

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

FELDSPAT CEVHERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE FLOTASYON VE MULTİ GRAVİTE SEPARATÖR YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Nermin GENÇE¹

ÖZ

Bu çalışmada, feldspat cevherinin flotasyon ve multi gravite separatör ile zenginleştirilme olanakları araştırılmıştır. Feldspat flotasyonu üç aşamada gerçekleştirilmiştir; ilk aşamada mika, ikinci aşamada demirli ve renk verici mineraller yüzdürülmüş ve son aşamada da feldspat/kuvars ayrımı yapılmıştır. Multi gravite separatör ile zenginleştirme deneylerinde; yıkama suyu, genlik, çalkalama hızı, açığı ve tambur hızı gibi parametreler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Feldspat, Flotasyon, Multi gravite separatör.

COMPARISON OF FLOTATION AND MULTI GRAVITY SEPARATOR METHODS IN THE BENEFICIATION OF FELDSPAR ORE

ABSTRACT

In this paper, the possibilities of beneficiation of feldspar ore by flotation and multi gravity separator were investigated. In the flotation tests, feldspar was separated from impurities in three stages; mica was floated at the first stage, iron-bearing and coloring minerals were floated at the second stage, and feldspar was separated from quartz at the last stage. In the concentration experiments with the multi gravity separator; washwater flowrate, shake amplitude, shake frequency, tilt angle and drum speed were investigated.

Key Words: Feldspar, Flotation, Multi gravity separator.

1. GİRİŞ

Seramik, porselen ve cam sanayiinin temel hammadde-lerinden birisi olan feldspatlar, boya ve plastik sanayi dallarında dolgu hammaddesi olarak da kullanılmaktadır.

Feldspat üretimi ve ihracatında dünya ikincisi olan ülkemizde en önemli feldspat kaynağı pegmatitik yataklardır (Bolger, 1995). Bu yatakların büyük bir kısmı düşük tenörlü olup seramik ve cam sanayiinde arzu edilmeyen mika ve demirli mineraller gibi safsızlıklar içermektedir. Kullanım yerlerine göre feldspatlarda aranan özellikler değişiklik göstermektedir. Örneğin; porselen sanayii için $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ tenörünün % 8'den fazla ($\text{K}_2\text{O} \geq \% 5$), Fe_2O_3 tenörünün % 0,25'den az, $\text{Ti}_2\text{O}+\text{CaO}+\text{MgO}$ tenörünün ise % 2'den az olması istenir (Akar vd. 1994; Akar, 1994). Ülkemizde seramik

ve cam sanayi dalında faaliyet gösteren işletmelerde genellikle iyi kaliteli küçük rezervlerin değerlendirilmesi tavuklama yöntemi ile yapılmakta, böylece istenmeyen safsızlıklardan bir dereceye kadar temizlenmiş bir hammadde elde edilmekte ve $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ tenörü yükseltilmiş olmaktadır. Bu tür zenginleştirme işleminde verimin düşük olması ve bu tip rezervlerin giderek azalması nedeniyle ülke gereksinimini karşılayabilmek zorlaşmaktadır. Bu durum genellikle ince boyutta (1-2 mm altı) serbest kalabilen düşük tenörlü feldspat yataklarının değerlendirilmesini gündeme getirmektedir. Ülkemiz düşük tenörlü (% 4-5 Na_2O , K_2O), bol miktarda mika ve turmalin gibi renk verici mineraller içeren feldspat rezervlerine sahiptir. Bu feldspatların, gelişen seramik ve cam sanayiinin hizmetine sunulması amacıyla zenginleştirme olanaklarının araştırılması ulusal ekonomi-

¹ Anadolu Üniversitesi, Bozüyük Meslek Yüksekokulu, Bozüyük/BİLECİK.
E-posta: ngence@anadolu.edu.tr

Geliş: 08 Mart 2002; Düzeltme: 25 Kasım 2002; Kabul: 28 Mart 2003.

miz açısından yararlı olacaktır (Akar, 1994; Ryan ve Radford, 1987; Toydemir, 1991; Erdoğan, 1999; Bayraktar vd., 1999; Kılıç vd., 1999).

İnce boyutta serbestleşen feldspatları flotasyon ve/veya manyetik ayırma yöntemleri ile zenginleştirmek mümkündür (Akar vd., 1994; Akar, 1994; Okur, 1984; Sümer ve Kaya, 1995; Seyrankaya ve Akar, 1997; Abouzeid vd., 2000; Öteyaka vd., 2000; Bozkurt ve Üçbaş, 2000).

Multi gravite separatör aralarında belirgin bir yoğunluk farkı bulunan ince boyutlu mineralleri zenginleştirmek amacıyla kullanılan yeni bir tekniktir ve ince boyutlu mineralleri zenginleştirmek için yüksek bir gravitasyon etkisi yaratan ve hızla dönen tambur şekline dönüştürülmüş bir sallantılı masa olarak tanımlanabilir (Özdağ vd., 1993; Özdağ vd., 1994; Chan vd., 1991; Belardi vd., 1995; Veglio' vd., 1996).

Bu çalışmada; Simav feldspatının flotasyon yöntemi ve multi gravite separatör ile zenginleştirilebilme olanakları araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Malzeme

Zenginleştirme çalışmalarında Simav yöresi feldspatları kullanılmıştır. Feldspatın serbestleşme tane boyutunu belirlemek için numune değişik boyutlarda öğütme işlemine tabi tutulmuş ve elek fraksiyonları mikroskop altında tane sayımı yöntemi ile incelenmiştir. Mikroskop çalışmaları optimum serbestleşme boyutunun 0,212 mm olduğunu göstermiştir. Bu tane boyutunda ortoklazların % 96'sı ile plajiyoklazların % 95'i serbest kalmaktadır. Dolayısıyla 0,212 mm altına yapılan öğütme sonucunda feldspat taneleri açısından uygun bir serbestleşme sağlanmaktadır. Bu çalışmanın esas amacı flotasyon ve multi gravite separator ile temiz feldspat konsantresi elde etmek olduğu için çalışmada -0,212 mm boyutu limit olarak seçilmiştir. -0,045 mm ise şlam olarak atılmış, deneysel çalışmalarda -0,212 mm +0,045 mm tane boyutundaki numune kullanılmıştır. Zenginleştirme çalışmalarında kullanılan tüvenan cevher % 69,98 SiO₂, % 17,19 Al₂O₃, % 6,31 K₂O, % 3,65 Na₂O, % 0,35 Fe₂O₃, % 0,81 CaO ve % 0,28 MgO içermektedir. Deneysel çalışmalar için 0,212 mm'nin altına öğütülen numunenin elek analizi ile K₂O ve Na₂O dağılımı Tablo 1'de verilmiştir.

2.2 Flotasyon Çalışmaları

Flotasyon çalışmaları Denver tipi laboratuvar ölçekli flotasyon makinesi ile 1390 dev/dk'da 1 litrelik flotasyon hücresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. -0,212+0,0045mm Numunenin Elek Analizi Sonuçları ile K₂O ve Na₂O Dağılımı.

Tane Boyutu (mm)	Miktar (%)	K ₂ O	Na ₂ O
+0,150	21,43	6,19	3,62
-0,150+0,106	24,47	6,24	3,65
-0,106+0,074	21,41	6,36	3,65
-0,074+0,045	32,69	6,41	3,67
TOPLAM	100,00	6,31	3,65

Feldspatların flotasyon ile zenginleştirilmesinde, cevherde bulunan diğer mineraller önem taşır. Bu minerallerin cinsleri ve yan ürün olarak elde edilmek istenme durumlarına göre zenginleştirme işlemi birkaç kademede gerçekleştirilir. İlk aşamada mika, amin tipi toplayıcılar ile pH 3-3,5'da yüzdürülür. pH ayarlamak için H₂SO₄ kullanılır. Bu arada aminler ile yüzebilen bazı demirli mineraller de mika ile birlikte alınabilir. İkinci aşamada demir içeren mineraller anyonik toplayıcılar (yağ asitleri veya petrol sülfonatları) ile yüzdürülür ve pH 3-3,5 arasında H₂SO₄ ile ayarlanır. Son aşamada feldspat/kuvars ayrımı yapılır. Feldspat, amin tipi toplayıcılar ile pH 3,5'un altında yüzdürülemez. Bu nedenle ortama feldspatı canlandırmak için doğrudan HF, HF ile H₂SO₄ birlikte veya NaF ile birlikte H₂SO₄ ilave edilecek hem yeterli miktarda F⁻ iyonu verilir, hem de pH 3 dolaylarında ayarlanır. Uzun zincirli bir aminin tuzu (genellikle hidrokarbon zincirinde 18 karbon bulunan Tallow Amin'in asetat tuzu), bir köpürtücü (örneğin Metil-Iso-Butil-Karbinol veya çamçağı) ve gazyağı ya da fuel oil ilave edilerek feldspat yüzdürülür ve kuarstan ayrılır (Atak, 1974; Kaya, 1991; Kılavuz and Gülsoy, 2000; Akar vd., 2000; Karagüzel vd., 2000).

Mineral tanelerinin yüzebilmeleri amin adsorpsiyonuna bağlı olduğu için pozitif RNH₃⁺ (amin) iyonları ile negatif yüklü mineral yüzeyi arasındaki elektrosztatik çekim kuvveti amin adsorpsiyonunun esasını oluşturur. Bu nedenle de, flotasyonda kimyasal reaksiyonun yanında elektriksel etkilerde önemli rol oynar. F⁻ iyonları feldspatların negatif elektrokinetik potansiyelini arttırarak amin adsorpsiyonuna uygun duruma getirir (Leja, 1983; Manser, 1973; Fuerstenau vd., 1985).

Flotasyon deneylerinde analitik derecede H₂SO₄ ve HF kullanılarak pH ayarı yapılmış ve şebeke suyu kullanılmıştır. Mika ve feldspat flotasyonunda Armact (Tallow Amin Asetat) ve yardımcı reaktif olarak gazyağı kullanılmıştır. Demirli mineraller ve renk verici minerallerin flotasyonunda ise toplayıcı olarak sülfonatlar (R825+R804) kullanılmıştır. Mika ve feldspat flotasyonunda köpürtücü olarak MIBC (Metil-Iso-Butil-Karbinol) kullanılmıştır. Feldspat flotasyonundan sonra konsantr tenörünü arttırmak amacıyla temizleme

flotasyonu yapılmıştır. Temizleme flotasyonunda kuvarsı bastırmak için Na_2SiO_3 kullanılmıştır.

2.3 Multi Gravite Separatör Çalışmaları

Multi gravite separatör ile zenginleştirme deneylerinde laboratuvar ölçekli Mozley C900 tipi multi gravite separatör kullanılmıştır.

Multi gravite separatör çalışmalarında maksimum konsantrite tenörü ve yerimi elde edebilmek için en uygun koşulları belirlemek amacıyla bir seri deney yapılmıştır. Multi gravite separatör deneylerinde yıkama suyu miktarı, genlik, çalkalama hızı, tambur hızı ve tambur açısının optimum değerleri belirlenmiştir.

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1 Flotasyon Çalışmalarının Sonuçları

Bu çalışmada, flotasyon deneyleri üç aşamada gerçekleştirilmiş ve her aşamada toplayıcı miktarı, bastırıcı reaktif miktarı, yardımcı reaktif miktarı, pulp yoğunluğu, pH, kıvam zamanı ve köpürtücü miktarı gibi parametreler incelenmiştir.

3.1.1 Mika Flotasyonu

Feldspat cevherlerinin flotasyon ile zenginleştirilmesinde ilk aşama cevherde bulunan mikanın yüzdürülmesidir. Mika minerallerinin kafes yapısı, silis dört yüzeylerinde oluşan iki tabaka arasındaki sekiz yüzeyli boşlukları alüminyum iyonlarının doldurması ile oluşan tabakalı bir yapıdır. Ancak her dört silisyum iyonundan birisinin yerine bir alüminyum iyonunun girmesi ile oluşan elektriksel yük dengesizliği, silis tabakaları arasına giren bir toprak alkali metal iyonu ile karşılanmaktadır. Toprak alkali metal iyonlarının çözeltiye geçmesi ile kafes yapısı negatif yüklü duruma gelmekte ve mika mineralleri yüzeylerini kaplayan toplayıcılar ile yüzlebilmektedir. Mika flotasyonunda kullanılan toplayıcılar aminler olup, aktifleştirici olarak bazı uygulamalarda alkali metal tuzları ve Al gibi çok değerlikli metal iyonları kullanılmaktadır (Seyrankaya ve Akar, 1997; Kaya, 1991; Leja, 1983).

Bu çalışmada; flotasyonun ilk aşamasında mika yüzdürülmüştür. Mika flotasyonunda toplayıcı olarak Armac-T, yardımcı reaktif olarak gazyağı kullanılmıştır. En iyi sonuçlar, aşağıdaki deney koşullarında elde edilmiş ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Deney Koşulları:

Armac-T	:200g/t	Kıvam Zamanı	:8dk
Gazyağı	:250g/t	H_2SO_4	:1500g/t
Pulp Yoğunluğu	:%50K	MIBC	:50g/t
pH	:3,5		

Tablo 2. Mika Flotasyonu Sonuçları.

Ürünler	Miktar %	K_2O (%)		Na_2O (%)		Fe_2O_3 (%)	
		Tenör	Dağılım	Tenör	Dağılım	Tenör	Dağılım
Konsantrite	5,75	7,79	7,00	3,81	6,00	1,50	24,60
Artık	94,25	6,22	93,00	3,64	94,00	0,28	75,40
TOPLAM	100,00	6,31	100,00	3,65	100,00	0,35	100,00

3.1.2 Demirli ve Renk Verici Minerallerin Flotasyonu

Feldspat cevherinin flotasyon ile zenginleştirilmesinde ikinci aşamada Turmalin, Gröna ve Demir oksitlerin (demir içeren ve renk verici mineraller) yüzdürülmesi sağlanır. Demir oksitler asit ortamda (pH=2-4) sülfonat tipi toplayıcılar kullanılarak yüzdürülebilir. Düşük pH'da hem demir oksit yüzeyleri temizlenmiş olur, hem de silikatların flotasyonu önlenir. Köpürtücü genellikle gerekmez. Bu çalışmada; mika flotasyonunda batan ürün (artık) anyonik toplayıcılar olan petrol sülfonatları (R825 ve R804) kullanılarak asit ortamda (pH 3,5) tekrar temizlemeye tabi tutulmuş ve demir oksitlerin yüzmesi sağlanmıştır. En iyi sonuçlar aşağıdaki koşullarda elde edilmiş ve sonuçlar Tablo 3'de verilmiştir.

Deney Koşulları:

R825+R804	:500g/t+250g/t	Kıvam Zamanı	:8 dk
Pulp Yoğunluğu	:% 30 K	H_2SO_4	:150g/t
pH	:3,5		

3.1.3 Feldspat Flotasyonu

Demirli minerallerin flotasyonunda elde edilen batan ürün (artık) feldspat flotasyonuna tabi tutulmuş ve feldspat yüzerken kuvarsin bastırılması sağlanmıştır. Feldspatlar da kuvars gibi silika tetrahedronundaki dört oksijenin paylaşılması ile oluşan, üç boyutlu kafes yapısı gösteren minerallerdir. Fakat bu minerallerde silisin dörtte biri veya yarısı yerine alüminyum gelmiş, elektriksel denge, bileşiğe sodyum, potasyum veya kalisyum ilavesi ile sağlanmıştır.

Feldspatlar, anyonik flotasyonda kuvarsla aynı özellikleri gösterirler. Katyonik flotasyonda HF asit ve fluorürler kullanılarak kuvars bastırılır, düşük pH'da (pH 2-3) aminlerle feldspatlar yüzdürülür ve kuvars bastırılır. Kuvars için en uygun bastırıcılar, asit ortam (H_2SO_4), sodyum silikat (Na_2SiO_3) ve HF asittir. (Atak, 1974; Leja, 1983; Önal ve Ateşok, 1994).

Bu çalışmada, feldspatı yüzdürmek için toplayıcı reaktif olarak Armac-T ve yardımcı reaktif olarak gazyağı, pH ayarlamak ve aynı zamanda feldspatı canlandırmak amacıyla da HF asit kullanılmıştır. En iyi sonuçlar aşağıdaki koşullarda elde edilmiş ve sonuçlar Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Demirli ve Renk Verici Minerallerin Flotasyonu Sonuçları.

Ürünler	Miktar %		Tenörler (%)			Dağılım (%)					
	Deneye Göre	İlk Bes. Göre	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	K ₂ O		Na ₂ O		Fe ₂ O ₃	
						Deneye Göre	İlk Bes. Göre	Deneye Göre	İlk Bes. Göre	Deneye Göre	İlk Bes. Göre
Konsantre	4,18	3,94	3,24	2,95	5,09	2,18	2,00	3,39	3,19	76,00	57,30
Artık	95,82	90,31	6,35	3,67	0,07	97,82	91,00	96,61	90,81	24,00	18,10
TOPLAM	100,00	94,25	6,22	3,64	0,28	100,00	93,00	100,00	94,00	100,00	75,40

Tablo 4. Feldspat Flotasyonu Sonuçları.

Ürünler	Miktar %		Tenörler (%)		Dağılım (%)			
	Deneye Göre	İlk Bes. Göre	K ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O		Na ₂ O	
					Deneye Göre	İlk Bes. Göre	Deneye Göre	İlk Bes. Göre
Konsantre	76,16	68,78	7,96	4,31	95,47	86,88	89,44	81,22
Artık	23,84	21,53	1,21	1,63	4,53	4,12	10,56	9,59
TOPLAM	100,00	90,31	6,35	3,67	100,00	91,00	100,00	90,81

Deney Koşulları:

Armac-T	:1000g/t	Kıvam Zamanı	:7 dk
Gazyağı	:2000g/t	HF	:1600g/t
Pulp Yoğunluğu	:% 20 K	MIBC	:150g/t
pH	:3,0		

Deney Koşulları:

Armac-T	:750g/t	Pulp Yoğunluğu	:% 20 K
Gazyağı	:1500g/t	pH	:3,0
Kıvam Zamanı	:7 dk	MIBC	:150g/t
HF	:1500g/t	Na ₂ SiO ₃	:350g/t

3.1.4. Temizleme Flotasyonu

Feldspat flotasyonunda elde edilen konsantrelerin verimlerinin yüksek olmasına karşın K₂O tenörlerinin biraz düşük olması nedeniyle, tenörü arttırmak amacıyla temizleme flotasyonu yapılmıştır. Temizleme flotasyonunda kuvarsi bastırmak amacıyla Na₂SiO₃ (SiO₂:Na₂O oranı 2,6:1) kullanılmıştır. En iyi sonuçlar aşağıdaki koşullarda elde edilmiş ve sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir.

3.2 Multi Gravite Separatör Çalışmaları

Multi gravite separatör çalışmalarında maksimum konsantre tenörü ve verimi elde edebilmek için en uygun koşulları belirlemek amacıyla bir seri deney yapılmıştır. Multi gravite separatör deneylerinde yıkama suyu miktarı, genlik, çalkalama hızı, tambur hızı ve tambur açısının optimum değerleri belirlenmiştir.

Yıkama suyunun etkisini incelemek amacıyla yapılan zenginleştirme deneylerinde; tambur hızı: 240

Tablo 5. Temizleme Flotasyonu Sonuçları.

Ürünler	Miktar %		Tenörler (%)		Dağılım (%)			
	Deneye Göre	İlk Bes. Göre	K ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O		Na ₂ O	
					Deneye Göre	İlk Bes. Göre	Deneye Göre	İlk Bes. Göre
T.Konsantre	64,74	58,47	8,94	4,38	95,47	82,94	86,40	70,16
Ara Ürün	11,42	10,31	2,40	3,91	4,53	3,94	13,60	11,06
K.Konsantre	76,16	52,38	7,96	4,31	95,47	82,94	89,44	72,64
Artık	23,84	16,40	1,21	1,63	4,53	3,94	10,56	8,58
TOPLAM	100,00	68,78	6,35	3,67	100,00	86,88	100,00	81,22

rpm, açısı: 4°, çalkalama hızı: 4,0 cps, genlik: 10 mm ve besleme pulp yoğunluğu: % 33 K olarak sabit tutulurken, yıkama suyu miktarı 2 litre/dk-6 litre/dk arasında değiştirilmiştir. Yıkama suyunun miktarının artması konsantre tenörünün yükselmesine, konsantre veriminin ise düşmesine neden olmuştur. Konsantre tenörü ve verimi açısından en iyi sonuçlar yıkama suyu miktarı 3 litre/dk olarak alındığında elde edilmiştir.

MGS ile ayırmada genliğin etkisini araştırmak için yapılan deneylerde yıkama suyu miktarı 3 litre/dk olarak alınmış, diğer parametreler bir önceki deneyde olduğu gibi sabit tutulmuş ve genlik 10mm, 15 mm ve 20 mm olarak değiştirilmiştir. Uygulamada küçük genlik ile büyük çalkalama hızı kullanılır (Özdağ vd., 1993; Özdağ vd., 1994; Chan vd., 1991). Genlik büyüdükçe konsantre tenörünün yükseldiği buna karşılık konsantre veriminin düştüğü gözlemlenmiştir. En iyi sonuçlar genlik 20 mm olduğunda elde edilmiştir.

Çalkalama hızının etkisini incelemek için yapılan deneylerde genlik 20 mm olarak alınırken çalkalama hızı 4,0 cps-4,8 cps ve 5,7 cps olarak değiştirilmiş, diğer parametreler sabit tutulmuştur. Genellikle, yüksek çalkalama hızı ile küçük genlik, düşük çalkalama hızı ile büyük genlik kullanılır (Özdağ vd., 1993; Özdağ vd., 1994; Chan vd., 1991). Konsantre tenörü ve verimi açısından en iyi sonuçlar çalkalama hızı 4,0 cps olduğunda elde edilmiş ve çalkalama hızı arttığında konsantre tenörü yükselirken verimin düştüğü görülmüştür.

MGS ile zenginleştirme deneylerinde ince ve/veya düşük yoğunluklu malzemeler için küçük tambur açısı, iri ve/veya yüksek yoğunluklu malzemeler için büyük tambur açısı tercih edilir (Özdağ vd., 1993; Özdağ vd., 1994; Chan vd., 1991). Bu çalışmada da tambur açısı 0°-9° arasında değiştirilmiş, çalkalama hızı 4,0 cps olarak alınmış ve diğer parametreler sabit tutulmuştur. Tambur açısı büyüdüğü zaman konsantre tenörü artarken verim azalmıştır. En iyi sonuçlar tambur açısı 4° iken elde edilmiştir.

Tambur hızı MGS ile ayırmada en önemli parametrelerden biridir. Tambur hızı 180 rpm-240 rpm arasında değiştirilirken tambur açısı 4° olarak alınmış ve diğer parametreler sabit tutulmuştur. Tambur hızının artması ile konsantre verimi yükselirken konsantre tenörü düşmüştür. En iyi sonuçlar tambur hızı 180 rpm olduğunda elde edilmiştir. Tamburun ön kısmından alınan ağır mineraller artık, yıkama suyu ile tamburun arka tarafına taşınan ve tamburun arka kısmından alınan hafif minerallerde konsantre olarak isimlendirilmiştir.

Multi gravite separatör ile zenginleştirme deneyleri sonunda konsantre tenörü ve verimi açısından en iyi sonuçlar aşağıdaki deney koşullarında elde edilmiş ve sonuçlar Tablo 6'da gösterilmiştir.

Deney Koşulları:

Yıkama Suyu	:3 l/dk	Tambur Hızı	:180rpm
Genlik	:20mm	Besleme Pulp Yoğunluğu	:% 33K
Çalkalama Hızı	:4,0cps	Besleme Oranı	:40kg
Açı	:4°		

4. SONUÇLAR

Yapılan flotasyon ve multi gravite separatör ile zenginleştirme çalışmaları sonucu elde edilen feldspat ve kuvars konsantrelerinin seramik ve cam sanayiinin gereksinimini karşılayabilecek özellikte olduğu belirlenmiştir. Flotasyon yöntemi ile zenginleştirme deneyleri sonucunda; % 8,94 K₂O ve % 4,38 Na₂O içeren feldspat konsantresi % 82,94 K₂O verimi ile elde edilirken, Multi Gravite Separatör ile yapılan zenginleştirme deneylerinde en iyi koşullarda % 9,01 K₂O ile % 4,51 Na₂O içeren konsantre % 91,10 K₂O verimi ile elde edilmiştir. Multi Gravite Separatör ile zenginleştirme çalışmaları sonucu elde edilen konsantrenin K₂O tenörü ve verimi flotasyon ile zenginleştirme çalışmalarına göre daha yüksektir. Her iki zenginleştirme çalışması-

Tablo 6. Multi Gravite Separatör ile Zenginleştirme Deneyi Sonuçları.

Tambur Hızı (rpm)	Ürünler	Miktar (%)	K ₂ O (%)		Na ₂ O (%)		SiO ₂ (%)		Fe ₂ O ₃ (%)	
			Tenör	Dağılım	Tenör	Dağılım	Tenör	Dağılım	Tenör	Dağılım
180	Konsantre	63,80	9,01	91,10	4,51	78,83	60,23	54,91	0,07	12,76
		Artık	36,20	1,55	8,90	2,13	21,17	87,16	45,09	0,84
200	Konsantre	67,10	8,83	93,90	4,54	83,50	66,10	63,38	0,29	55,60
		Artık	32,90	1,17	6,10	1,84	16,50	77,89	36,62	0,47
220	Konsantre	69,50	8,47	93,29	4,52	86,10	68,36	67,89	0,46	91,34
		Artık	30,50	1,39	6,71	1,67	13,90	73,67	32,11	0,10
240	Konsantre	58,15	7,95	73,30	3,90	62,10	69,24	57,54	0,55	91,38
		Artık	41,85	4,03	26,70	3,30	37,90	71,00	42,46	0,07
	TOPLAM	100,00	6,31	100,00	3,65	100,00	69,98	100,00	0,35	100,00

nın da aynı tane boyutunda yapıldığı dikkate alınırsa flotasyon ile zenginleştirme çalışmaları hem kullanılan flotasyon reaktifleri nedeniyle daha pahalı bir yöntem olması hem de konsantrasyonu ve tenörünün daha düşük olması nedeniyle Simav feldspatının zenginleştirilmesi için Multi Gravite Separatör kullanılması daha uygun gibi görülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abouzeid, A.Z.M., Negem, A.A., Boulos, T.R. ve Ahmed, H.A. (2000). Beneficiation of nepheline syenite ore for glass and ceramic industry. *Proceedings of the 8 th International Mineral Processing Symposium*, 16-18 October, Antalya, 311-316.
- Akar, G., Seyrankaya, A., Güler, E. ve Akar, A. (2000). Removal of heavy minerals from albite of Muğla-Milas district by flotation. *Proceedings of the 8 th International Mineral Processing Symposium*, 16-18 October, Antalya, 317-321.
- Akar, A., Kemal, M., Malayoğlu, U. ve Seyrankaya, A. (1994). Gördes-Köprübaşı (Manisa) feldspatlarının flotasyonla zenginleştirilmesinin araştırılması. Çukurova Üniversitesi Müh. Mim. Fak. 15. Yıl Sempozyumu, 4-7 Nisan, Adana, 459-471.
- Akar, A. (1994). Evaluation of Gördes-Köprübaşı district feldspar industrial raw material deposits. *5 th International Mineral Processing Symposium*, 6-8 Eylül, Kapadokya, 243-249.
- Atak, S. (1974). *Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması*. İ.T.Ü., Maden Fakültesi, İstanbul, 199-200.
- Bayraktar, İ., Ersayın, S., Gülsoy, Ö.Y., Ekmekçi, Z. ve Can, M. (1999). Temel seramik ve cam hammaddelerimizdeki (Feldspat, Kuvars ve Kaolin) kalite sorunları ve çözüm önerileri. *3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 14-15 Ekim, İzmir, 22-33.
- Belardi, G., Sheau, N., Marabini, A.M. ve Veglio, F. (1995). Surface response method in the optimization study of a multi-gravity separator: concentration of chromite fines. precious metals Processing and Mineral Waste and the Environment, SME Publisher, U.S.A., 153-157.
- Bolger, R. (1995). Feldspar and nepheline syenite Turkish Delight in Export Sales. *Industrial Minerals*, No. 332, 25-45.
- Bozkurt, V. ve Üçbaşı, Y. (2000). Concentration of feldspar ore from trachyte. *Proceedings of the 8 th International Mineral Processing Symposium*, 16-18 October, Antalya, 323-329.
- Chan, B.S.K., Mozley, R.H. ve Childs, G.J.C. (1991). The MGS-A Mine Scale Machine. Richard Mozley Ltd. Cornwall, UK., pp.20.
- Erdoğan, E. (1999). Feldspat madenciliğinin alt yapı problemleri. *3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 14-15 Ekim, İzmir, 6-9.
- Fuerstenau, M.C., Miller, J.D. ve Khun, M.C. (1985). *Chemistry of Flotation*. Society of Min. Eng., New York, 97.
- Karagüzel, C., Yamık, A. ve Bentli, İ. (2000). Beneficiation of Simav-Dağardı feldspar by flotation. *Proceedings of the 8 th International Mineral Processing Symposium*, 16-18 October, Antalya, 331-334.
- Kaya, M. (1991). *Flotasyon El Kitabı*. A.Ü. Müh. Mim. Fak., Maden Müh. Bölümü, Eskişehir, 88-90.
- Kılavuz, F.Ş. ve Gülsoy, Ö.Y. (2000). The effect of metal ions on the selectivity of feldspar-quartz separation. *Proceedings of the 8 th International Mineral Processing Symposium*, 16-18 October, Antalya, 225-229.
- Kılıç, Ö., Akarsu, H., ve Anıl, M. (1999). Adana-Mersin (Hebilli)/ İçel yöresindeki feldspatik kuvars kumtaşlarının cam hammadde olarak kullanılabilirliği. *3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 14-15 Ekim, İzmir, 217-224.
- Leja, J. (1983). *Surface chemistry of froth flotation*. Plenum Press, New York, 39-42, 164.,617.
- Manser, R.M. (1973). *Handbook of Silicate Flotation*. Warren Spring Lab., Stevenage, Herts, England, 163-168.
- Okur, E. (1984). *Simav-Dağardı Feldspatlarının Zenginleştirme Olanaklarının Araştırılması*. A.Ü. Müh. Mim. Fak., Yayınları, No. 3, Eskişehir, 116.
- Önal, G. ve Ateşok, G. (1994). *Cevher Hazırlama El Kitabı*. İstanbul, 221,285.
- Öteyaka, B., Bilir, K., Gürsoy, H., Üçbaşı, Y., Bozkurt, R. ve Çiftçi, M. (2000). Recovery of feldspar from altered granites. *Proceedings of the 8 th International Mineral Processing Symposium*, 16-18 October, Antalya, 323-326.
- Özdağ, H., Üçbaşı, Y. ve Koca, S. (1993). Enrichment of Chromite Ore by Means of Multi-Gravity Separator. *Geosound*, 167-176.
- Özdağ, H., Üçbaşı, Y. ve Koca, S. (1994). Recovery of chromite from slime and table tailings by multi-gravity separator. *Proceedings of International Conference on Innovations in Mineral Processing*, Sudbury, Ontario, Canada, 267-278.

- Ryan, W. ve Radford, C. (1987). *Whitewares Production, Testing and Quality Control*. Pergamon Press, Oxford, 10-13, 114-159.
- Seyrankaya, A. ve Akar, A. (1997). Beneficiation of Manisa-Gördes (Turkey) feldspar ore for use in the ceramic and glass industries. *7 th Balkan Conference on Mineral Processing*, 26-30 May, Romania, Vol. II, 173-176.
- Sümer, G. ve Kaya, M. (1995). Aydın-Çine feldspatlarının flotasyon ile zenginleştirilmesi. *End. Hammaddeler Semp.* 21-22 Nisan, İzmir, 59-69.
- Toydemir, N. (1991). *Seramik*. İ.T.Ü. İstanbul, 15-16.
- Veglio', F., Forlano, P., Belardi, G. ve Sheau, N. (1996). Factorial experiments and principal component analysis in the optimization study of a multi-gravity separator. *6 th International Mineral Processing Symp.* Kuşadası, Turkey, 91-96.



Nermin Gence, 1957 yılında Eskişehir'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Eskişehir'de tamamladı. 1975 yılında İsparta İlköğretmen okulundan mezun oldu. 1975-1978 yıllarında Kütahya'da İlkokul öğretmenliği yaptı. 1982 yılında Anadolu Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1985'de Anadolu Üniversitesi Kütahya Meslek Yüksekokuluna öğretim görevlisi olarak atandı. Yüksek Lisansını 1985 yılında, Doktora derecesini 1991 yılında Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden aldı. Eylül 1991'de Yardımcı Doçent, Kasım 1999'da Doçent oldu. Halen Anadolu Üniversitesi Bozüyük Meslek Yüksekokulunda görev yapmaktadır.