

C. Demir, B Ersoy & M.S Çelik

Fluorürlü Ortamda Na-Feldspat/K-Feldspat Ayırımı

C. Demir,
Karadeniz Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

B. Ersoy
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon

M.S. Çelik
İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET: Bu çalışmada, alkali metal iyonlarının florür (F) içeren düşük pH'larda Na-feldspat ve K-feldspatın selektif ayırımına etkisi araştırılmış ve ayırma işleminin öncelik sırası tartışılmıştır. Bildiride Na ve K iyonları ile saf albit, mikroklin ve kuvars mineralleriyle yapılan flotasyon çalışmalarına yer verilmiştir. Çalışmalar sonucunda Na iyonlarının alkali feldspat/plajiyoklas ve kuvars içeren sistemlerde selektif ayırımında kullanılabileceğini ve bu ayırımın ortamda kuvarsin bulunduğu veya bulunmadığı her iki durumda da mümkün olduğu görülmüştür.

ABSTRACT: In this study, the effect of monovalent salts on selective flotation of Na-feldspar (Albite), K-feldspar (Microcline) and quartz in HF medium has been investigated and separation strategies have been discussed. Flotation studies using amine collector together with Na and K ions are presented in order to illustrate the possibility of alkaline feldspar-plagioclase and quartz separation. It appears that Na ions can be used in the selective flotation of feldspars.

1. GİRİŞ

Feldspatlar yer kabuğunda en yaygın bulunan mineral grubu olup, kayaç yapıcı minerallerin % 60'ını oluşturmaktadır. Feldspat minerallerinin oluşturduğu yataklar çok yaygın görünmesine rağmen istenilen niteliklere sahip olanları sadece birkaç ülkelye sınırlı kalmaktadır. Bu ülkeler İtalya, Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri, Tayland, Fransa, İspanya ve Almanya'dır. Gerçekten de üretimlerine bakıldığında bu ülkelerin dünyada ilk yedi sırayı aldıkları görülmektedir.

Dünya'da üretilen feldspatların % 90-95'i cam ve seramik endüstrilerinde tüketilmektedir. Feldspat cam sanayinde alümina kaynağı olarak kullanılmakta ve camın kimyasal stablitesini, eğilme, kırılma, çizilme ve termal şoka karşı direncini artırmaktadır. Seramik sanayinde ise kilden sonra ikinci önemli hammadde olan feldspat yüksek viskoziteye sahip bir eriyik oluşturarak pişirme sırasında seramiğin şekil bozulmalarına karşı mukavemetini artırmaktadır. Her iki sanayi kolunda da kullanılacak feldspatın belirli bir kimyasal bileşimi vardır. Cam ve seramik üreticileri feldspat üreticilerinden gerekli gördükleri fiziksel ve kimyasal spesifikasyonları titizlikle

sağlamalarını isterler. Bu spesifikasyonlar üreticileri feldspat hammaddelerini bir kalite standardına göre sınıflandırmaya zorlamıştır. Uluslararası bir standart olmakla beraber hemen her ülkenin ve her firmanın özel bir kalite standardı vardır. Seramik ve cam sanayinde kullanılan feldspat cevherlerinin kalitesi başlıca Na/K oranı ve Fe, Ti gibi renk verici safsızlıklara bağlıdır.

Derinlik kayaçlarındaki feldspat dağılımına bakıldığında Na-feldspatın albit K-feldspatın ise ortoz veya mikroklin ile temsil edildiğini söylemek mümkündür. Ülkemiz büyük miktarda Na-feldspat ve sınırlı miktarda K-feldspat rezervine sahiptir. Ancak sodyum ve potasyum feldspatların birlikte bulunduğu sınırsız miktarda rezervimiz bulunmaktadır. K-feldspat üretmek için tek yol sodyum ve potasyumlu feldspatların oluşturduğu kayaçları kullanmaktır. Bu kayaçların bileşimini kuvars, Na-feldspat, K-feldspat, mika mineralleri, hornblend ve Fe, Ti gibi renk verici safsızlıklar oluşturmaktadır. Feldspatların genel zenginleştirme akım şeması, kırma-kapalı devre öğütmeyi takiben renk verici safsızlıkların manyetik ayırma ile uzaklaştırılması ve manyetik olmayanların şlam atıldıktan sonra flotasyonu kademelerini kapsar. Uygulamada, Kuru Manyetik Ayırma + Flotasyon,

Flotasyon + Kuru/Yaş Manyetik Ayırma, Kuru Manyetik Ayırma+ Flotasyon+Yaş Manyetik Ayırma gibi bir çok farklı akım semasıyla karşılaşmak mümkündür (Sümer ve Kaya, 1995). Flotasyon yönteminin feldspat/kuvars ayırımının yanı sıra mika minerallerinin ve demir, titan gibi renk verici safsızlıkların da ortamdan uzaklaştırılmasında kullanıldığını görmekteyiz. Feldspat/ kuvars sisteminde, birbirine çok yakın özgül ağırlık ve manyetik alınganlıklarından dolayı geleneksel zenginleştirme metodları başarılı olamamıştır. Bu nedenle flotasyon, feldspatın kuvarstan ayrılması için en uygun yöntem olarak ifade edilmektedir (Fuerstenau and Raghavan, 1977). 1930 yılından beri feldspatın kuvarstan ayrılması için bir çok çalışma yapılmıştır ve ilk ayırma işlemi 1936 yılında gerçekleştirilmiştir (Rao ve Forsberg, 1985). Genellikle feldspat/kuvars ayırımı asidik ortamlarda florür iyonu kullanılarak katyonik toplayıcılar (amin) ile gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle feldspat flotasyonu ile ilgili temel çalışmaların çoğu düşük pH'larda florürün canlandırma mekanizmasını açıklamak amacıyla yapılmıştır. Bu konuda ilk açıklama O'Meara ve dig., (1939) tarafından yapılmıştır. Yazarlar çalışmalarında HF içeren asidik ortamda toplayıcı olarak lauril amin kullanmışlar ve florür iyonunun feldspat yüzeylerine selektif olarak adsorplandığını belirtmişlerdir. Doğal feldspat mineralleri kullanarak yaptıkları bu çalışmada 1,5 kg/t HF'in feldspat tenörü ve verimini yükselttiğini gözlemlemişler ve HF yerine HCl kullanılmasının verimi düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Florür iyonunun feldspat yüzeyini nasıl bir mekanizma ile aktive ettiği ise hala netleştirilememiştir. Dean ve Ambrose (1944), HCl veya HF ilavesinin pH 4'de kuvars verimini sıfıra yaklaştırdığını göstermiştir. Aynı zamanda bu iki asitin feldspatların flotasyonunu farklı olarak etkilediğini bulmuşlardır. Dodesil amin ile feldspat verimi HCl ile % 10 civarında iken HF kullanıldığında % 97 olarak gerçekleşmiştir. Bu tarihte feldspatı kuvarstan ayırmak için katyonik kollektör sisteminde HF'in kullanılması en uygun yöntem olarak kabul edilmiş ve endüstriyel çapta kullanılmaya başlanmıştır (Utine, 1987).

Birkaç yazar saf mineraller ve karışımları üzerinde florür iyonu varlığında feldspat ve kuvarsın flotasyon özelliklerini araştırmışlardır. Dean ve Ambrose, (1944) canlandırıcı olarak kullanılan fluor-ür iyonu miktarının kullanılan mineral cinsine bağlı olduğunu saptamışlardır. Buckhenham ve Rogers (1954), 0,5-5 mM NaF ilavesinin feldspat

ve kuvars üzerinde flotasyon açısından önemli bir etkisinin olmadığını bulmuşlardır. pH 4'ün altında ve 5 mM florür iyonu içeren ortamlarda kuvars, bastırılırken feldspat yüksek kazanım verimiyle yüzdürülmüştür. Benzer çalışma Sulii ve Smith (1966), tarafından konsantre HCl ve HF kullanılarak mikroklin üzerinde yapılmış ve HCl içeren ortamda mineral bastırılırken HF içeren ortamda mikroklinin canlandırıldığını bulmuşlardır. Tröndle ve dig., (1969), feldspat-kuvars karışımları üzerinde boyut fraksiyonlarına uyguladıkları HF canlandırma mekanizmasında, pH 3,5'in altında HF'in HCl'e göre selektif etkisini gözlemişlerdir. Farklı boyut gruplarına ayrılan ortaklaşın pH 3,5'de HF konsantrasyonu artışıyla feldspat veriminde minimum, fakat minimumun yüksek HF konsantrasyonlarında dahi boyut küçüldükçe veya pH düşüğe arttığını bulmuşlardır. Yaklaşık olarak pH 2,5'de 10 mM HF'e kadar mikro-klinin flotasyonunda yüksek bir verim gözlenmiştir. Uhlig, (1985) tarafından tüm feldspat mineralleri üzerinde HF'in farklı pH'larda flotasyon verimine etkisi araştırılmıştır. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, pH 1,8-2,7 arasında tüm feldspatlar çok yüksek miktarda HF ile aktive edilebilmektedir. Kuvars pH 3'ün altında yüzmezken, sonuçlar feldspatın kuvarstan ayrılabilmesi için florür konsantrasyonunun yeterince yüksek olmasıyla mümkün olabileceğini göstermiştir. HF'in boyut fraksiyonları üzerinde yapılan canlandırmaya yönelik etkisini araştırmada, 0,1-0,315 mm boyut fraksiyonunda 1-10 kg/t'a kadar yeterli olacağı 5-20 µm boyutundaki malzemenin ise çok yüksek asit tüketimi gerektirdiği bulunmuştur.

Günümüzde feldspat, kuvarstan flotasyon yöntemiyle kolaylıkla ayrılırken, sodyum feldspatı potasyum feldspattan ayırabilecek bir yöntemin geliştirildiği sadece bazı literatürde iddia edilmektedir. Ancak uygulama olarak şu ana kadar bir yöntemin geliştirildiği bilinmemektedir. Literatürde yer alan iki Rus patentinin dışında hiç kimse sodyum ve potasyum Feldspatların ayrılabilirliğini kesin ifadelerle iddiW etmemiştir. Flotasyon yöntemi bu ayırım için hemen hemen tek yöntem olarak ifade edilirken, her iki feldspat mineralinin yüzey özelliklerinin benzer olması bu minerallerin ayrılabilirliğini zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada alkali metal iyonların HF içeren düşük pH değerlerinde sodyum ve potasyumlu feldspatların flotasyon davranışına etkilenen incelenmiş ve paralelinde yapılan kuvars çalışmaları ile uygulanabilecek muhtemel ayırım için öneriler getirilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme ve Yöntem

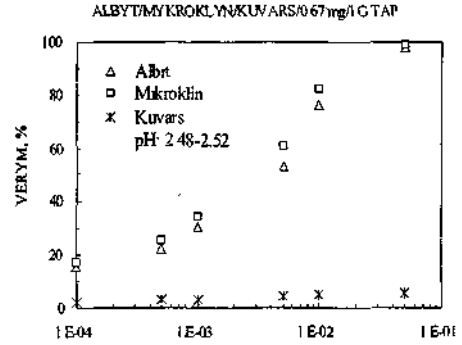
Bu çalışmada Aydın-Çine yöresinden temin edilmiş olan saf albit, mikroklin* ve kuvars mineralleri kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan feldspat ve kuvarın mineralojik bileşimini belirlemek için RIGAKU marka D-Max-3C model XRD (X-Işınları Kırınımı) cihazı kullanılmış olup, ışın tüpü Cu-K ve dalga boyu 1,542 Å'dür. Yapılan mineralojik analiz ve XRD incelemesinden alınan sonuçlar numunelerin saf albit, mikroklin ve kuvars olduğunu göstermiştir. Numuneler elle ayrılmak suretiyle ayrı ayrı ağırlıkta öğütülmüş ve ardından flotasyon çalışmalarında kullanılmak üzere -150+53 µm boyut fraksiyonlarında gruplandırılmıştır. Mikroflotasyon deneylerinde Clariant firması tarafından üretilen katyonik kollektör (Genamin-TAP) kullanılmıştır. Reaktif katı formda olup uygun miktarları ilave edebilmek için üretici firmanın önerisi doğrultusunda pH'ı 3'e ayarlanmış saf su içerisinde hazırlanmıştır. Kullanılan inorganik tuzlar Fluka firmasından temin edilmiş olup NaCl % 99.0 ve KCl % 99,5 saflıktadır. Tüm deneysel çalışmalarda iletkenliği 3 p.mhos/cm'den daha düşük deiyonize saf su kullanılmıştır.

Mikroflotasyon testleri Hançer ve Çelik (1993) tarafından dizayn edilen otomatik kumandalı mikroflotasyon ünitesinde, 150 ml'lik hücre (25x220 mm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 1 gr numune gerekli miktarda reaktif ile 10 dakika kıvamlandırıldıktan sonra 50 cm³/dak. azot gazı verilerek 1 dakika süresince yüzdürülmüştür. Tüm flotasyon deneylerinde, verilen azot gazı miktarının sabit olmasını temin etmek için devrede akış ölçer (flowmetre) kullanılmıştır. Yüzen ve batan fraksiyonlar kurutulduktan sonra tartılarak verimler hesaplanmıştır.

3. DEĞERLENDİRME VE TARTIŞMA

Bu çalışmada toplayıcı olarak ticari adı Genamin TAP 100 (Tallow fattyalkylpropylene diamine) olan 16 karbonlu amin kullanılmıştır. Optimum Genamin TAP miktarını belirlemeden önce hidrofluorik asit (HF) konsantrasyonunun düşük pH'larda albit ve mikroklinin flotasyon verimlerine etkisi araştırılmıştır. Bunun için 0.67 mg/l G-TAP miktarı sabit alınarak HF konsantrasyonunun flotasyon verimine etkisi incelenmiştir (Şekil 1).

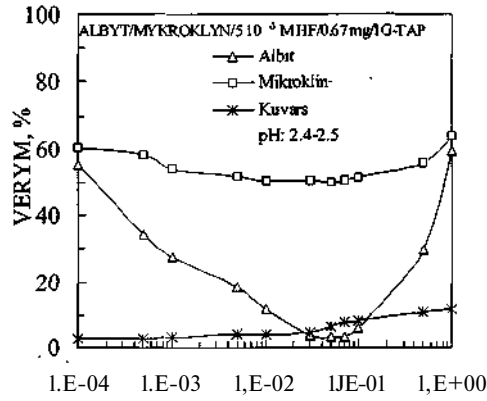
Fluorür iyonu çapı, elektriksel yükü ve polarize edilebilirliği açısından hidroksil iyonu ile aynı değeriğe sahiptir (Harvey ve Porter, 1963). Bu nedenle fluorür iyonu içeren sulu çözelti ile temasta olan feldspat yüzeylerindeki hidroksil (veya oksijen de olabilir) iyonlarının en azından bir bölümünün yerine, fluorür yer değiştirme yolu ile girebilecektir (Zadorozhnaya, 1977). Dean ve Ambrose (1944), düşük pH'larda ve fluorür içermeyen ortamlarda feldspat-kuvars ayırımının amin toplayıcılar ile mümkün olmayacağını belirtmişlerdir. Bu yüzden, feldspat flotasyonu ile ilgili temel çalışmalar asidik pH değerlerinde ve fluorür içeren ortamlarda feldspat canlanma mekanizmasını açıklamak amacıyla yapılmıştır. Joy ve diğ., (1966), fluorür içermeyen ortamlarda, düşük pH değerlerinde kuvars ve feldspatın (mikroklin) dodesilamin hidroklorür (DAH) ile yüzmediğini tespit etmişlerdir. Dolayısıyla asidik ortamlarda canlandırıcı iyon olmadan Na-feldspat ve K-feldspat arasında da selektif bir ayırım beklenilmemelidir.



Şekil 1. HF konsantrasyonunun albit, mikroklin ve kuvarın flotasyon verimlerine etkisi

Şekil 1'den de görüleceği gibi 0.67 mg/l sabit G-TAP miktarında HF konsantrasyonu arttıkça albit ve mikroklinin flotasyon verimlerinde yükselme gözlenirken kuvars yüzmektedir. Manser (1975), feldspat yüzeylerini canlandırmak için gerekli HF

miktarının 1-9 kg/t arasında değişebileceğini saf ve altere olmamış feldspatın çok az miktarda HF ile canlandırılabilirken bozunmuş ve altere olmuş feldspatın daha fazla HF gerektireceğini ve kullanılan HF'in ticari olması durumunda silikofluorid safsızlığından dolayı aktivasyon için daha etkili olacağını bildirmiştir. Bunu HF'in mineral yüzeylerindeki alterasyona uğramış tabakayı temizlemesine ve dağıtmasına bağlamıştır. Klunker ve diğ., (1974), Severin ve diğ., (1978), feldspatların yüzdürülebilirliğinin, onların Na ve K içerikleri ile pülün Na ve K içerikleri, toplayıcı ve HF derişimleri yanında feldspatların kristal yapılarına da bağlı olduğunu vurgulamışlardır. NaCl ve KCl'ün albit ve mikroklinin flotasyon davranışlarına etkisini incelemek amacıyla 5×10^{-3} M HF ve 0.67 mg/l G-TAP sabit alınarak NaCl ve KCl konsantrasyonlarının HF'li ortamda her iki mineralin flotasyon verimlerine etkisi araştırılmış ve Şekil 2'de NaCl konsantrasyon değişiminin albit, mikroklin ve kuvarşın flotasyon verimlerine etkisi verilmiştir.

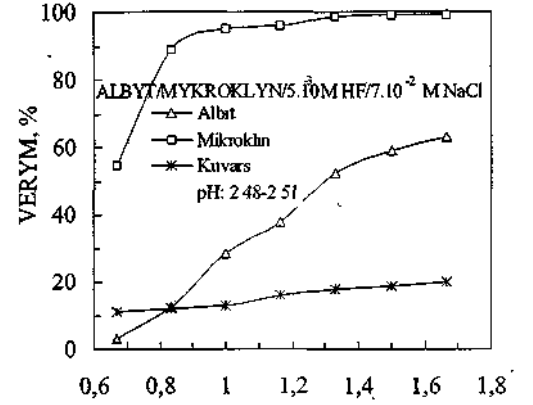


Şekil 2. NaCl konsantrasyonuna göre albit, mikroklin ve kuvarşın flotasyon verimleri

Şekilden de görüleceği gibi NaCl'ün albit minerali üzerindeki bastıncı etkisi 10^{-4} mol/l'lik konsantrasyondan sonra başlamakta ve 7×10^{-3} M NaCl konsantrasyonunda maksimum düzeyde gerçekleşmektedir. 7×10^{-2} M NaCl konsantrasyonunda albit için % 3 ve mikroklin için % 50 düzeyinde flotasyon verimi gözlenirken bu konsantrasyondan sonra verimin yükseldiği görülmektedir. NaCl'ün mikroklin üzerindeki

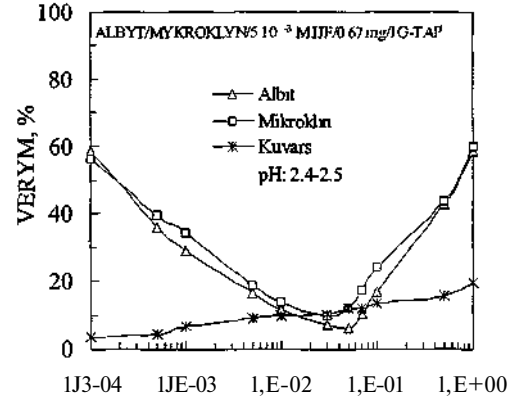
bastına etkisi marjinal seviyede olmasına rağmen yine de geniş bir aralıkta minimum sergilemektedir. Bu verilerden sonra 7×10^{-2} M sabit NaCl ve 5×10^{-3} M HF konsantrasyonunda G-TAP miktarının artırılmasıyla bir dizi çalışma yapılmış- olup "bu çalışmanın sonuçları Şekil 3'de görülmektedir.

Yanis ve Gorelik (1973), izotoplanmış dodesilamin iyonlanmış feldspat minerallerine adsorpsiyonunu inceledikleri çalışmada amin ile yüzdürmede K^+ iyonunun K-feldspat (mikroklin ve amazonit), Na^+ ve Ca^{+2} iyonlarının da Na-feldspatlar için bastıncı etkiye bulunmaları, bu iyonların mineral kristal kafesinde bulunan iyonlar ile benzer ya da izomorf olmaları yüzünden potansiyel olmalarından ve dodesilamin iyonu ile yüzey siteleri için rekabet etmelerinden kaynaklandığını belirtmektedirler. Yazarlar ayrıca HF varlığında seçimli yüzdürmenin daha iyi olduğunu ve bastıncı etkiye bulunacak katyon derişiminin daha az olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ancak Demir ve ark., (2001) yapmış oldukları çalışmalar sonucunda nötr pH'larda Na-feldspat ve K-feldspat arasında alkali metal iyonları ile selektif ayırımın yapılabileceğini ve bu ayırımın HF içeren ortamdan daha kötü olmadığını sonucuna varmışlardır.



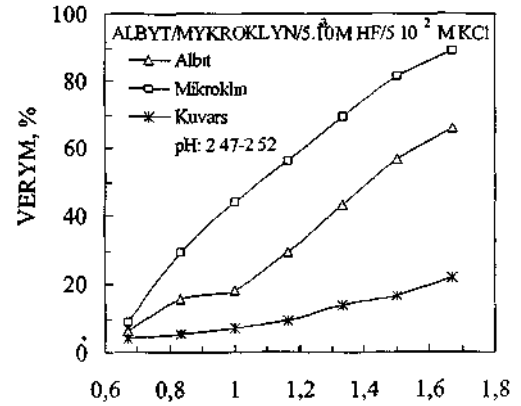
Şekil 3. 7.10^{-2} M NaCl konsantrasyonunda G-TAP konsantrasyon değişimine göre albit, mikroklin ve kuvarşın flotasyon verimleri

Şekilden de görüleceği gibi 0.83 mg/l G-TAP konsantrasyonunda albit için % 12'lik bir flotasyon verimi elde edilirken mikroklin için bu değer % 90 dolaylarındadır. Yanis ve diğ., (1967), 15 g/l (2.57×10^{-3} M) NaCl, 3 kg/t HF, 30-60 g/t Flotigam RA (çeşitli zincir uzunluklarındaki aminlerin karışımı) kullanarak katı/sıvı oranı 1/8'de ince öğütülmüş granitten potasyum ve sodyumca zengin konsantreler elde ettiklerini bildirmişlerdir. Starikova (1968), fluonirle canlandırmayı 15 g/l NaCl derişiminde uygulayıp feldspat konsantrasyonunun potasyum içeriğini artırdığını belirtmiştir. Dlugosz ve Ociepa (1972), Na-feldspatın 5 g/l NaCl + 5 g/l $CaCl_2$ 'ün karışımlarının bu elektrolitlerin tek tek bulunması durumuna göre albiti daha etkin bastırabileceğini, 1969 yılında yaptıkları çalışmada ise granitlere uygulanacak en iyi Na/K-feldspat ayırımının NaCl çözeltilerinde sağlandığını göstermişlerdir. Bayraktar ve diğ., (1999), Demirci-Kuzuköy bölgesi ve Kırşehir masifinden temin ettikleri cevherlerle yaptıkları çalışmada mikroklinin seçimli olarak plajiyoklazdan ayrılmasını sağlamışlardır. Ancak ne var ki bu işlemin Yanis (1968) ve Kovalenko'nun (1967) literatürde belirttikleri gibi önce kuvarsin ve sonra mikroklinle plajiyoklazın birbirinden ayrılması şeklinde mümkün olmadığını belirtmişlerdir. Mika flotasyonu ve oksit flotasyonundan sonra renk verici içeriklerden arındırılmış cevherden ortozun plajiyoklazdan seçimli olarak ayrılması için pH 2,5'de HF ve 5-20 g/l NaCl kullanarak 50-150 g/t amin ile ortozu yüzürüp daha sonra Na-feldspatı aynı miktarda amin ile yüzürerek kuvarstan ayırmışlardır. Bu yöntemle % 4,8 K_2O içeren bir cevherden % 13 civarında K_2O içeren K-feldspat konsantrasyonu elde etmişlerdir. Çalışmaları sonucunda Na-feldspatı K-feldspattan ayırmak için bir akım şeması önermişlerdir. Demir (2001), yapmış olduğu çalışmalar sonucunda Na-feldspat ve K-feldspat ayırımının ortamda kuvarsin bulunması veya bulunmamasının mümkün olduğunu ve bu işlemin kuvarsin ortamdan uzaklaştırıldıktan sonra da yapılabileceğini göstermiştir. Şekil 4, 5×10^{-3} M HF ve 0.67 mg/l G-TAP konsantrasyonlarında KCl konsantrasyon değişimine göre albit ve mikroklinin flotasyon verimlerini göstermektedir.



Şekil 4. KCl konsantrasyon değişimine göre albit/mikroklin/kuvarsin sisteminin flotasyon verimi

Şekilden de görüleceği gibi KCl konsantrasyon artışı albit ve mikroklin mineralleri üzerinde bastırma etkisi gösterirken kuvarsin mineralinin yüzme davranışına bir etkisi olmamaktadır. Şekil 5, 5×10^{-2} M KCl ve 5×10^{-3} M sabit HF konsantrasyonlarında G-TAP miktarına bağlı olarak albit ve mikroklinin flotasyon verimlerini göstermektedir.



Şekil 5. 5×10^{-2} M-KCl konsantrasyonunda G-TAP konsantrasyon değişimine göre albit, mikroklin ve kuvarsin flotasyon verimleri

Burada KCl elektroliti varlığında albit ve mikroklin arasında seçimli bir ayırım az düzeyde gerçekleşmektedir. Revniltzev ve diğ., (1968 ve 1969), K^+ ve Ba^{+2} iyonlarının plajiyoklas yüzdürmesi sırasında K-feldspatları bastırdığını ileri sürmüşlerdir. Ancak kullanmış oldukları* numunelerin sentetik oldukları bir başka yazar tarafından belirtilmiştir (Ociepa,1994).

4. SONUÇLAR

1. Fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerinin benzer olmasından dolayı fluorür iyonu içeren düşük pH değerlerinde Na-feldspat ve K-feldspat arasında aminle selektif bir ayırım olmamaktadır.
2. Na iyonları kullanıldığında K iyonlarına nazaran HF içeren düşük pH'larda albit ve mikroklin arasında selektif ayırım mümkün olabilmektedir. Bu ayırım düşük pH'larda fluorür iyonu ile canlandırılmayan kuvarstan bağımsız olarak yapılabilmektedir.

KAYNAKLAR

Bayraktar, İ., Ersayın, S., Gülsoy, Ö.Y., Ekmekçi, Z., Can, M., 1999. Temel seramik ve cam hammaddelerimizdeki (Feldspat, Kuvars ve Kaolin) kalite sorunları ve çözüm önerileri, 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 14-15 Ekim 1999, İzmir.

Buckhenham, M.H., Rogers, J., 1954. Flotation of quartz and feldspar by dodecylamine, *Trans. AME.*, c.64, 11-30.

Dean, R.S., Ambrose, P.M., 1944. Development and use of certain flotation agents, *USBM Bulletin*, 449.

Demir, C, 2001. Sodyum ve potasyum feldspatların flotasyonla ayrılmasında inorganik tuzların etki mekanizması, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Demir, C, Abramov, A.A., Çelik, M.S., 2001. Flotation separation of Na-feldspar from K-feldspar by monovalent salts, *Minerals Engineering*, v.14, no: 7.

Dlugosz, W., Ociepa, Z., 1974. Possibility of collective and selective flotation of feldspar from granite, *Szklo. Ceramica*, 25(5), p. Bo-

Dlugosz, W., Ociepa, Z., 1972. Provisional investigation, on selectiv flotation of feldspar, *Zesz. Neuk. Akad-Gorn. Hutn., Cracow. Zesz. Spec*, 39, p. 65-81, (CA 82:5657x).

Fuerstenau, D.V., Raghavan, S., 1977. Proc. XII Int. Miner. Process. Congr., Sao Paula, Brazil, Nacional Publicacoes e publicidade S/C Ltda., Vol. 2, pp 368-415.

Hançer, M., Çelik, M.S., 1993. Flotation mechanisms of boron minerals, *Separatron Science and Technology*, 28 (9), p. 1-703-1714.

Harvey, K.B., Porter, G.B., 1963. Introduction to Physical Inorganic Chemistry, Addison-Wessley Publ. Co., Reading.

Joy, A.S., Manser, R.M., Lloyd, K., Watson, D., 1966. Flotation of silicates.2. Adsorption of ions on feldspar in relation to its flotation response, *Trans. Instn. Min. Metall.*, c.75, 81-86.

Klunker, H.D., Brehler, B., Clement, M., 1974. Flotation investigations on structurally different alkali feldspars, *Keram. Z.*, 26 (1), p.17-21.

Kovalenko, V.I., 1967. Flotation beneficiation of feldspathic raw material by using potassium and sodium chlorides, *Obagashch Rud.*, 12 (1), p. 8-11.

Manser, R.M., 1975. Handbook of silicate flotation, Warren Spring lab. Stevanage, UK.

O'Meara, R.G., Norman, J.E., Hammond, W.E., 1939. Froth flotation and agglomerate tabling of feldspars, Forty-first annual meeting, *American Ceramic Society*, Chicago, USA, 18, 8, 286-292.

Ociepa, Z., 1994. Some surface and physicochemical properties of the feldspars and flotability, A.Sutulov memorial volume. Vol.11. Flotation, IV. Meeting of the southern hemisphere on mineral technology and 111 Latin American congress on froth flotation, Concepcion, Chile, 171-187.

Rao, K. H., Forsberg, K. S. E., 1985. Feldspar Flotation: Theory and practice in selected topics in mineral processing, Eds. A. Gash, Pradip, Rekesh Kumar, Baltimore Port CityPress, p. 86-117.

C Demir, B. Erwy & M.S. Celik

- Revnitzev, V.I., 1968. Flotation separation of minerals of the isomorphous group of feldspars, 8th Int. Min. Process. Cong., Leningrad.
- Revnitzev, V.I., Putrin, A.M., 1969. Industrial flotation concentration of granite with the separation of microcline, plagioclase and quartz concentrates, *Steklo. Keram.*, 26 (1), p.29-31.
- Severin, P., Brehler, B., Clement, M., 1978. Investigations on alkali feldspars to determine the relationships between crystal structure and flotability, *Keram. Z.*, 30 (1), p.21-23.
- Starikova, L., 1968. Production* of feldspar concentrate with a high K₂O:Na₂O ratio, *Proekî. Inst. Rudodubiv Obogat.*, 7(7), p. 93-96, (CA.72:33754p).
- Suliin, D.B., Smith, R.W., 1966. Hallimond tube investigations of fluoride activation of beyl and feldspar in cationic collector system, *Trans. Instn.Min. Metall.*, c.75, 333-336.
- Sümer, G., Kaya, M., 1995. Aydın-Çme feldspatlarının flotasyon ile zenginleştirilmesi, *Endüstriyel hammaddeler sempozyumu*, 21 -22 Nisan, İzmir, Türkiye.
- Trondle, H.M.,Clement, M., Brehler, B., 1969. The flotation of kaolinite and feldspar with amines as collectors, *Keram. Zeit.*, 21, 423-427(In German), Brit. Ceram. Abst.600/70, 1970.
- Uhlig, D., 1985. Relationship between properties and flotation behaviour of feldspars, *XV. Int. Min. Proc. Cong.*, Cannes, France, Vol. 2, 265-277.
- Utine, T., 1987. Köpüklü yüzdürme ile feldspat/kuvars ayırımında yüzey kimyası, *Madencilik*, 26, 4, 7-22.
- Yanis N.A., 1968. Froth flotation procedure for separating potassium feldspar from sodium feldspar, USSR Patent No. 227234.
- Yanis, N.A., Arkhangel'skaya, Gorelik, R.I., 1967. Distrubution of potassium and sodium feldspars by flotation, *Obagashch. Rud*, 12 (3), p. 8-13. ,
- Yanis, N.A., Gorelik, R.I., 1973. Question of the effect of selective repression on the flotation of the feldspars, *Tr. Vses. Nsu.-İss. Proekt. Inst. Mekh. Obrab. Polezn. Iskop.*, 138, 14-20.
- Zadorozhnaya, F.I., 1977. Effect of fluoride ions on the selectivity of the flotation of aluminosilicates and quartz, *Soversh. Techno!'. Obagashch. Miner. Syr'ya*, pp. 17-26.