboratories, Kanada) tarafından yapılan LF300 analiz sonuçlarına göre Malatya-Orduzu feldspat cevheri; %71,10 SiO_2 , %14,70 Al_2O_3 , %3,12 Na_2O , %3,82 K_2O , %1,43 F_2O_3 , %0,13 TiO_2 , %0,54 MgO , %1,51 CaO ve %2,9 ateş zaiyatı içermektedir. Yeterince büyük rezerve sahip olmasının (Önal, 2008) yanı sıra elde edilen analiz sonuçlarına göre, Malatya (Orduzu)-Türkiye feldspat cevherinden renkli mineraller uzaklaştırılması durumunda, cam sanayi için iyi bir hammadde olacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 1. Feldspat mineralleri içinde elle seçilen saf minerallerin XRD pikleri

3. Sonuçlar ve neriler

Optik mikroskopta yapılan tane sayımında feldspat cevherinden renkli minerallerin, 2 mm, 0,85 mm, 0,212 mm altında sırasıyla %65, %81 ve %88 oranında serbestleşme tespit edilmiştir. Serbestleşme sonuçları Bentli vd. (2016) tarafından verilen sonuçla karşılaştırıldığında, feldspat cevherinin serbestleşme boyutlarının birbirleriyle uyumlu olduğu anlaşılmaktadır. Tanelerin optik mikroskopta görüntüsü Şekil 2’de gösterilmektedir.



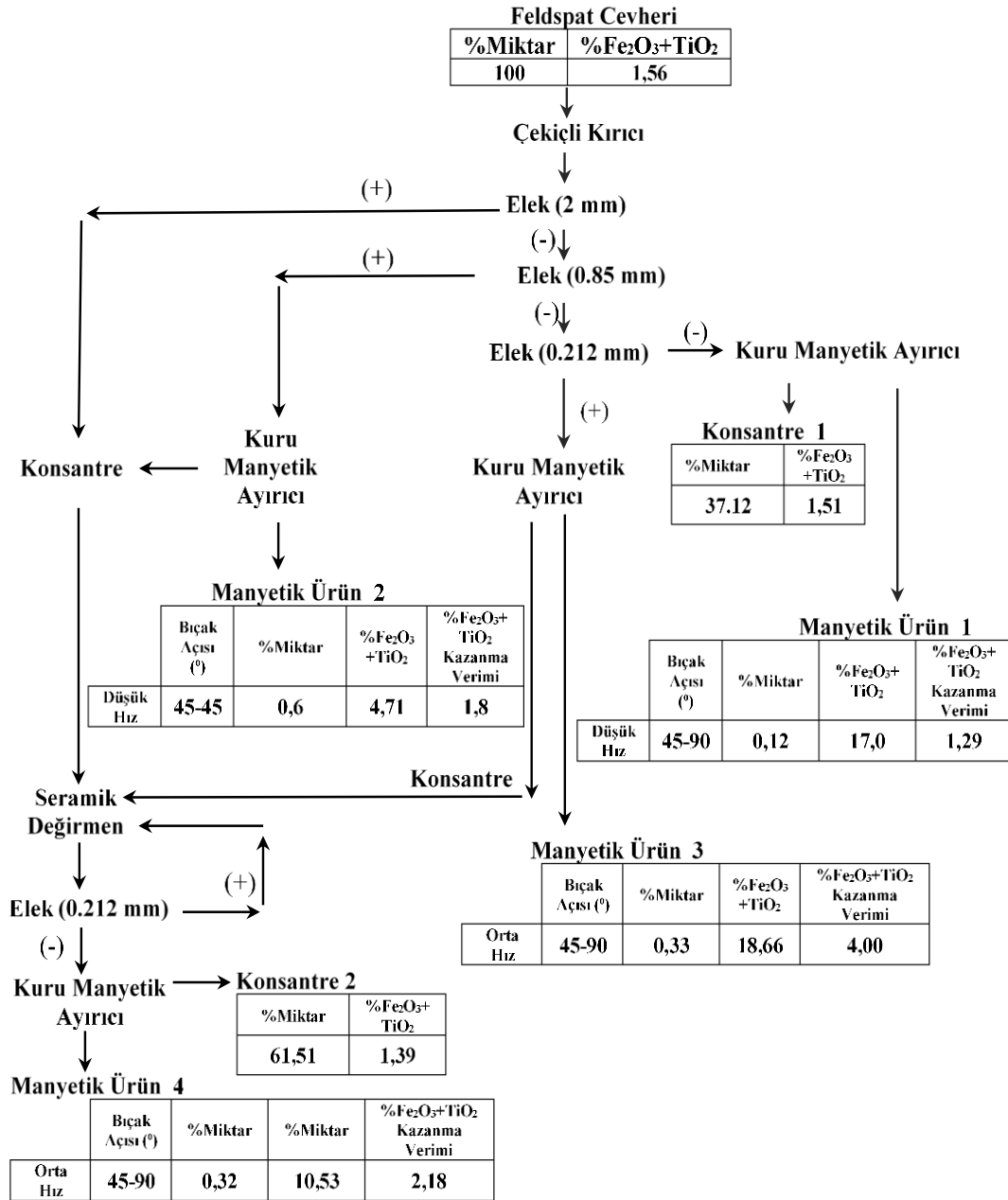
a)



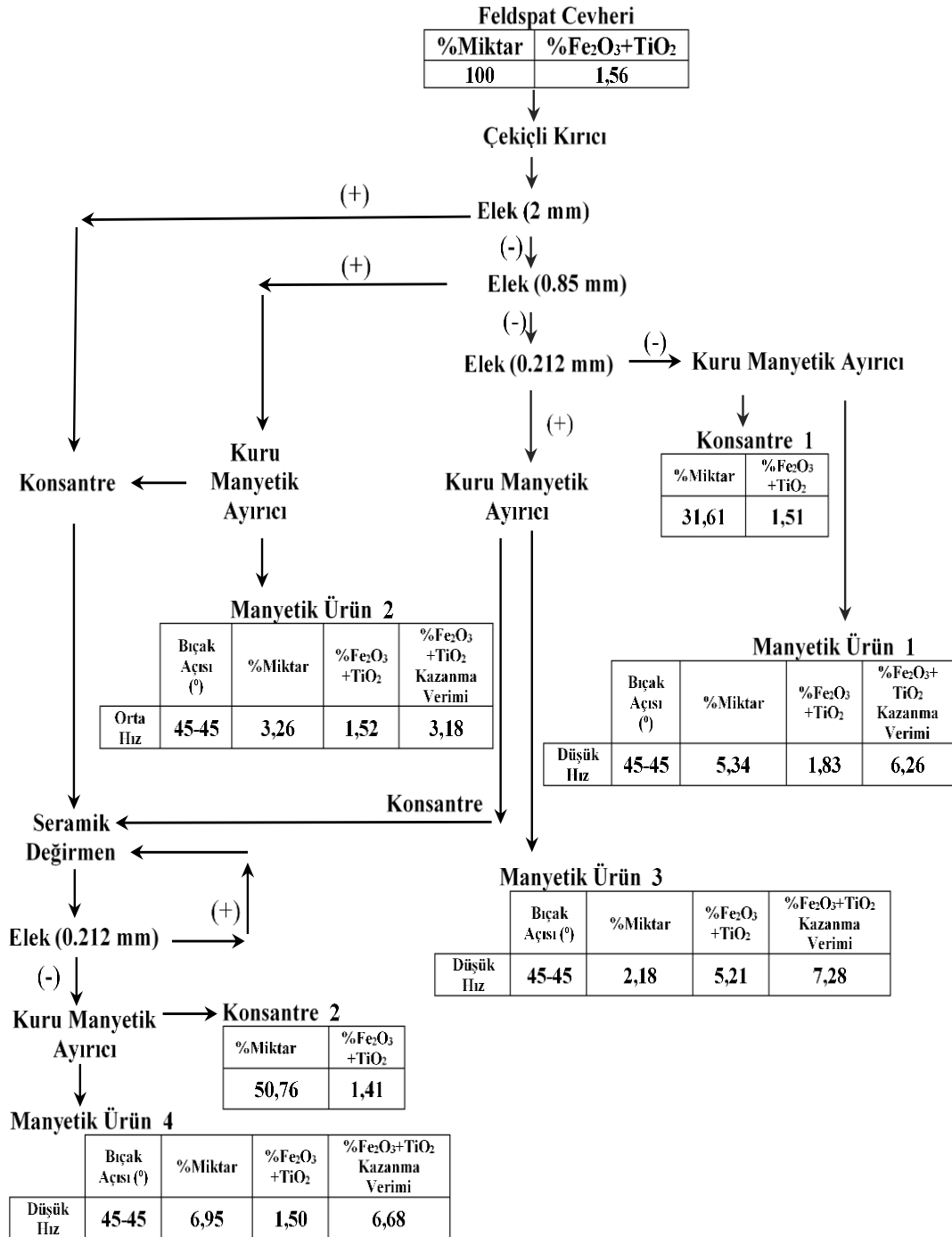
b)

Şekil 2. Optik mikroskopta tanelerin görüntüsü: a) Beslenen malzeme, b) Manyetik ürün

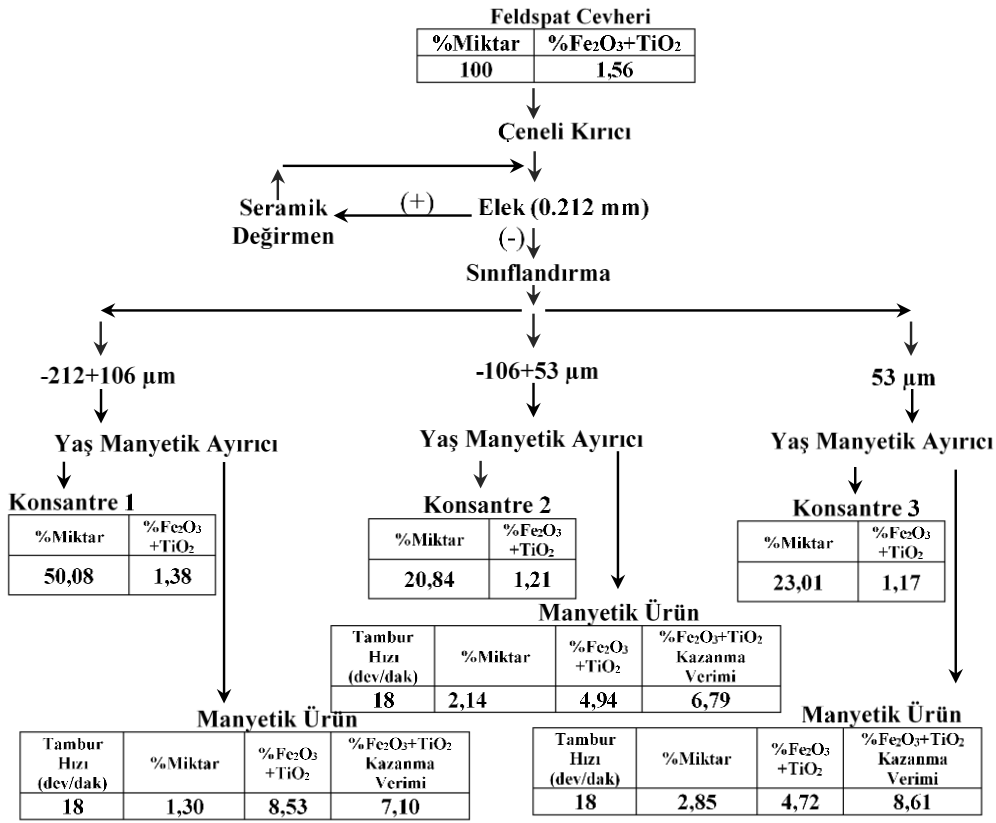
Malatya-Orduzu Feldspat cevheri üzerinde renkli minerallerin (özellikle manyetit, biotit ve ilmenit) uzaklaştırılması amacıyla yaş ve kuru manyetik ayırma çalışmaları yapılmıştır. Kuru manyetik ayırmada düşük alan şiddetli Boxmag Rapid marka tamburlu manyetik ayırıcı, yaş manyetik ayırmada ise, düşük alan şiddetli Veidmüller marka tamburlu yaş manyetik ayırıcı kullanılmıştır. Kuru tamburlu manyetik ayırıcıya 1000 Gauss manyetik alan şiddetinde, 0,1 kg/dk, besleme hızı sabit tutularak düşük (32 dev/dk), ve orta (48 dev/dk) tambur hızlarında sağ45°-sol45° ve sağ45°-sol90° bıçak ayarlarında denemeler gerçekleştirilmiştir. Yaş manyetik ayırıcı ise 600 Gauss manyetik alan şiddetinde, 0,1 kg/dk besleme hızı sabit tutularak düşük (18 dev/dk), orta (32 dev/dak) ve yüksek (48 dev/dak) tambur hızlarında deneyler yapılmıştır. Ağaç (dallanma) tekniği (Laskowski 2001, Karagüzel vd. 2006, Bentli vd. 2018) kullanılarak, Fe₂O₃+TiO₂ tenörünün ve manyetik ürün miktarının yüksekliğine göre kuru manyetik ayırma sonuçları Şekil 3 ve 4’de, yaş manyetik ayırma sonuçları ise Şekil 5 ve 6’da gösterilmiştir.



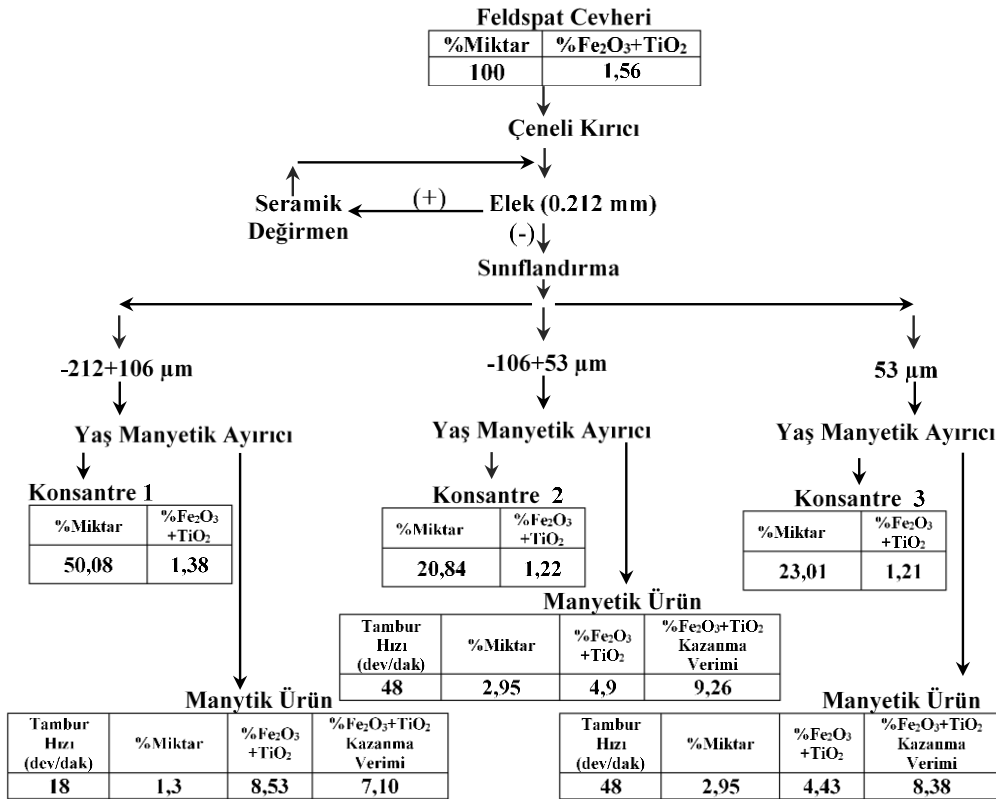
Şekil 3. Kuru manyetik ayırmada %Fe₂O₃+TiO₂'nin yüksek olduğu durumda ağaç tekniği



Şekil 4. Kuru manyetik ayırmada %miktarda yüksek olduğu durumda ağaç tekniği



Şekil 5. Yaş manyetik ayırmada %Fe₂O₃+TiO₂'nin yüksek olduğu durumda ağaç tekniği



Şekil 6. Yaş manyetik ayırmada %miktarın yüksek olduğu durumda ağaç tekniği

Kuru manyetik ayırmada manyetik üründe (artıkta) yüksek $Fe_2O_3+TiO_2$ tenörü göz önüne alındığında cevherden %9,27, miktar göz önüne alındığında ise cevherden %23,40 oranında $Fe_2O_3+TiO_2$ (renkli mineraller) uzaklaştırılabilmektedir. Yaş manyetik ayırmada ise manyetik üründe (artıkta) yüksek $Fe_2O_3+TiO_2$ tenöründe %22,50, manyetik ürün miktarının yüksek olduğu durumda %24,74 oranında $Fe_2O_3+TiO_2$ (renkli mineraller) giderilebilmektedir. Tercihen ayırma veriminin yüksekliğinden dolayı yaş manyetik ayırma ile çalışmanın daha gerçekçi olacağı belirlenmiştir.

Nihai olarak yaş manyetik ayırma kullanıldığında, %1,56 $Fe_2O_3+TiO_2$ olan besleme tenörü feldspat konsantrisinde hesapla %1,30 $Fe_2O_3+TiO_2$ tenörüne %24,74 uzaklaştırma verimiyle indirilebilmektedir. Endüstriyel bazda feldspat cevheri zenginleştirme akım şemalarında, ekonomiklik ve kolaylığından dolayı manyetik ayırmanın flotasyon öncesi ön konsantre alma açısından gerekli olduğu anlaşılmaktadır (Bayraktar vd, 2001) .

4. Kaynaklar

Adair, R., McDaniel, W.T., and Hudspeth, W.R., 1951, "A new method for recovery of flake mica" Mining Engineering, 3, 252-254.

Bayraktar İ., Ersaym, S., Gülsoy, Ö.Y., 1998, "Magnetic Separation and Flotation of Albite Ore", Innovations in Mineral and Coal Processing, pp. 315-318.

Bayraktar İ., Gülsoy Ö.Y., Can N.M., Orhan E.C., 2001. "Feldspatların Zenginleştirilmesi" 4.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu 118-19 Ekim, İzmir, 97-105.

Bentli, İ., Şener, M., Fırat, C., Karağaç, T., Harir, İ., Birinci M., 2018. Magnetic Separation of Color Minerals from Malatya-Turkey Feldspar Ores Used Tree Technique, 16th International Mineral Processing Symposium (IMPS 2018), 23-25 Oct 2018, Antalya, 92-96.

Bentli, İ., Turgut, A., Sis, H., 2016, Beneficiation of Malatya (Turkey) feldspar ores by magnetic separation and flotation, 15th International Mineral Processing Symposium and Exhibition, IMPS2016, Eds: Çelik, Acarkan, Sirkeci, 19-21 Oct 2016, İstanbul, 1166-1172.

Browning J. S., 1973, Mica Beneficiation, U.S. Bureau of Mines Bulletin 662, p. 21

Feldspat Raporu, 2010. TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara, Türkiye, 40 s.

Gence N., 2003, " Feldspat cevherinin zenginleştirilmesinde flotasyon ve multigravite seperatör yöntemlerinin karşılaştırılması", Anadolu Üniv. Bilim ve Teknoloji Dergisi, Cilt/Vol.:4 - Sayı/No: 1 : 67-74

Iverson, H.G., 1932, Separation of feldspar from quartz. Engineering and Mining Journal, 4, 227-229

Kademli M. ve Gülsoy Ö. Y., 2004, "Feldspat cevherinden mikanın spiral zenginleştirici ile uzaklaştırılması", Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 30, 81-90

Karaguzel, C., Gulgonul İ., Demir, C., Çınar, M., Celik, M.S., 2006, Concentration of K-feldspar from a pegmatitic feldspar ore by flotation, Int. J. Miner. Process. 81, 122–132.

Laskowski, J.S., 2001. Coal flotation and fine coal utilization. Elsevier, New York

Önal A., 2008. “Mineral chemistry, crystallization conditions and magma mixing-mingling at Orduzu volcano (Malatya), Eastern Anatolia, Turkey”, *Geological Journal*, 43, 95-116.

Sailer M., 1999, “In a state of flux - Feldspar and nepheline syenite reviewed”, *Industrial Minerals* pp.43-53

Zhang, Y., Hu Y., Sun, N., Liu, R., Wang, Z., Wang, L., Sun, W., 2018. “Systematic Review of Feldspar Beneficiation and its Comprehensive.” *Minerals Engineering*, 128: 141–152.