

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FOİD İÇERİKLİ KAYAÇLARDAN SERAMİK HAMMADDESİ
KAZANIMININ ARAŞTIRILMASI**

Şemsettin ULUTAŞ

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Savaş ÖZÜN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2017**



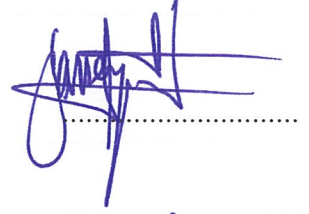
© 2017 [Şemsettin ULUTAŞ]

TEZ ONAYI

Şemsettin ULUTAŞ tarafından hazırlanan “**Foid İçerikli Kayaçlardan Seramik Hammaddesi Kazanımının Araştırılması**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Maden Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Savaş ÖZÜN
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Y. Kağan KADIOĞLU
Ankara Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇIRAK
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yasin TUNCER

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Şemsettin ULUTAŞ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Seramik	1
1.2. Seramik Hammaddeleri.....	1
1.2.1. Feldspat	3
1.2.1.1. Feldspatların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	5
1.2.1.2. Feldspatların Bulunuş Şekilleri	6
1.2.2. Feldspat Rezervi.....	10
1.2.3. Feldspatların Kullanım Alanları.....	12
1.3. Feldspatların Zenginleştirilmesi.....	15
1.4. Tezin Amacı	18
2. KAYNAK ÖZETLERİ	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1. Materyal	26
3.1.2. Foid İçerikli Kayaç Numunesi	26
3.1.2. Flotasyon Kimyasalları	31
3.2. Yöntem.....	32
3.2.1. Elek Analizi.....	32
3.2.2. Serbestleşme Derecesinin Belirlenmesi	33
3.2.3. Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme.....	34
3.2.4. Flotasyon ile Zenginleştirme.....	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	37
4.1. Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme.....	37
4.1.1. Kuru Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme.....	37
4.1.2. Yaş Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme.....	39
4.2. Flotasyon İle Zenginleştirme.....	41
4.3. Flotasyon Sonrası Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme	45
4.3.1. Flotasyon Sonrası Kuru Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme.....	45
4.3.2. Flotasyon Sonrası Yaş Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme.....	47
4.4. Manyetik Ayırma Sonrası Flotasyonla Zenginleştirme	50
4.4.1. Manyetik Ayırma Sonrası Toplayıcı Miktarının Flotasyon Verimine Etkisi.....	51
4.4.2. Manyetik Ayırma Sonrası Pülp Yoğunluğunun Flotasyon Verimine Etkisi.....	52
4.4.3. Manyetik Ayırma Sonrası Kıvamlandırma Süresinin Flotasyon Verimine Etkisi.....	54
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	63

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FOİD İÇERİKLİ KAYAÇLARDAN SERAMİK HAMMADDESİ KAZANIMININ ARAŞTIRILMASI

Şemsettin ULUTAŞ

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Savaş Özün

Bu tez kapsamında yapısında albit, sanidin, ortoklaz, feldspatoid, nefelin vb. alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) içerikli mineraller bulunduran foid içerikli kayaç işleme tesisi pasalarından manyetik ayırma, flotasyonla zenginleştirme ve her iki yöntemin birlikte uygulanması ile yüksek alkali içerikli seramik hammadde kazanımı amaçlanmıştır. Bu bağlamda Isparta/Direkli yöresinden temin edilen foid içerikli (foid monzosiyenit porfir) kayaçın serbestleşme boyutu dikkate alınarak ($-0.106+0.038$ mm) gerçekleştirilen boyutküçültme işlemleri sonrasında uygulanan kuru manyetik ayırma işlemlerinde %85'lik bir $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi ve yaklaşık %0.95 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlük konsantre elde edilirken, yaş manyetik ayırma işlemlerinde ise yaklaşık %70 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi ile %1.2 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantre elde edilmiştir. Flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde ise konsantre kazanım verimi ve elde edilen konsantrenin % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörü ortam pH değerine ve toplayıcı miktarına bağlı olarak değişirken, en düşük % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantre (%1.65) 2000g/toplayıcı varlığında pH 9.75-10.25 aralığında elde edilmiştir. Flotasyonla zenginleştirme sonrası elde edilen konsantreye uygulanan kuru manyetik ayırma işlemleri ile artan toplayıcı miktarına bağlı olarak %1.05 ile %0.90 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantreler elde edilmiştir. Flotasyon sonrası yaş manyetik ayırma işlemlerinde ise konsantre kazanım verimi artarken (%80), daha yüksek % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ (%1.1) tenöre sahip konsantre kazanımı sağlanmıştır. Manyetik ayırma işlemleri sonrasında uygulanan flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde ise elde edilen konsantrenin % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ içeriğinin toplayıcı miktarı, pülp yoğunluğu ve kıvamlandırma süresine bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Foid monzosiyenit porfir, doğal taş işleme tesisi pasası, flotasyon, manyetik ayırma, seramik hammadde kazanımı.

2017,64 sayfa

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION ON RECOVERY OF CERAMIC RAW MATERIAL FROM FOID-BEARING ROCKS

Şemsettin ULUTAŞ

Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mining Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Savaş ÖZÜN

In this thesis, it was aimed to acquire a high alkali ceramic raw material from the waste of the processing plant offoid-bearing rock which includes alkali-containing ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) minerals like albite, sanidine, orthoclase, feldspathoid, nepheline etc. by magnetic separation, flotation and combination of these two methods. In this respect, after the comminution operations regarding the liberation size ($-0.106+0.038$ mm) of foid-bearing rock (foidmonzosyenite porphyry) obtained from Isparta/Direkli region was subjected to dry and wet magnetic separation. A concentrate having 0.95% $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ grade was obtained with an $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ removal efficiency of 85% in dry magnetic separation processes while a concentrate having 1.2% $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ grade was obtained in wet magnetic separation processes with 70% $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ removal efficiency. In the flotation stage, the efficiency of the processes and the $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2\%$ grade of concentrate varied depending on pH and the collector amount. The concentrate having the lowest $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2\%$ grade (1.65%) was obtained in the presence of 2000 g/t collector in the pH range of 9.75-10.25. The dry magnetic separation processes applied to the concentrate of the flotation processes yielded concentrates having 1.05% to 0.90% $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ grades depending on the increasing collector amount. In the case of wet magnetic separation operations conducted on the concentrate of flotation processes, the recovery of the concentrate increased (80%) leading concentrates having higher $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ content (1.1%). It has also been determined that the $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ content of the concentrate obtained by the flotation process applied after the magnetic separation processes varied depending on the amount of collector, the pulp density and the conditioning time.

Keywords: Foid monzosyenite porphyry, waste of natural stone processing plant, flotation, magnetic separation, recovery of ceramic raw materi.

2017, 64 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım süresince, bu araştırma için beni yönlendiren, tüm çalışmalarımı yakından izleyen, literatür araştırmalarım da çok büyük katkısı olan ve karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Savaş ÖZÜN'e teşekkürlerimi sunarım.

4713-YL1-16 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na ve tez kapsamında kullanılan fonolit cevher numunesinin temini sağlayan Ünlü Mühendislik Ltd. Şti. Fonolit BarıdaDoğaltaş İşletmesi yöneticilerine teşekkür ederim.

Fonolit cevherlerinin kimyasal analizlerinin gerçekleştirildiği Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi, YEBİM Müdürü Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Öğrenim hayatımın ilk gününden bugüne kadar maddi - manevi destekleri ile daima yanımda olan ve olmaya devam eden, sevgileri ile hep yanımda olan, beni bugünlere getiren annem Emine ULUTAŞ, babam Kenan ULUTAŞ ve sevgili kardeşlerime sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Şemsettin ULUTAŞ
ISPARTA, 2017

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Feldspatların izomorf karışma diagramı	3
Şekil 1.2. Çeşitli feldspat mineralleri	6
Şekil 1.3. Feldspatik ve feldspatik olmayan minerallerin % alumina ve alkali içerikleri.....	6
Şekil 1.4. TAS (Toplam alkali ve silika; total alkali silica) diagramı.....	9
Şekil 1.5. Tipik feldspat flotasyon akım şeması	18
Şekil 3.1. Isparta jeoloji haritası.....	26
Şekil 3.2. Foid monzosiyenit porfir numunesi XRD analizi.....	27
Şekil 3.3. Holokristalin porfirik dokulu Foid monzosiyenit porfir'in çapraz nikoldeki mikrofotografı.....	29
Şekil 3.4. Holokristalin porfirik dokulu foid monzosiyenit porfir'in paralel nikoldeki mikrofotografı.....	29
Şekil 3.5. Ocaktan çıkarılan, ST ile taraması yapılmakta olan foid monzosiyenit porfir bloğu ve pasaya atılacak olan blok altı.....	29
Şekil 3.6. Sallamalı başkesme makinasında ebatlanan foid monzosiyenit porfir ve pasaya atılan kısımları	29
Şekil 3.7. Foid monzosiyenit porfir tesisinin akım şeması	30
Şekil 3.8. Oleik asit/oleat'ın pH'a dayalı tür değişim grafiği	31
Şekil 3.9. Tane sayımı yönteminde kullanılan mikroskop	35
Şekil 3.10. Tamburlu manyetik ayırıcı.....	35
Şekil 3.11. Laboratuvar tipi yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcı	35
Şekil 3.12. Laboratuvar tipi denver flotasyon makinesi, flotasyon işleminin şematik gösterimi.....	38
Şekil 4.1. Farklı tambur hızlarında elde edilen konsantre verimi	38
Şekil 4.2. $Fe_2O_3+TiO_2$ uzaklaştırma verimi (%) - konsantre % $Fe_2O_3+TiO_2$ tenör değişimi	38
Şekil 4.3. Farklı besleme hızlarında elde edilen konsantre verimi	40
Şekil 4.4. $Fe_2O_3+TiO_2$ uzaklaştırma verimi (%) - konsantre % $Fe_2O_3+TiO_2$ tenör değişimi	40
Şekil 4.5. Toplayıcı miktarına bağlı flotasyon verim değişimi.....	49
Şekil 4.6. 1000g/t toplayıcı varlığında $Fe_2O_3+TiO_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $Fe_2O_3+TiO_2$ tenör değişimi.....	43
Şekil 4.7. 1500g/t toplayıcıvarlığında $Fe_2O_3+TiO_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $Fe_2O_3+TiO_2$ tenör değişimi.....	44
Şekil 4.8. 2000g/t toplayıcıvarlığında $Fe_2O_3+TiO_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $Fe_2O_3+TiO_2$ tenör değişimi.....	44
Şekil 4.9. Farklı toplayıcı miktarlarında elde edilen flotasyon konsantrelerinin kuru manyetik ayırmadaki verim değişimi	46
Şekil 4.10. 1000g/ttoplayıcı ile flotasyon sonrası kuru manyetik ayırma işlemi $Fe_2O_3+TiO_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $Fe_2O_3+TiO_2$ tenör değişimi...	46
Şekil 4.11. 1500g/ttoplayıcı ile flotasyon sonrası kuru manyetik ayırma işlemi $Fe_2O_3+TiO_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $Fe_2O_3+TiO_2$ tenör değişimi...	47
Şekil 4.12. 2000g/ttoplayıcı ile flotasyon sonrası kuru manyetik ayırma işlemi $Fe_2O_3+TiO_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $Fe_2O_3+TiO_2$ tenör değişimi...	47
Şekil 4.13. Farklı toplayıcı miktarlarında elde edilen flotasyon konsantrelerinin yaş manyetik ayırmadaki verim değişimi.....	48
Şekil 4.14. 1000g/ttoplayıcı ile flotasyon sonrası yaş manyetik ayırma işlemi $Fe_2O_3+TiO_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $Fe_2O_3+TiO_2$ tenör değişimi...	49

Şekil 4.15. 1500g/ttoplayıcı ile flotasyon sonrası yaş manyetik ayırma işlemi Fe ₂ O ₃ +TiO ₂ uzaklaştırma verim (%) - % Fe ₂ O ₃ +TiO ₂ tenör değişimi...	49
Şekil 4.16. 2000g/ttoplayıcı ile flotasyon sonrası yaş manyetik ayırma işlemi Fe ₂ O ₃ +TiO ₂ uzaklaştırma verim (%) - % Fe ₂ O ₃ +TiO ₂ tenör değişimi...	55
Şekil 4.17. Yaş manyetik ayırma konsantrelerine yapılan flotasyonla zenginleştirmenin toplayıcı göre verim değişimi	51
Şekil 4.18. Yaş manyetik ayırma sonrası farklı toplayıcı miktarlarında Fe ₂ O ₃ +TiO ₂ uzaklaştırma verim (%) - % Fe ₂ O ₃ +TiO ₂ tenör değişimi	52
Şekil 4.19. Yaş manyetik ayırma konsantrelerine yapılan flotasyonla zenginleştirmenin pülp yoğunluğuna göre verim değişimi	53
Şekil 4.20. Yaş manyetik ayırma sonrası farklı pülp yoğunluklarında Fe ₂ O ₃ +TiO ₂ uzaklaştırma verim (%) - % Fe ₂ O ₃ +TiO ₂ tenör değişimi	53
Şekil 4.21. Yaş manyetik ayırma konsantrelerine yapılan flotasyonla zenginleştirmenin kıvamlandırma süresine göre verim değişimi.....	55
Şekil 4.22. Yaş Manyetik Ayırma Sonrası Farklı Kıvamlandırma Sürelerinde Fe ₂ O ₃ +TiO ₂ Uzaklaştırma Verim (%) - % Fe ₂ O ₃ +TiO ₂ Tenör Değişimi	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Ticari feldspatların kuramsal kimyasal bileşimleri.....	3
Çizelge 1.2. Plajiyoklazların bileşimleri	4
Çizelge 1.3. Doğada en çok rastlanan feldspat mineralleri.....	5
Çizelge 1.4. Başlıca feldspatoid grubu mineraller	10
Çizelge 1.5. Dünya feldspat rezervleri	11
Çizelge 1.6. Rezerv tespiti yapılmamış ancak bilinen oluşumlar	11
Çizelge 1.7. Türkiye'deki feldspat türleri ve rezerv miktarı.....	12
Çizelge 1.8. Cam sanayinde kullanılan feldspat bileşiminin standartları	14
Çizelge 1.9. Seramik sanayinde kullanılan feldspatın standartları	14
Çizelge 3.1. Foid monzosiyenit porfir numunesinin kimyasal analiz sonuçları	27
Çizelge 3.2. Öğütme işlemleri sonrası foid monzosiyenit porfir kayaca ait elek analizi sonuçları.....	32
Çizelge 3.3. Foid monzosiyenit porfir cevheri serbestleşme tane boyutu analizi.....	33
Çizelge 4.1. Flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde kullanılan değişkenler	41

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

dk	Dakika
dv/dk	Devir/dakika
g/t	gram/ton
Kg	kilogram
kg/saat	kilogram/saat
mg/lt	Miligram/Litre
MTA	Maden Tetkik Arama
M.Ö.	Milattan Önce
SYN	Sıfır Yük Noktası



1. GİRİŞ

1.1. Seramik

Seramik; en genel tanımıyla organik olmayan malzemelerin oluşturmuş oldukları birleşimlerin, farklı şekillendirme yöntemlerinin kullanımları sonrasında uygulanan sırlama (ya da sırlama işlemleri uygulanmadan) işlemleri ile sertleşmeleri ve dayanımlarının artırılması amacıyla pişirilmeleri ile elde edilen ürün olarak adlandırılmaktadır (Arcansoy, 1983).

Gerçekleştirilen en son kazı ve araştırma sonuçlarına göre Antalya Beldibi buluntuları seramiğin M.Ö. 10000'lerde de yapılmış olduğunu gösterse de, M.Ö. onuncu ve dokuzuncu binlerde Türkistan'ın Aşkava bölgesi (M.Ö. 8000) ve Filistin'in Jericho bölgesinde (M.Ö. 7000) üretildiği belirlenen ilk seramik gereçlerin üretimleri ateşin bulunması ile başlamaktadır (Gürses, 1998). Balçık olarak da adlandırılan ilk seramik hammadde olarak kullanılan çok ince boyutlu koyu kıvamlı çamur birikintilerine daha sonrasında daha az özlü toprak ve nehir kumlarının ilavesi ile pişirilme sonrasında daha sert ve dayanıklı seramik ürünler elde edilmiştir (Arcansoy, 1983; Gürses, 1998). Günümüzde metal ve alaşımları dışında kalan, inorganik tüm mühendislik malzemeleri ve bu inorganik malzemelerin ürünleri olan herşey seramik olarak adlandırılırken, halen kullanılmakta olan ilkel seramik üretim yöntemlerine ek olarak ileri teknoloji kullanımı ile nitelikleri kullanım yerine bağlı olarak değişkenlik gösteren yüksek standartlarda seramik malzemeler üretilmektedir.

1.2. Seramik Hammaddeleri

Seramik hammaddeleri özlü ve özsüz hammaddeler olmak üzere iki alt grupta sınıflandırılmaktadır. Seramik hammaddelerin saflığı, tane boyut dağılımı, reaktifliği, polimorfik yapı dönüşümü vb. seramik hammadde özellikleri ve şekillendirme yöntemleri bir seramik malzemenin nihai özellikleri açısından önemli etkiye sahiptirler (Arcansoy, 1983).

Granit, gnays, porfir, feldspat, siyenit, pegmatit vb. birincil kayaçların sıcaklık-soğukluk dereceleri, su, rüzgar, tektonik hareketler vb. doğal ve fiziko-kimyasal etkenlerin etkisi ile aşınma, bozunma, ufalanma, sürüklenmeleri sonucunda oluşan; su ile yoğurulduklarında kolayca şekil alabilen, kurumaları sonrasında dağılmadan

verilen şekli muhafaza edebilen hammaddeler (kil grubu mineraller) özlü seramik hammaddeleri olarak adlandırılır. Çömlek, tuğla, karo, fayans, boru, ev eşyası vb. birçok geleneksel seramik malzeme üretiminde kullanılan kil grubu mineraller tabakalı yapıya sahip hidratlaşmış alümina silikatlar olarak adlandırılırken, özlülük derecelerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Özlü seramik hammaddesi olarak yaygın kullanılan bazı kil mineralleri ve kimyasal formülleri aşağıdaki gibidir;

- Kaolinit [$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$],
- Halloysit [$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$],
- Profillit [$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_2$] ve
- Montmorillonit [$\text{Al}_{1,67}(\text{Na},\text{Mg})_{0,33}(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_2$] vb. (Arcansoy, 1983).

Seramik çamuruna ilave edildikleri takdirde seramik çamurunun özsüzleşmesini sağlayan; çamurun kuru direnç, kuru küçülme ve pişme küçülmesini azaltırken su emme kabiliyetini artıran; ince boyutlarda öğütüldüklerinde dahi su ile kolayca şekil almayan, dış bir etken ile dağılıp verilmiş olan şeklini kaybeden hammaddeler ise özsüz seramik hammaddeleri olarak adlandırılmaktadır. Seramik endüstrisinde kullanılan yaygın özsüz minerallere örnek olarak;

- Kuvars [SiO_2],
- Feldspat [KAlSi_3O_8 , $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ve $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$],
- Talk [$\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_2$],
- Asbest [$\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$],
- Vollastonit [CaSiO_3] ve
- Sillimanit [Al_2SiO_5] vb. verilebilmektedir(Arcansoy, 1983).

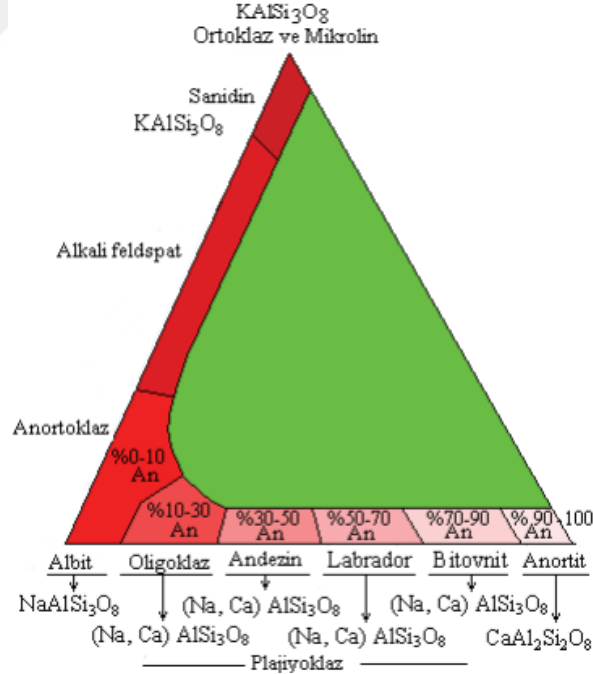
Özsüz seramik hammaddeleri grubunda yer alan ve yaygın olarak kullanılan kuvars ve feldspat grubu mineraller; cam, sır, frit, refrakter, aşındırıcı ve beyaz pişen seramiklerin üretiminde kullanılan yaygın minerallerin başında gelmektedir. Seramik çamurunun kuruma süresini de önemli ölçüde kısaltan bu mineral grupları, çamurun pişme sıcaklığını ve pişme aralığını da önemli oranda etkilemektedirler. Kuvars ilave edildiği miktara bağlı olarak çamurun bağlayıcı özelliğini ve kuru direncini artırırken, feldspat grubu mineraller sırlarda da kullanılan önemli bir eritici olmalarının yanı sıra çamurun pişirilmesi esnasında belirli bir pişme sıcaklığında çamurları pekiştirerek eritici özellik göstermektedir (Arcansoy, 1983).

1.2.1. Feldspat

Yeryüzünü bulunan en yaygın ve en önemli minerallerden biri olan feldspatlar, bir mineral grubunun genel adıdır. Kuramsal olarak kimyasal bileşimleri Çizelge 1.1’de verilen ticari feldspatlar izomorf karışımları ve oluşum özelliklerine göre alkali feldspatlar ve kalkosodik feldspatlar (plajiyoklaslar) olarak 2 alt gruba ayrılmaktadırlar. Şekil 1.1’de verilen feldspat üçgeni (izomorf karışma diagramı) göre kalsiyumca en zengin feldspat anortit olarak isimlendirilirken, sodyumca en zengin feldspat minerali albit ve potasyumca en zengin feldspat minerali ise mikrolin ya da ortoklaz olarak isimlendirilmektedir(Klein ve Hurlbut, 1993; Şensöz, 2009).

Çizelge 1.1. Ticari feldspatların kuramsal kimyasal bileşimleri (Gülgönül, 2004)

Mineral	% Na ₂ O	% K ₂ O	% CaO	% Al ₂ O ₃	% SiO ₂
Albit	11.8			19.4	68.8
	11.2		1.1	20.4	67.3
Ortoklaz		16.9		18.4	69.7
Anortit			20.1	28.6	43.3



Şekil 1.1. Feldspatların izomorf karışma diagramı(Klein ve Hurlbut, 1993)

Plajiyoklaz olarak isimlendirilen grupta yer alan, albit ve anortit arasında bulunan geçiş minerallerinin isimleri ve kimyasal formülleri % anortit içeriklerine göre Çizelge 1.2.’de verilmiştir. Çizelgeden de anlaşılabacağı gibi albit ile anortit mineralleri arasında

kalsiyum içeriği yukarıdan aşağıya doğru artan geçiş mineralleri bulunmaktadır. Alkali feldspatlar olarak isimlendirilen grupta ise minerallerin potasyum içeriği ortoklaz'dan albite doğru azalmaktadır.

Çizelge 1.2. Plajiyoklazların bileşimleri(MTA, 2017)

Mineral Adı	Kimyasal Bileşim	Anortit İçeriği (%)
Albit	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	0 - 10
Oligoklaz	$(\text{Na,Ca})(\text{Al,Si})_4\text{O}_8$	10 - 30
Andezin	$(\text{Na,Ca})(\text{Al,Si})_4\text{O}_8$	30 - 50
Labrodor	$(\text{Na,Ca})(\text{Al,Si})_4\text{O}_8$	50 - 70
Bitovnit	$(\text{Na,Ca})(\text{Al,Si})_4\text{O}_8$	70 - 90
Anortit	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	90 - 100

Potasyum Feldspat; Potasyumlu feldspatların en önemlileri; ortoklaz ile mikroklinidir. Kimyasal yapıları aynı fakat kristal şekilleri farklı olup, saf minerallerin formülleri KAISi_3O_8 'dur. Alkali feldspat grubu minerallerden monoklinik sisteme dahil olan tek mineral ortoklazdır. Potasyum feldspatlar doğada bir miktar sodyumlu feldspatla ve çok az miktarda kalsiyumlu feldspatla karışık mineraller halinde bulunurlar (Şensöz, 2009).

Sodyum Feldspat; Plajiyoklaz grubunun az miktarda kalsiyumlu olanıdır, formülü $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 'dir. Doğada bulunuş şekilleri bakımından bir miktar potasyumlu feldspatla karışık ve çok az kalsiyum içeren mineraller halinde bulunurlar. Plajiyoklazlar içerdiği sodyum feldspat ve kalsiyum feldspatlara miktarlarına göre belirli isimler almış olmalarına rağmen (Şekil 1.1) genel olarak plajiyoklaz olarak isimlendirilirler (Şensöz, 2009).

Kalsiyum Feldspat; Plajiyoklaz grubu mineraller arasında yer alan, bünyesinde ise sodyum feldspat bulunmayan veya çok az miktarda karışmış olanıdır. Anortit olarak isimlendirilirler. Formülü $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 'dir. Albit ile anortit izomorf karışımlarından meydana gelen mineraller sırası ile; albit, oligoklaz, andezin, labrador, bitovnit, anortit isimlerini alırlar (Şensöz, 2009).

1.2.1.1. Feldspatların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Feldspatlar doğada beyaz, açık pembe, pembemsi beyaz, sarımtırak, gri beyaz, nadiren de yeşilimsi renkte ve renksiz veya sütümsü olarak da bulunur. Mohs sertlik değerine göre genel olarak 6-6.5 sertlik derecesinesahip olan feldspatların yoğunlukları ise 2.5-2.76 g/cm³ arasında değişmektedir. Çizelge 1.3’dedoğada en çok rastlanan feldspatların fiziksel özellikleri ve Şekil 1.2’de ise çeşitli feldspat minerallerinin görselleri verilmiştir.

Çizelge 1.3. Doğada en çok rastlanan feldspat mineralleri (Özpeker, 1999)

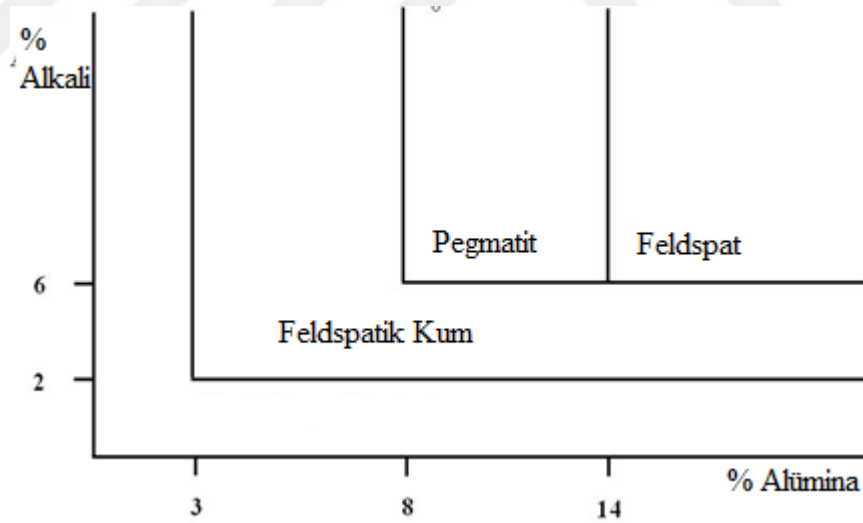
Mineral Adı	Formül	Renk, Parlaklık	Yoğunluk	Sertlik	Kristal Sistemi	Oluşum
ALBİT Latince “Albus” “beyaz” sözcüğünden türemiştir.	NaAlSi ₃ O ₈	Renksiz, beyaz, akçıl; saydam, yarısaydam, camsı, inci	2.6 2.62	6 6.5	Triklinik, yassı, masif, taneli	Asit ve ortaç mağmasal kayalar; pegmatitler, albitler, albitize granit, alkalın kayalar, gnays, kristalize şist, andezit, siyenit
ANORTİT Grekçe “Eğik” sözcüğünden türemiştir.	CaAl ₂ Si ₂ O ₈	Renksiz, beyaz, akçıl, pembemsi, kırmızı, saydam, yarısaydam, camsı	2.74 2.76	6 6.5	Monoklinik, kısa prizmatik, bloksu	Bazik sokulum ve volkanik kayaçlarda gabro anortozit, norit, bazik lavlar
MİKROKLİN Grekçe “Mikro” “Küçük” “Klein” “eğik” sözcüğünden türemiştir. Diliniimi eğik olduğundan.	KAlSi ₃ O ₈	Beyaz, akçıl, gri, pembemsi, saydam, yarısaydam, camsı	2.56	6 6.5	Triklinik, kısa prizmatik, masif taneli, bloksu	Asit mağmasal kayalar, pegmatitler, granit, siyenit, kristalin şistler, dokanak kuşakları, hidrotermal aralıklar
ORTOZ Grekçe “Orto” “Dik” “Klasis” kırıklı dilinimlerin dik olmasından ötürü	KAlSi ₃ O ₈	Renksiz, beyaz, gri, sarı, kırmızımsı, yeşilimsi, saydam, yarısaydam, camsı, inci	2.55	6 6.5	Monoklinik, kısa prizmatik, bloksu, masif taneli	Asit mağmasal kayalar, granit, siyenit, felsit, pegmatit, cevherli aralıklar, feldspatik kumtaşı, arkoz, başkalaşım kayalar



Şekil 1.2. Çeşitli feldspat mineralleri; albit, ortoklaz ve anortit (Mindat, 2017)

1.2.1.2. Feldspatların Bulunuş Şekilleri

Feldspat grubu mineraller yerkabuğundaki birçok magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaç bileşimlerinde büyük oranlarda bulunabilmektedirler. Farklı yöntemlerle uygun feldspat zenginliği sağlandığı takdirde kayaçların direk olarak sanayide kullanımı mümkün olabilmektedir. Avrupa birliği feldspat üreticileri birliğinin (Eurofel) hazırlamış olduğu rapora göre feldspatlar; $>58.0\% \text{ SiO}_2$, $>2.0\% \text{ alkali (Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O)}$, $>3.0\% \text{ alumina (Al}_2\text{O}_3)$ içerikli ve kızdırma kaybı $<3.0\%$ 'den daha az olan alümina silikatlar olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Feldspatik ve feldspatik olmayan minerallerin % alumina ve alkali içerikleri (Eurofel, 2017).

Ticari feldspat kaynağı olarak kullanılan kayaç türlerine örnek olarak;

Pegmatitler: Hakim mineral olarak potasyum feldspatın bulunduğu ve bünyesindeki ekonomik değerlere sahip başka mineraller de içerebilen, kaba taneli magmatik bir kayaç cinsidir. Genellikle granit granodiyorit bileşimli kayaçlarla ilişkili olarak

bulunur. Doğada en yaygın olarak granitik bileşimli olanlarıdır, onları siyenitik bileşimliler izler. Sanayide direkt olarak yada zenginleştirilmeye ihtiyaç duyularak kullanılır (Ciullo, 1996; DPT, 2001).

Aplitler: Mineralojik olarak, damar kayacı şeklinde ve granit bileşiminde bir kayaç dokusunu; ticari olarak ise, büyük ölçüde albitten oluşan feldspatik bir damar veya dayk kayacını ifade eder. Kaolinleşmiş türleri de sanayide kullanılmaktadır. Bunlar da granitik kayaçlarla ilişkili olarak oluşmuşlardır (DPT, 2001).

Feldspat Filonları: Na ve K feldspat tenörü yüksek olan saflığı bozulmuş Na ve K değerleri düşük olan granitik kayaçların kendi bünyeleri içinde veya kontak halindeki yan kayaçlarda enjeksiyon damarları halinde oluşmuş feldspatça zengin sokulumlardır (DPT, 2001; Gülgönül, 2004).

Alaskit: En yaygın olarak ABD’de Kuzey Carolina eyaletinde gözlenen belirli bir kayaç türünü ifade eder. Ticari olarak farklı bileşimdeki granitik kayaçlara uygulanır. Granitpegmatik arası bir kimyasal içeriğine sahip alaksitler, ticari olarak granitik kayaçlara uygulanır. Ortalama mineralojik değerleri; %45 plajiyoklaz, %25 kuvars, %20 mikroklin, %10 muskovit şeklindedir (DPT, 2001).

Grafik Granit: Bünyesinde hakim olarak potasyum feldspatı bulunan, sekonder mineral olarak bünyesinde kuvars içeren ve yüksek K_2O oranı istendiğinde kullanılan ticari değeri diğerlerine nazaran düşük olan pegmatik kayaç türüdür (DPT, 2001; Gülgönül, 2004).

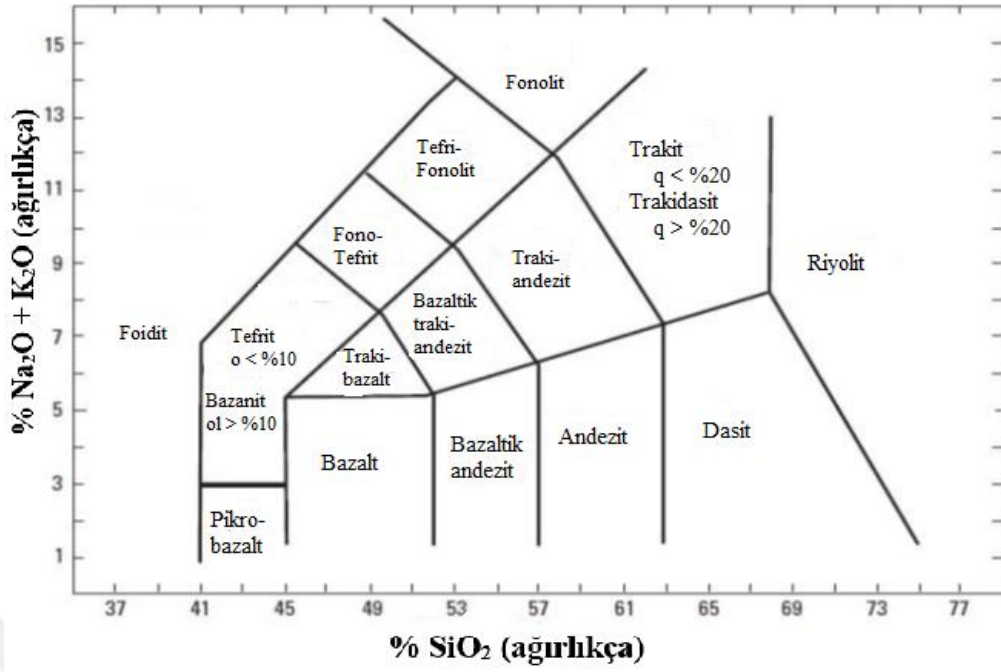
Pertit: Potasyum feldspat içinde mikroskobik plajiyoklas büyümelerinden belirip biçimlenirler. Grafit, granit ve pegmatitlerde perlit oluşumu yaygındır ve kayaca belirgin bir dokusal özellik kazandırır (Şensöz, 2009).

Feldspatik Kumlar: Doğal feldspat ve kuvars karışımından oluşmuş kumlardır.. Feldspatça zengin kayaçların tektonik hareketler sonucu erozyona uğrayıp taşınarak depolanması sonucu oldukça zengin plaser yatakları oluşabilir ve büyük rezerv arz edebilir. Bazı pegmatitik metalik maden işletmelerinde zenginleştirme sırasında yan ürün olarak doğal meydana gelmeyen yöntemlerle de elde edilebilmektedir. Bu tür feldspat kumları kaolinlerin yıkanması sırasında da açığa çıkmaktadır (Ciullo, 1996; Şensöz, 2009).

Altere Granitler: Granitik kayaçların yağmur suyu basınç ve sıcaklık etkisiyle alterasyona uğrar. Bu sebepten içerdiği feldspatlarda kaolenleşme gelişir ve kayaç bünyesindeki mafik mineraller belirli ölçüde uzaklaştırılarak demir oksit safsızlığı azalır. Saf feldspat kaynaklarının artan tüketim miktarı sonucu rezerv yönünden darboğaza girme eğilimi göstermesi neticesinde söz konusu granitlerin seramik sanayinde değerlendirilmesi çalışmaları yapılmaktadır(DPT, 2001; MTA, 2017).

NefelinliSiyenit: Yavaş soğuduğu için iri kristalli bir magmatik derinlik kayacı olan; düşük oranlardaki kuvars, ferromanganezler (biyotit, hornblend, piroksen) ile apatit, zirkon, titan, manyetit,melanit ve pirit vb. gibi ek mineraller içeren siyenit esasitibariyle;ortoklaz, albit, pertit ve azmiktarda da mikroklin vb. gibi alkali feldspatlardan oluşmuştur. Nefelin ise siyeniti büyük yüzde ile oluşturanortoklaz ve albit arasında bir bileşime sahip bir mineraldir. Kimyasaladı Na ve K alüminosilikat olan nefelinin formülü $Na_3KAlSi_4O_{16}$ 'dır. Na/K=3/1olan ve hekzagonal sistemde kristalleşen nefelinin Mohs sertliği 5, 5-6 ve özgül ağırlığı 2.5 -2.7 gr/cm³'tür. Alterasyona uğradıklarında sodalit, kankrinit, zeolit türleri ve özellikle de analsime dönüşür. Nefelinli siyenitin bazı türleri; kongressit, kregmantit, ditroit, fenit, foyait, iyolit, laurdalit, litfieldit, melteigit, miyaskit, monmoutit, raglanit, rouillit ve urtit'tir. Serbest silis içermemesi, yüksek alkali ve alümina içermesi, yüksek ergitme gücü ve dar erime aralığı ileözellikle cam endüstrisine uyum gösteren özelliklere sahiptir (Ciullo, 1996; Şensöz, 2009; MTA, 2017).

Fonolitler: Nefelin siyenitlerin ince taneli eşdeğeri olarak da bilinen fonolitler; koyu yeşil ve kahverengi, ince - orta taneli kayaçlar şeklindedir. Bu kayaçlar post-oligosen volkanizmasına ait Batı Anadolu volkanik kayaçların bir parçasını oluştururlar. Fonolitler, feldspatoidlerin esas bileşen olduğu koyu gri ve siyah ince taneli porfiritik kayaçlardır. Ana bileşen olarak sanidin, nefelin ve ejirinojit içerirler. Apatit, zirkon ve fluorit mineralleri az miktarda mevcuttur. Fonolitler volkanik baca şeklinde doğu-batı yönünde dizilmiş, tipik volkan konileri ile oldukça uzaktan bile görülebilen oluşumlar sergilerler. Fonolitin alkali içeriğini belirten diagram Şekil 1.4'de gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi $\geq 50\%$ SiO₂ içeriğine sahip olan fonolitlerin Na₂O+K₂O içerikleri ise $\geq 12\%$ 'dir (Çelik, 2016; Wikipedia, 2016).



Şekil 1.4. TAS (Toplam alkali ve silika; total alkali silica) diagramı (Le Bas ve diğ., 1992)

Feldspatoid: Kimyasal bileşik ve bulunuş şekilleriyle feldspatlara benzeyen feldspatoidler silis miktarının az olması, kristal şekilleri ve fiziksel özellik farklılıkları ile feldspatlardan ayrılmaktadırlar. Mohs sertlik derecesine göre 5-6 sertlik derecesine sahip mineraller grubunun başlıca mineralleri; lösit, nefelin sodalit, lazurit, skapolit ve hauyn'dur. Silis eksikliğinden (doymamış silika; silica unsaturated) dolayı feldspatlara kıyasla daha kolay eriyen feldspatoid grubu mineraller endüstriyel hammadde olarak seramik bünyede asitlerle az kimyasal reaksiyon vermeleri sebebi ile de feldspatlara göre daha çok tercih edilirler (Allaby, 2013). Çizelge 1.4'te başlıca feldspatoid grubu minerallerin kimyasal formülleri ve fiziksel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 1.4. Başlıca feldspatoid mineralleri (Brown, 1983; Mindat; 2017)

Mineral Adı	Kimyasal Formül	Renk Parlaklık	Yoğunluk (gr/cm ³)	Sertlik (Mohs)	Oluşum
Lösit	K(AlSi ₂ O ₆)	Beyaz – gri	2.47 – 2.5	5 – 6	Tipik olarak potasyumca zengin ve silis bakımından fakir, bazik lavlarla oluşur.
Nefelin	(Na,K) AlSiO ₄	Renksiz beyaz, kırmızımsı gri - beyaz	2.5 – 2.7	5 - 6	Başta siyenit olmak üzere pegmatit, fonolit ve nefelinli bazaltta önemli bir mineraldir.
Lazurit	Na ₆ Ca ₂ (Al ₆ Si ₆ O ₂₄)(SO ₄ ,S,S ₂ ,S ₃ ,Cl,OH) ₂	Lacivert, mavi	2.38 - 2.45	5 - 6	Sülfür açısından zengindir.
Sodalit	Na ₈ (AlSi ₆ O ₂₄) C ₁₂	Gri, renksiz, beyaz, sarı, veya yeşil	2.45-2.50	5.5 - 6	Alkalilerce zengin, silikaca doymuş kayalarda, genellikle diğer feldspatoidlerle ilişkili olarak bulunur
Hauyun	(Na,K) ₃ (Ca,Na)(Al ₃ Si ₃ O ₁₂)(SO ₄ ,S,Cl)	Mavi, gri, beyaz	2.44 – 2.5	5 – 6	Sülfür ve polisülfür iyonlarıyla oluşur.

1.2.2. Feldspat Rezervi

Dünya feldspat ihtiyacı çoğunlukla granitler, pegmatitleri, nefelinli siyenitler, feldspatik kumlardan sağlanmaktadır. Bahsi geçen kaynaklar geniş bir dağılım gösterdiklerinden dolayı rezerv tespit çalışması tam anlamıyla rakamsal olarak belirlenmemektedir. Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Enstitüsü (United States Geological Survey; USGS)'nin 2017 değerlendirmelerine göre; jeolojik kanıtlar kaynakların büyük olduğunu, ancak her zaman kolaylıkla erişilebilecek durumda olmadığını göstermektedir. Dünya feldspat rezerv miktarlarının yaklaşık değerleri Çizelge 1.5'de gösterilmiştir

Çizelge 1.5. Dünya feldspat rezervleri (DPT, 2001)

Kıta Adı	Rezerv (*10⁶ ton)
Kuzey Amerika	350
(Kuzey Carolina)	200
Güney Amerika	200
Avrupa	250
Afrika	200
Türkiye	239
Asya	500
TOPLAM	1.739

Ülkemiz feldspat kaynakları bakımından çoğunlukla sodyum feldspat rezervlerine sahip olmakla birlikte az miktarda potasyum feldspat rezervleri de bulunmaktadır (Çizelge 1.6-1.7). USGS 2017 yılı verilerine göre Dünya sıralamasında üretim değerleri ve ürün kaliteleri bakımından birinci sırada bulunan ülkemizde (USGS, 2017)en kaliteli albit yatakları Batı Anadolu bölgesinde Çine-Milas-Yatağan-Bozdoğan yöresinde bulunmaktadır. Belirtilen bölgede rezerv miktarının fazlalığı, kalitesi, nakledilmesi gerektiğinde limana ve tüketim alanlarına yakınlığı, feldspat madenciliği ve zenginleştirilme işlemlerinin bu bölgede yaygın olma sebeplerinin başında gelmektedir. Aydın-Çine, Muğla-Milas bölgesinde bulunan feldspat rezervleri oransal olarak değerlendirildiğinde; yaklaşık %40'ı standart kalite, %35 standart üstü kalite, %25'i floteseramik,cam seramik niteliği taşımaktadır (Özpeker, 1999).

Çizelge 1.6. Rezerv tespiti yapılmamış ancak bilinen oluşumlar(DPT, 2001).

Yer	Oluşum
Istranca Masifi	Pegmatit
Kırşehir Masifi	Siyenit-Nefelinli Siyenit
Artvin Yöresi	Granit ve Pegmatit
Bitlis Yöresi	Albit gnayslar ve albit
Kayseri - Yalıkavak	Feldspat kumu

Çizelge 1.7. Türkiye’deki feldspat türleri ve rezerv miktarı (DPT,2001)

Yer	Cins	Rezerv (*10³ ton)
Aydın - Çine	K - Feldspat	5000
Kütahta - Simav	K - Feldspat	2250
Manisa - Gürdeş	K - Feldspat	4075
Ankara - Beypazarı	K - Feldspat	1150
Kırklareli - Üsküp	K - Feldspat	11
TOPLAM		12486
Bilecik - Söğüt	Aplit - Pegmatit	985
Balıkesir - Bandırma	Aplit - Pegmatit	21
Artvin - Şavşat	Aplit - Pegmatit	369000
TOPLAM		370006
GENEL TOPLAM		382492

1.2.3. Feldspatların Kullanım Alanları

Feldspatlar başlıca; cam ve seramik sanayilerinde kullanılmakta olup, kullanım alanları içeriklerine göre değişiklik göstermektedir. Bünyesinde feldspat miktarı istenilen miktarda olan mineraller, cam ve seramik reçetesinde esas olarak alümina kaynağı olarak kullanılmaktadır. Feldspatların alümina içerikleri (Al_2O_3) duyarlılık sağlayarak dış etkenlerden gelebilecek çarpma, bükülme ve termal şoklara karşı seramik bünyenin mukavemet kazanmasını sağlarken, bünyelerinde bulunan alkaliler (Na_2O , K_2O) ise seramik bünyenin erime sıcaklığını düşürerek eritici (flaks; flux)etki sağlamaktadır(Carter ve Norton, 2007). Feldspat minerallerinin erime dereceleri içeriklerine bağlı olarak değişkenlik gösterirken; bir potasyum feldspat minerali olanortoklas 1200-1250 °C, sodyum feldspat (albit)1150-1225 °C ve kalsiyum feldspat (anortit) ise 1500-1550 °C’de erimekteirler (Polat, 2014).

Seramik hamuru hazırlanması için oluşturulan genel mineralojik bileşimde, seramiğin mukavemet kazanması ve yoğunlaşması işlemlerinin gerçekleştiği pişme sıcaklığı genellikle 1100-1300°C’ler arasında değişmektedir. Üretilecek ürüne göre farklılık gösteren pişme sıcaklığı; porselen, yarı camsı porselen ve sıhhi tesisat için yaklaşık 1300°C iken, sert porselen imalatında 1400°C’ye kadar çıkmaktadır (Tucci, 2007).

Başlıca kil, kuvars ve feldspattan oluşan seramik çamurunda feldspat yumuşayarak sıvı hale geçerken, kil ve kuvars katı halde kalmaktadır. Bu aşamadan sonra ise eriyik halde bulunan feldspat katı parçacıkları yumuşatarak gözenekler arasında dağılır. Böylece oluşan yüzey gerilimi ile taneler birbirine yaklaşmakta ve dolayısıyla mukavemet artmaktadır. Burada eritici (flaks) etki gösteren mineraller, pişirme sırasında seramik bünyenin camlaşma derecesini kontrol etmekte ve böylece ürünün fırından istenen camlaşma derecesinde çıkmasını sağlamaktadır. Camlaşma derecesinin kontrolü feldspat miktarına ve çeşidine bağlı olmakla birlikte camlaşma seramik ürün çeşidine bağlı olarak da değişkenlik göstermektedir. Sodyum feldspat, potasyum feldspat, nefelinli siyenit vb. gibi flaksların hangilerinin kullanılacağı ve ne miktarda bünyede yer alacağına; nihai üründe aranan beyazlık derecesi, kopma mukavemeti, sır tutma veya reddetme, sır dekorasyonları üzerine metal işleme etkisi ve imalatçının geleneksel alışkanlığı vb. çok sayıda teknik kriter etki etmektedir. Yumuşak porselenlerde (düşük ısıda pişirilmiş) feldspat mevcut reçetenin %25-40'ını, sofra eşyasında %18-30'unu, elektro porselende %20-28'ini, kimyasal-teknik porselende %17-30'unu ve sır malzemelerinin ise %30-50'sini oluşturmaktadır (Sümer ve Kaya, 1995; Bolger, 1995; Gülgönül, 2004; Şensöz, 2009).

Feldspatların endüstride kullanımını direkt olarak etkileyen en önemli iki özelliği, bünyesindeki alkali ve alümina miktarıdır. Bu sebepten dolayı ülkemizde üretilen feldspatların %60'ı cam sanayisinde, %35'i porselen ve sır maddesi olarak seramik sanayisinde ve %5'i kauçuk, plastik ve boya sanayilerinde dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır.

Cam Sanayi; Cam sanayisinin temel hammadde kaynağı feldspat ve nefelinli siyenitler olduğu için kullanım alanlarının en büyük pay sahibi %60 ile cam sanayisidir. Cam sanayisinde kullanılan feldspatlarda aranılan özellikler Çizelge 1.8'de verilmiştir. Feldspat bünyesindeki flaks görevini alkaliler yapar, alümina ise duyarlılık temin eder ve çarpma, bükülme ve termal şoklara karşı mukavemet kazandırır. Belirtilen yararlı ifadelerin dışında camın saydamlığını kaybetmesini engelleyen imalat sırasında viskozitesini de arttıran alümina içeriği, konteyner (cam, şişe) ve düz cam mamullerinde %1.5-2 oranında bulunmaktadır. Cam elyafında ise, kullanım amacına bağlı olarak %15'e kadar çıkabilir. Seramik ve cam sanayinde elde edilen mamüllerin kalitesi başlıca Na/K oranı ve Fe-Ti gibi renk verici safsızlıklara bağlıdır (DPT, 2001).

Çizelge 1.8. Cam sanayiinde kullanılan feldspat bileşiminin standartları (TSE, 1987)

Bileşenler (%)	1. Kalite		2. Kalite	
	En Az	En Çok	En Az	En Çok
Al ₂ O ₃	18		18	
Fe ₂ O ₃		0.04	> 0.04	0.3
Na ₂ O		12		12
K ₂ O		15		15
TiO ₂		0.15		0.3
Na ₂ O+K ₂ O	10		10	
Cr ₂ O ₃		0.0005	> 0.0005	> 0.0025

Seramik Sanayi; Feldspatlar%35'inin kullanıldığı sanayi dalı olan seramik endüstrisinde yüzyıllardır önemli bir yere sahiptirler ve yakın gelecekte de son kullanımları olarak en önemli pazarlardan biri olma özelliğini devam ettireceği ön görülmektedir. Alkali içerikleri dolayısıyla düşük erime sıcaklıklarına sahip olan feldspatlar, pişirildiklerinde sıvı oluşumunu sağlayarak sıcaklığın düşürülmesi sağladığı için seramik reçetesine flakslar olarak ilave edilmektedirler(Arcansoy, 1983). Seramik sanayiinde kullanımları alkali ve safsızlık içeriklerine göre değişiklik gösteren feldspatların kullanım standartları Çizelge 1.9'da verilmiştir.

Çizelge 1.9. Seramik sanayiinde kullanılan feldspat bileşiminin standartları (TSE, 1987)

Değerler (%)						
Bileşenler (%)	1. Kalite		2. Kalite		3. Kalite	
Na ₂ O+K ₂ O	10		9		8	
K ₂ O	9		7			
Na ₂ O		3		3.5		
Fe ₂ O ₃		0.1		0.2		0.5
TiO ₂		0.15		0.3		0.4
CaO + MgO		1		1.2		1.6
TiO ₂ +CaO + MgO		1.15		1.15		2

Kaynak Elektrodu; Feldspatların eritici özellikleri, elektrod kaplama malzemesi yapımında ideal bir bileşen olma özelliği kazandırmaktadır. Bu sebeptenfeldspatlar için geleneksel son kullanım alanları kaynak elektrodlarıdır. Flakslar, üç tür

kaynaklanma işleminde kullanılır ki burada elektrik arkı ısı kaynağıdır (Gülgönül, 2004).

Karışıma ilave edilen feldspatın iki önemli fonksiyonu vardır: ark stabilizörü olarak davranır ve kaynak çukurunu korur. Ark stabilizörü olarak kullanılan materyaller, feldspat yanında potasyum ve sodyum silikat, kil, talk, nikel ve demir tozları gibi metalik katkı maddelerini içerir. Bunlar, düşük iyonlaşma potansiyellerine sahip elementler oluşturarak arkı stabilize ederler. Ark kolonunda akım kesildiğinde arkın potasyum iyonları ile tekrar alevlendirilebilmesi sebebiyle alternatif akımda kullanım için özellikle potasyum silikatlar tercih edilmektedir. Buna karşılık sodyum silikatlar da doğru akım uygulamalarında daha yararlıdırlar. Kullanım kolaylığının yanı sıra, yüksek ark stabilitesi temin eder ve düşük bir devre ile çalışabildiğinden daha ucuz ekipman kullanımına imkan sağlar. Kaynak çukuru doldurulması durumunda ise, feldspat gibi erimiş katı bariyerden cüruf oluşturucular kaynak çukurunu ve yeni kaynatılmış metali korurlar(DPT, 2001).

Boya Sanayi; Çatlama, dökülme, soyulma renk atma gibi istenmeyen kalitesiz durumlara, boyanın katı içeriğini oluşturan pigmentler, dolgu maddeleri ve genişleticiler neden olmaktadır. Feldspat dolgu maddeleri hem astarlarda hemde boyalarda kullanılarak, boyanın rengini korumasını, sağlamlığının arttırılarak çatlama ve dökülme yapmasını önlemesini ve dona karşı olağan bir koruma sağlaması nedeniyle kullanılmaktadır(DPT, 2001).

Plastik Sanayi; Feldspatlar; iyi dağılabilme, kimyasal tesirsizlik, sabit pH, lekelere, aşınmaya ve kimyasal etkenlere karşı direnç, kırılma indislerinin en çok kullanılan reçinelere yakın olması ve yüksek akışkanlık özellik göstermelerinden dolayı dolgu malzemesi olarak en çok plastik sanayisinde kullanılmaktadır (DPT, 2001).

1.3.Feldspatların Zenginleştirilmesi

Seramik üretiminde, hammadde içeriğinde bulunan Fe_2O_3 , sırlarda katkı oranına bağlı olarak oksitleyici pişirimde sarı, kahverengi, kırmızı kahverengi, şarap kırmızısı renklenmelere neden olmaktadır. Redüksiyonlu pişirimde ise gri-mavi ve koyu gri renklerin elde edilmesine neden olurlar. TiO_2 ise erime sıcaklığının yüksekliği ve

Fe_2O_3 ile karışımında farklı renk değişimi ortaya çıkartması nedeniyle istenmemektedir (MEGEP, 2007).

Günümüzde teknolojik açıdan madencilik faaliyetleri sonrasında direk kullanım alanı bulan feldspat rezervleri hızla tükenmekte, geriye ise Fe-Ti içerikli minerallerce kirletilmiş daha düşük kaliteli özelliklere sahip seramik hammaddesi rezervleri kalmaktadır. Bu durum; seramik ve cam endüstrisini hem alternatif kaynaklara yönlendirmekte ve hem de vazgeçilmez hammaddelerinden olan feldspat, kuvars gibi endüstriyel hammadde tenörlerinin çeşitli zenginleştirme yöntemleri (yoğunluğa dayalı zenginleştirme, manyetik ayırma, elektrostatik ayırma, flotasyon vb.) ile artırılmasını gerektirmektedir.

Mineralojik yapısı ve kimyasal bileşimi uygun tüvenan feldspat cevherleri boyut küçültme işlemi ve boyuta göre sınıflandırma işlemleri sonrasında manyetik ayırıcılardan geçirilerek bünyesinde barındırdığı istenmeyen safsızlıklardan (Fe_2O_3 - TiO_2 içerikli mineraller) temizlenebilmektedir. Dünya feldspat kaynağı olarak üretilen granitik kayalar, nefelinli siyenitler, altere granitler, granit kumları ve pegmatit damarları ise flotasyon ve manyetik ayırma yöntemlerinin ayrı ayrı ya da birarada kullanımı ile bünyelerindeki istenmeyen safsızlıklardan arındırılabilir. Albit bakımından zengin aplitler’de flotasyon yöntemi ile içindeki istenmeyen mika ve demir içerikli safsızlıklardan ayrılabilir. Dünya üzerinde feldspat gibi endüstriyel hammaddelerin %70’i flotasyonla zenginleştirilmekte olup, flotasyon akım şeması cevherin içermiş olduğu safsızlıkların türüne göre 2 ya da 3 aşamadan oluşmaktadır.

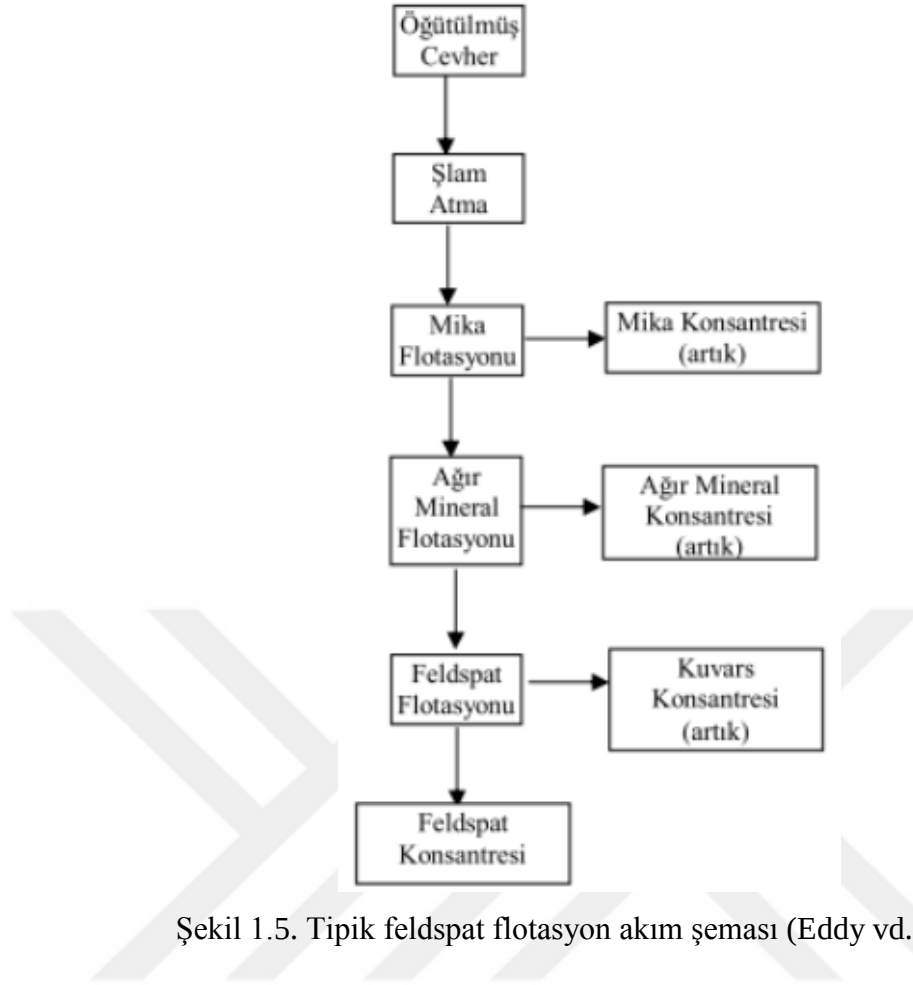
Flotasyon; minerallerin yüzey/arayüzey özelliklerinden yararlanarak değerli mineral ile değersiz minerali birbirinden ayrıldığı cevher zenginleştirme yöntemlerinden biridir. Serbestleşmenin sağlanması için öğütülen cevher içerisindeki hedef mineral/mineraller çeşitli kimyasallarla kıvamlandırma işlemine tabi tutularak hidrofobik (su sevmez) hale getirilirken, cevheri oluşturan diğer mineraller ise çoğunlukla hidrofilik (su sever) halde kalmaktadır. Böylece cevheri oluşturan değerli ve değersiz mineraller arasında yüzey farkı oluşturulmuş olur. Ayrımı gerçekleştirmek için ise havanın pülp içinde kabarcıklar halinde dağıldığı bir ortam kullanılır. Hidrofobik özellik kazanan mineraller hava kabarcıklarına yapışarak köpük bölgesine yükselirler ve taşarak konsantreyi oluştururlar. Hidrofil mineraller ise pülp içerisinde

kalırlar. Değerli mineral yerine cevherdeki safsızlıkların köpük bölgesine taşınıp değerli minerallerin pülp içerisine bırakılması işlemine de ters flotasyon (reverseflotation) denilmektedir (Atak, 1982; Çilek, 2006; Wills, 2006; Yiğit ve Özkan, 2007).

Feldspat cevherleri ters flotasyon (reverse flotation) işlemleri ile zenginleştirilmekte olup, cevherin içermiş olduğu safsızlıklar öncelikle uygun reaktiflerle su-sevmez (hidrofob) özellik kazandırılıp, köpük bölgesinden flotasyon hücresi dışına taşırılarak uzaklaştırılmaktadır. Değerli olan feldspat mineralleri ise pülp içerisinde bırakılmaktadır. Genel olarak feldspatların flotasyonla zenginleştirilmesinde ilk aşama asidik pH değerlerinde katyonik tür toplayıcılarla (amin türü toplayıcılar) mika minerallerinin (muskovit, biyotit vb.) flotasyonla uzaklaştırılması şeklinde olup, ikinci aşamada ise yine asidik pH değerlerinde Fe-Ti içerikli ağır minerallerin anyonik bir toplayıcı olan sülfat/sülfonat türü toplayıcılar kullanılarak flotasyonla uzaklaştırılması şeklinde olmaktadır. Üçüncü aşama ise cevherin kuvars içerdiği durumlarda uygulanmakta olup, HF (hidroflorik asit) varlığında oluşturulan asidik pH değerlerinde feldspat mineralleri canlandırılıp, amin türü toplayıcılar varlığında düz flotasyon işlemi ile kuvarstan ayrılmaktadır. Şekil 1.5’detipik bir feldspat cevherinin flotasyonla zenginleştirme akım şeması gösterilmektedir(Bayraktar ve ark, 2001). Ayrıca son yıllarda geliştirilen oleyik asit kökenli flotasyon reaktiflerinin kullanımı ile; asidik pH değerlerinde iki aşamada yapılmakta olan mika ve Fe-Ti içerikli ağır minerallerinin flotasyonla uzaklaştırılması tek aşamada ve bazik pH koşullarındagerçekleştirilebilmektedir (Kurcan vd., 2007; Özün vd., 2009).

Zenginleştirme işlemlerinde her zaman tek bir yöntem başarı sağlamamaktadır. Dünyada feldspat cevherlerinin zenginleştirilmesi ile ilgili uygulamalar genel olarak 3 farklı akım şemasında toplanmaktadır (Sümer ve Kaya 1995). Bunlar;

- i. Kuru manyetik ayırma + flotasyon
- ii. Flotasyon + kuru/yaş manyetik ayırma
- iii. Kuru manyetik ayırma + flotasyon + yaş manyetik ayırma işlemleridir.



Şekil 1.5. Tipik feldspat flotasyon akım şeması (Eddy vd., 1969)

1.4. Tezin Amacı

Seramik ve cam hammaddesi olan feldspatlar doğada magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaç bileşimlerinde çok yaygın olarak bulunmaktadır. Bu kaynaklara; pegmatitler, nefelinli siyenitler, alaskit, petrit, apilitler ve altere granitler örnek olarak gösterilmektedir. Gerek mevcut yüksek alkali içeriğe sahip rezerv miktarlarındaki azalma ve gerekse endüstrinin yüksek alkali içerikli hammadde ihtiyacının artması sektörde alternatif kaynakların kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Alternatif feldspat kaynakları arasında bulunan foid içerikli kayaçlar, granit, andezit, fonolit, trakit vb. kayaçlar içermiş oldukları mineral içeriğine göre 5.5-6 sertlik dayanımı (Mohs)'na sahip olmaları ve blok üretime imkan sağlamalarından dolayı; yer ve duvar kaplaması, merdiven basamağı, kaldırım taşı, tarihi yapı restorasyonu, iç yapı dekorasyonu vb. amaçlarla kullanılmaktadırlar. Belirtilen kayaçların gerek blok olarak ocaktan çıkarılmaları, gerekse işleme tesislerinde boyutlandırılmaları esnasında yaklaşık %50-70'inin pasaya ayrıldığı bilinmektedir. Bu sebeple yapılan bu tez çalışması kapsamında, Isparta bölgesinde faaliyet gösteren bir foid içerikli kayaç boyutlandırma

tesisi ve ocağına aitpasalardan; manyetik ayırma (kuru/yaş), flotasyon ve her iki yöntemin ortak kullanımı ile içermiş olduğu Fe-Ti içerikli (biyotit, muskovit, ilmenit, rutil, manyetit, hornblend, hematit vb.) minerallerden arındırılmış, yüksek alkali (K_2O+Na_2O) içerikli seramik hammaddesi kazanımı amaçlanmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Feldspatların flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde, flotasyon başarısına olumsuz etkileyen ilk aşamada -25 mikronluk şlam boyutlu malzemenin uzaklaştırılması işlemidir. Şlam malzemenin uzaklaştırılmasından sonra yaklaşık pH 3-3.5 aralığında katyonik tür uzun hidrokarbon zincirli alifatik aminler kullanılarak mika minerallerinin uzaklaştırılması sağlanır(Eddy, 1972; Manser, 1975; Crozier, 1990; Gülsoy, 2001; Ersayın, 1997; Orhan ve ark, 2005).Mika minerallerinin uzaklaştırılması sonrasında yaklaşık pH 2.5–3 aralığında Fe ve/veya Fe-Ti içerikli minerallerin uzaklaştırılması sülfat/sülfonat türü anyonik tür toplayıcılarla gerçekleştirilmektedir. Bunlara ek olarak çeşitli bitkisel yağlar, sarkozin ve hidroksimat tür toplayıcılarda metal oksit içerikli minerallerin uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır(Orhan vd.,1972; Manser, 1975; Crozier, 1990; Bayraktar vd, 1997; Celik vd., 1998; Pehlivanoğlu vd., 2001).

Feldspat mineralleri arasında seçimli ayırım konusunda Manser (1975) yapmış olduğu çalışmada aşağıda belirtilenleri vurgulamıştır;

- Feldspatlar arasında albit ve mikroklin ticari açıdan en önemli minerallerdir ve kendilerince zengin olan kayaçlardan ayrı ayrı elde edilebilir. Bu nedenle aralarında bir ayırım gerekli olmamaktadır.
- Piajiyoklazlar, sodyum ve potasyumlu feldispatlara oranla daha zor yüzmektedir ve bu nedenle kaba yüzdürme devrelerinden çok süpürme devrelerinde elde edilmektedir.

İkinci görüş güncelliğini devam ettirse de ilk görüş için aynı şeyi söylemek mümkün değildir. Günümüzde saf ve safa yakın, kazıldığı gibi (tüvenan) endüstriyel kullanım alanı bulan Na-feldspat veya K-Feldspat içeren cevher oluşumları azalmıştır. Bu sebeple sodyum ve potasyum feldspatın her ikisinin birarada bulunduğu (mix feldspat) yatlardan zenginleştirme yöntemleri uygulanarak endüstrinin ihtiyacının karşılanması gerekmektedir. Bu iki feldspat mineralinin ayırımında flotasyon yöntemi verimli yöntemlerin başında gelmekle beraber, yüzey özelliklerinin benzer olması nedeniyle henüz seçimli olarak ayırım yapabilecek bir zenginleştirme akım şeması geliştirilememiştir (Demir vd., 2001).

Crozier (1992)'nin N.Carolina'da alaskitten seramik ve cam kaliteli feldispat üretimi gerçekleştirmekte olan bir tesis üzerine incelemelerini sunduğu çalışmada; tüvenan cevher kırma, öğütme ve şlam atma işlemlerinden geçirilerek köpüklü yüzdürme devresine beslenen cevherde, mika ve Fe-Ti mineralleri % 55-60 pülpte katı oranında pH 2.5 – 2.7 arasında 750 g/t H₂SO₄, 125 g/t tallow amin asetat (TAA), 500 g/t fueloil ve 50 g/t köpürtücü kullanılarak 3-5 dakikalık bir kıvamlandırma işlemine tabi tutulmaktadır. Kıvamlandırma işlemleri sonrasında pülpte katı oranı % 20-30 düzeyine indirilmekte ve bu esnada pH'da 3.0-3.3 civarına ayarlanmaktadır. 2-3 dakikalık bir flotasyon işleminden sonra mika konsantresi ortamdan uzaklaştırılmakta ve ikinci aşamada ise, artıktaki Fe-Ti mineralleri ve artığa karışmış olan mika minerallerini ortamdan uzaklaştırmak için anyonik flotasyon uygulanmaktadır. Fe-Ti minerallerinin uzaklaştırılması amacıyla ilk flotasyon selülünden alınan artık % 65-75 pülpte katı oranında pH 2.2 – 2.5'de 200 g/t H₂SO₄, 250 g/t petrol sülfonatu ve 25 g/t köpürtücü ile 5 dakika şartlandırılmakta ve sonrasında pülpte katı oranı % 20-30 düzeyine indirilirken pH'da 2.8- 3.2 aralığında tutularak 5 dakikalık bir yüzdürme işleminden sonra Fe-Ti mineralleri ortamdan uzaklaştırılmaktadır.

Bayraktar vd., (1997) ise yapmış oldukları çalışmada yüksek titanyum içeriğine sahip Ege bölgesi albitlerinin sülfonat, suksinamat (succinamate) ve bitkisel yağ sabunları kullanarak flotasyonla zenginleştirilmeleri işlemlerini gerçekleştirmişlerdir. Sonuçların değerlendirilmesinde en etkili toplayıcı olarak oleyik asit/oleat bulunmuş, sülfonat ve suksinamatın flotasyon performanslarının da oleattan sonra geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca bölgesel bitkisel yağlarından elde edilen sabunlarla gerçekleştirdikleri deneylerin sonuçlarının da diğer sonuçlara yakın olduğu tespit edilmiştir.

Çelik vd., (1998), Aydın-Çine bölgesi albitlerinin titanyum içeriğinin flotasyon zenginleştirilmesi ile düşürülmesi üzerine çalışmalarda bulunmuşlar, oleyik sarkozin ve hidroksimat kullanımı ile titanyum içeren ağır minerallerin uzaklaştırılmasını sağlamışlardır. Yağ asiti ve oleyik asit kökenli olan bu toplayıcıların kullanımı ile albit cevherinin titanyum içeriği endüstrinin ihtiyacını karşılayacak düzeyde önemli ölçüde düşürülmüştür.

Demir (2001), Aydın-Çine yöresinden temin edilmiş cevherle yapmış olduğu flotasyon çalışmaları sonucunda doğal pH'larda alkali ve toprak alkali metal iyonları kullanılarak Na-Feldspatın K-Feldspattan seçimli olarak ayrılabilceğini yine Demir ve ark., (2001 ve 2002) yapmış oldukları çalışmalarda florür iyonu kullanarak düşük pH değerlerinde de feldspat mineralleri arasında seçimli ayırımın yapılabileceğini ve bu işlemin kuvarstan bağımsız olarak da uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Yazarlar pegmatite uygulanan bu ayırımın nefelinli siyenit ve granit cevherlerine uygulanıp uygulanamayacağını tespit etmek için yapmış olduğu ön çalışmalar sonucunda granitin de bu ayırım için uygun kayaç grubu olabileceğini belirtmiştir. Bu amaç doğrultusunda Rize-İkizdere yöresinden temin edilmiş olan granit cevheri üzerinde yapılan ön çalışmaların ilk aşamasında manyetik ayırıcılar kullanılarak granit içerisindeki manyetik kısımlar uzaklaştırılmış sonra ikinci aşamada toplu olarak Fe-Ti oksit ve mika flotasyonu uygulanmış ve böylece ortamdaki Fe-Ti oksitler ile mika uzaklaştırıldıktan sonra kalan kısma florürlü ortamda ve düşük pH'da feldspat/kuvars ayırımı uygulanmıştır (Enön, 2000). Katyonik toplayıcı (amin) kullanılarak yapılan bu ön çalışmalar neticesinde blok vermeye uygun olmayan Rize-İkizdere granitinin zenginleştirildikten sonra cam ve seramik sanayine uygun hammadde olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Seyrankaya (2003), çalışmasında Muğla-Milas bölgesi albitlerinin flotasyonla zenginleştirilebilirliğini araştırmıştır. Çalışmada 2 kademeli flotasyon işlemi ile mika ve ağır minerallerin uzaklaştırılmasına çalışılmıştır. Zenginleştirme işlemleri için katyonik tür amin asetatla mika mineralleri uzaklaştırılmış, ikinci aşamada ise anyonik tür petrol orijinli sülfonatlarla ağır mineral flotasyonu gerçekleştirilmiştir. Böylece albitin zenginleştirilmesi için optimum flotasyon koşulları belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma sonucunda seramik ve cam endüstrisinin ihtiyacı karşılayacak kalitede albit konsantresi elde edilmiştir.

Saklar ve Oktay (2003) gerçekleştirmiş oldukları çalışmada Yozgat bölgesi Sarıhacılı ve Kayabağı granit yataklarından zenginleştirme yöntemleriyle feldspat kazanımını araştırmışlardır. Belirtilen bölgelerden temin edilen numuneler öncelikle serbestleşme boyutu belirleme işlemlerine tabi tutulmuş, boyutları küçültülmüş, manyetik ayırma ve flotasyon yöntemine göre sınıflandırılmıştır. Zenginleştirme işlemi olarak ilk önce permroll tipi yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırma işlemleri uygulanmış ve

bu işlemi bir ayırma sağlaması amacıyla 2 tekrarlanmıştır. Elde edilen konsantrelerde Fe_2O_3 tenörünün istenilen miktara düşürülememesi dolayısıyla edilen konsantrelere mika ve oksit flotasyonuna tabi tutulmuştur. Mika flotasyonunda amin tipi katyonik bir toplayıcı, oksit flotasyonunda ise Na-oleat ve sülfonat tipi anyonik toplayıcılar (Cytec-R825) kullanılmış, konsantrelerdeki Fe_2O_3 tenörü Sarıhacılı numunesi için %0.08, Kayabağı numunesi için ise %0.12'ye düşürülmüştür. Sonuç olarak yazarlar; bölgedeki granit yataklarına iyi bir zenginleştirme yapıldığında seramik ve cam sektörleri için hammadde olarak kullanılabilmesi sonucuna varmıştır.

Bayat vd., (2005), yapmış oldukları çalışmada Çine-Aydın bölgesi feldspatlarının flotasyonla zenginleştirilmesinde katyonik amin (Aero 3030C) ve anyonik sülfat/sülfonat tür toplayıcı (Aero 801/Aero 825) karışımlarının tek başına kullanılmalarıyla ilgili zenginleştirme çalışmaları gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kullanılan toplayıcıların karışımlarıyla elde edilen konsantre tenörlerin, tek tek kullanımında elde edilen konsantre tenörlerinden daha yüksek sonuç elde ettiklerini belirlemişlerdir. Renk verici minerallerin uzaklaştırılmasından sonra albit için bastırıcı olarak NaCl, ortoklaz için HF asit kullanarak Tallow Amin Asetat varlığından albit-ortoklaz ayrımı gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlara göre $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranı 4 olan %15'ten büyük $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ içeriğine sahip feldspat konsantresi elde etmişlerdir.

Gülsoy vd., (2005), yılında, Manisa-Demirci bölgesinden temin edilen düşük tenörlü pegmatitik cevherden manyetik ayırma ve flotasyon uygulamaları ile yüksek tenörlü feldspat konsantrelerinin kazanımını araştırmışlardır. Yapmış oldukları çalışmada, -1mm, -0,5mm ve -0,3mm boyutunda sınıflandırılan cevhere uygulanan yüksek alan şiddetli manyetik ayırma işlemleriyle %0.04 TiO_2 ve %0.20 Fe_2O_3 içeriğine sahip konsantre %72 verimle kazanmışlardır. -300 +25 mikron boyutlarında uygulanan flotasyon işlemlerinde pH 2.5-3 aralığında tallow amin asetat kullanarak öncelikle mika minerallerini, pH 5.5-6 aralığında ise Na-oleat kullanarak ağır minerallerin uzaklaştırılmasını sağlamışlardır.

Kurcan vd., (2007) ve Özün vd., (2009) yapmış oldukları çalışmalarda oleyik asit kökenli yeni bir flotasyon reaktifi ile tek aşamada mika ve ağır minerallerinin uzaklaştırılmasını araştırmışlardır. Konvansiyonel feldspat zenginleştirmesinde 2 aşamada gerçekleşen mika ve ağır mineral flotasyonları bu çalışmada Aero 704

kullanımı ile orta-alkalin pH değerlerinde başarı ile albitten uzaklaştırılmıştır. Ancak Özün ve diğerleri, 2009'nin yapmış oldukları çalışmada, nefelinli siyenitteki serbesleşme boyutunun çok ince fraksiyonlara inmesi nedeniyle konsantre % Fe-Ti içeriğinin belirli bir değerin altına indirilemeyeceği vurgulamıştır.

Özün (2012), yapmış olduğu çalışmada, Na-feldspat ve K-feldspat cevherlerinde yaygın olarak bulunan mika mineralleri ve rutilin yüksek saflıktaki örneklerini kullanarak her bir mineralin amin, sülfonat ve oleyik asit kökenli toplayıcılar varlığında pH'a bağlı flotasyon davranışını incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre feldspat cevherlerinden mika, Fe/Fe-Ti içerikli minerallerin uzaklaştırılması amacıyla üretilen oleyik asit kökenli toplayıcının (Aero 704), etkin olduğu pH aralığında, kullanım miktarına bağlı olarak albit ve ortoklaz minerallerinde yüzdürülmesine neden olduğunu belirlemiştir.

Özün ve Atalay (2016), yüksek saflıktaki ortoklaz minerali kullanarak gerçekleştirmiş oldukları flotasyon çalışmalarında, ortoklazın sıfır yük noktasından (SYN) daha yüksek pH koşullarında, katyonik amin türü toplayıcı ile mineral taneleri arasında gerçekleşen elektrostatik etkileşim neticesinde geniş bir pH aralığında (pH 2.5-10.0) yüksek flotasyon verimleri elde etmiştir. Fe-Ti içerikli ağır mineraller ile mika minerallerinin tek aşamada ve bazik pH değerlerinde uzaklaştırılması amacıyla kullanılan anyonik bir tür toplayıcı olan oleyik asit kökenli toplayıcı (Aero 704) varlığında yüksek bazik pH (9.5-10.5) koşullarında, kullanılan toplayıcı miktarına bağlı olarak yüksek ortoklaz flotasyon verimleri elde ederken yine Fe-Ti içerikli minerallerin uzaklaştırılması amacıyla kullanılan anyonik sülfonat türü toplayıcı varlığında ise çok yüksek toplayıcı varlığında dahi %15'in altında ortoklaz flotasyon verimleri elde etmişlerdir.

Çelik vd.,(2016), Afyon-Dinar trakitlerinin K-feldspat potansiyeli incelemiştir. Temini sağlanan numunelerin mineralojik özelliklerini belirlemek amacıyla XRD analizleri ve zenginleştirilmesinin araştırılması amacıyla manyetik ayırma çalışmaları yapılmıştır. Trakit cevherinin XRD analizleri sonucunda çoğunlukla sanidin minerali içerdiği görülmüştür. Deneysel çalışmalarda temini sağlanan cevherlere, sanidinin kristallerinin matris kısmından serbestleşme boyutu olan -3mm boyutuna çeneli kırıcı yardımıyla indirilmiştir. Ardından kuru eleme yapılarak manyetik ayırıcıda verimi düşüren toz boyut -106 µ ayrılmıştır. -3 mm, + 106 µ 'luk kısım yüksek alan şiddetli

kuru manyetik ayırıcıya beslenmiş konsantre ve manyetik atık olarak iki ürün elde edilmiştir. Tüvenan trakit cevherinin, zenginleştirilmesi sonucunda; %8 toz, %59.5 manyetik atık ve %32.5 oranında da sanidin konsantresi elde etmişlerdir.



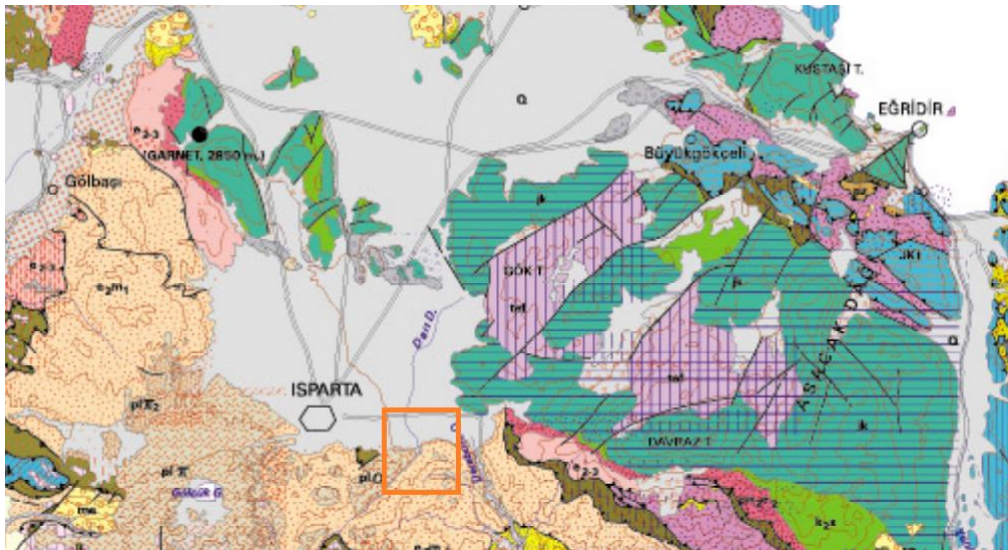
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.2. Foid İçerikli Kayaç Numunesi

Isparta jeomorfolojisine bakıldığında Gölcük çevresinde temelinde, andezit ve trakiandezitler olan birbirinden farklı iki türde volkanik kayaç bulunduğu, bu kayaçların üzerinde de piroklastik malzemelerden oluşan ikinci bir örtü yer aldığı belirtilmiştir. Gölcük Kalderasında; Hisar Tepe, Karatepe, Karakaya Tepe, Kocakır Tepe gibi tepelerde makroskobik olarak gri, koyu gri renklerde bulunan bu kayaçlar mikrolit ve kristallerden oluşmuş bir hamur içermekte ve hamur içerisinde ise feldispat (albit, oligoklas), ojit, biotit ve hornblend fenokristalleri gözlenmektedir. Trakiandezitik kayaçlar (gri renkli ve ince dokulu) ise Pilav Tepe, Sungur Tepe ve Hisar Tepe'nin güneyinde ve batısında dayklar halinde bulunurken, gerçekleştirilen mikroskobik incelemelerde kayacın albit, oligoklas, sanidin, ojit, biotit ve hornblend fenokristallerinden oluştuğu, ayrıca tâli olarak sfen ve opakmineralleri içerdiği belirtilmiştir(Kuşçu ve Gedikoğlu, 1990).

Bu tez çalışmasında foid içerikli kayaç (foid monzosiyenit porfir) numuneleri Şekil 3.1'de verilen haritada gösterilen Isparta/Direkli Köyünde X: 4180380 Y: 288690 temsili koordinatlarda bulunan Ünlü Mühendislik Ltd. Şti. ait foid içerikli kayaç ocağı ve işleme tesisine ait pasalardan temin edilmiştir.

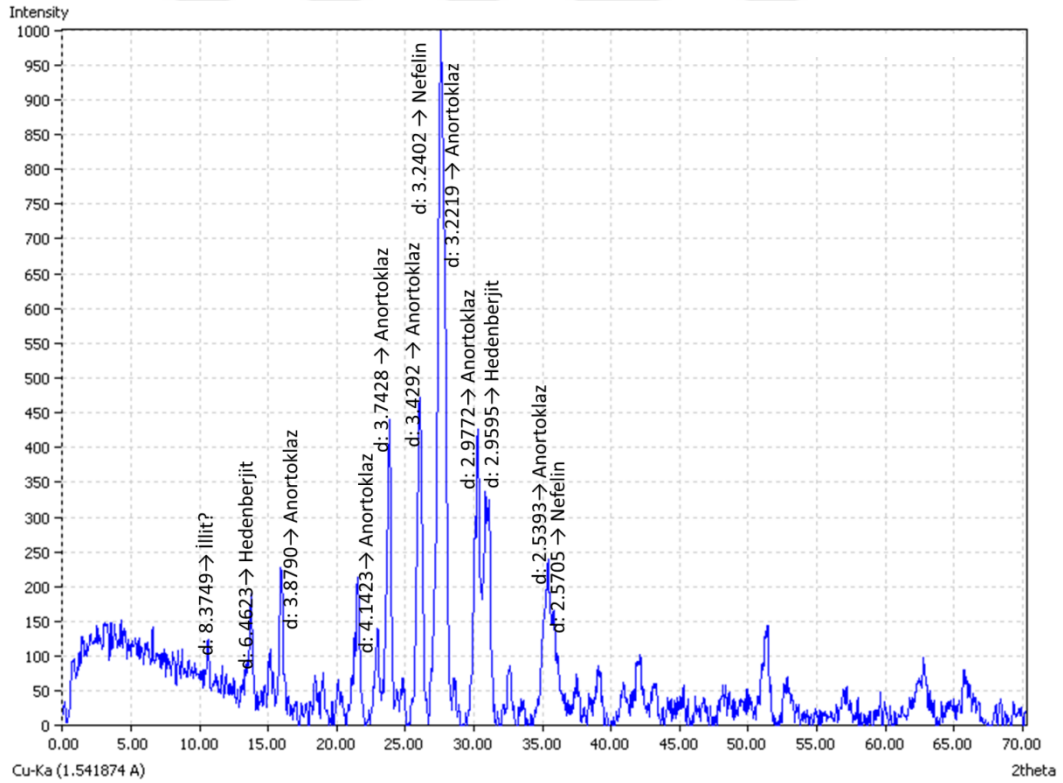


Şekil 3.1. Isparta jeoloji haritası (MTA, 2016)

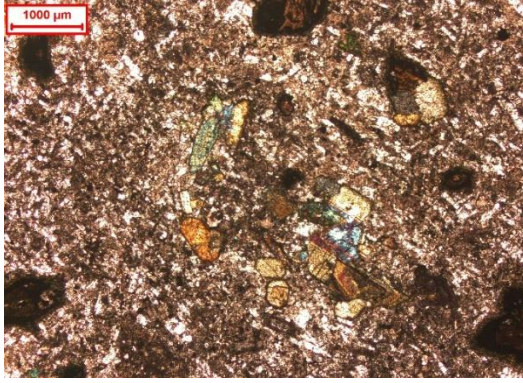
Temini sağlanan pasalardan alınan temsili numuneler; cevherin özelliklerinin ortaya konulması amacıyla Ankara Üniversitesi, Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM)'nde mineralojik ve kimyasal analiz işlemlerine tabi tutulmuş, kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.1'de, XRD (X-ışını difraksiyonu; X-ray diffraction) analiz sonuçları Şekil 3.2'de, ince kesit mikrofotografaları ise Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Foid monzosiyenit porfir numunesinin kimyasal analizi

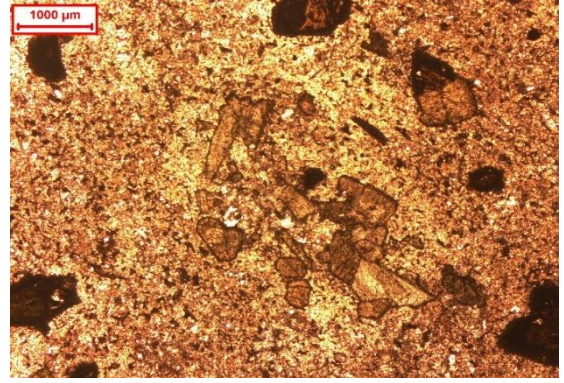
İçerik	%	İçerik	%
CaO	4.12	Na ₂ O	5.88
MgO	1.38	K ₂ O	5.63
Fe ₂ O ₃	6.5	MnO	0.11
SiO ₂	54.27	TiO ₂	0.49
Al ₂ O ₃	17.65	Kızdırma Kaybı (LOI)	2.57



Şekil 3.2. Foit monzosiyenit porfir numunesi XRD analizi



Şekil 3.3. Holokristalin porfirik dokulu Foid monzosiyenit porfir'in çapraz nikoldeki mikrofotoğrafı



Şekil 3.4. Holokristalin porfirik dokulu Foid monzosiyenit porfir'in paralel nikoldeki mikrofotoğrafı

XRD ve petrografik analiz sonuçlarına göre örnek genel olarak yeşilmsi gri renkli el örneğinde porfiro fanaritik doku özelliği göstermektedir. Kayacın oldukça incekrystalin bir matriks içerisinde nisbeten iri kristalin feldispatoid ve amfibol mineralleri kayaca porfirik özelliği kazandırmaktadır. Örnek mikroskop altında holokristalin porfirik doku özelliği göstermekte ve başlıca nefelin, K-feldispat, oligoklaz, amfibol ve az oranda piroksen ve biyotit mineralleride içermektedir. Opak mineraller daha çokmagnetit ve ilmenit minerallerinden oluşmaktadır. Kaya porfirik doku özelliğinde dayanılarak genel olarak iki ayrı tane boyutu sergişemektedir. İri taneli kısımlar kayanın % 35'ini ve ince taneli kısımlar ise kayanın %65'ini oluşturmaktadır. İri taneli kısımlar 3 mm'den 0.5 mm'ye kadar ve ince taneli kısımlar ise 0.5 mm'den 100 mikrona kadar değişmektedir. İri taneli kısımlar başlıca nefelin ortoklaz, amfibol, piroksen ve az oranda magnetitten oluşmaktadır. İnce taneli kısımların ana bölümünü (% 80'ni) nefelinden oluşmaktadır. Bunun yanında magnetit, ilmenit ve az oranda amfibol ve piroksen içermektedir. Kaya içerisinde azda olsa illit ve kaolen türü kil oluşumları da gözlenmektedir. Killer daha çok nefelin ve ortozların bozuşması ile oluşmuştur. Örnek bu özelliği itibarı ile genel olarak %45 nefelin, %25 ortoklaz, %15 oligoklaz, %8 amfibol, %2 piroksen, %5 magnetit ve ilmeniti içermektedir.

Magmatik oluşumlarla meydana gelen fonolitler yörede Geyran Taşı olarak bilinmekle birlikte bölgede 600.000 m³ görünür rezerv miktarına sahiptirler. Üretilen fonolitler, daha çok duvar yapımında olmak üzere, gelişen teknoloji ve doğal taş

sektörünün satış pazarındaki talep artışı nedeniyle farklı kullanım alanlarında da kullanılmaya başlamıştır. Mermer bloklarına uygunlanan tüm işlemler fonolit cevherlerine de uygulanmakta olup maden sahasından açık ocak yöntemiyle üretilen fonolitler Şekil 3.4’de görüldüğü gibi tam kareyi/dikdörtgeni temsil etmeyen patates şeklini andıran bloklar halinde ekskavatör yardımıyla sökülmemektedir. Vagonlara taşınan fonolit bloklarının düz olmayan kısımları 4 ayaklı ST makineleri kullanılarak gerçekleştirilen kesim işlemi ile pasaya ayrılmaktadır.



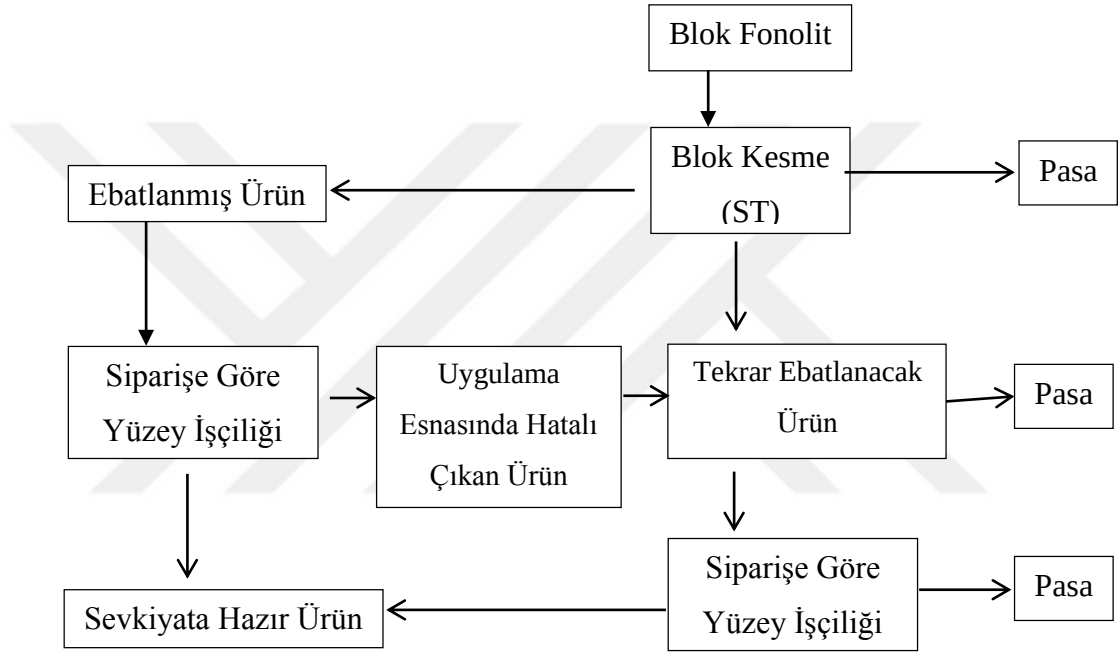
Şekil 3.5. Ocaktan çıkarılan, ST ile taraması yapılmakta olan foit monzosiyenit porfir bloğu ve pasaya atılacak olan blok altı

Taraması yapılan foit monzosiyenit porfir bloğu sonrasında yatay ve dikey kesim yapabildiğinden ST makineleri ve sallamalı başkesme makinası kullanılarak boyutlandırılmaktadır. Ebatlanamayan kısımlar ise pasaya gönderilmektedir (Şekil 3.5.).



Şekil 3.6. Sallamalıbaşkesme makinasında ebatlanan foit monzosiyenit porfir ve pasaya atılan kısımları

Ebatlanmışmamüllere hangi yüzey işçiliği uygunlanacaksa forklift vasıtasıyla o bölüme taşınarak, yapılacak işlem başlamaktadır. Fabrikada yapılan yüzey işçiliği şunlardır; cilalı yüzey, honlu yüzey, patinatolu yüzey, kumlamalı yüzey, bordür profilleri, yağmur oluğu, kenar pahları ve damlalıkları, yüzey kırma'dır. Ebatlanmışmamüllere uygulanan yüzey işçiliği sırasında da oluşan kırık çatlak veya hatalı ürünlerde pasaya ayrılmaktadır. Bir bloğunun pasaya atılan miktarı; ST makinasında siparişte olan ölçünün kalınlığına ve kesici bıçak paylarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Pasaya atılan foidiçerikli kayaç bloğunun oranı ortalama %70'dir.

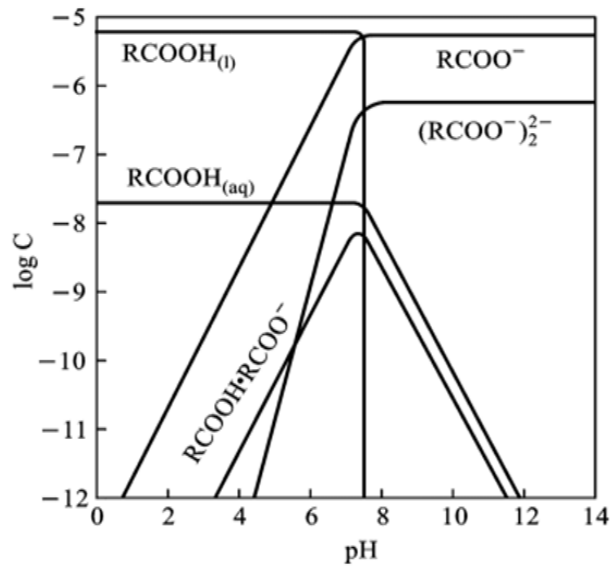


Şekil 3.7. Foit monzosiye nit porfir tesisinin akım şeması

Alınan numuneler S.D.Ü. Cevher Hazırlama Laboratuvarında 0.5cm ağız açıklığındaki çeneli kırıcıda daha sonra 0.15 cm ağız açıklığına sahip merdaneli kırıcıda boyut küçültme işlemine tabi tutulmuştur. Boyut küçültme işlemleri sonrasında 4.0 mm'nin altında dar tane boyut aralıklarında sınıflandırılan numune serbestleşme derecelerinin belirlenmesi amacıyla mikroskopta tane sayımı işlemine tabi tutulmuştur.

3.1.2. Flotasyon Kimyasalları

Bu tez çalışması kapsamında Cytec firmasından temin edilen oleyik asit kökenli anyonik bir tür toplayıcı olan Aero 704 ticari kodlu toplayıcı kullanılmıştır. Oleyik asit/oleat türü toplayıcıların farklı pH'lardaki tür değişim grafiği Şekil 3.7'de verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi oleyik asit/oleat'ın tür dağılımı ortam pH değerine göre değişiklik göstermekle birlikte iyonik monomer derişimi (RCOO^-) artan pH değeri ile artarak nötr-alkali pH değerlerinde en yüksek değerine çıkmakta ve yüksek alkali pH değerlerinde en yüksek derişimdeki oleyik asit/oleat türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Aynı şekilde flotasyonda minerallerin hidrofobik yüzey özellikleri kazanmasında etkin bir tür olmayan dimer yapı ($(\text{RCOO}^-)_2^{2-}$) derişimi de artan pH değeri ile artarak nötr-bazik pH değerlerinde en yüksek derişimine çıkmaktadır. Ayrıca oleyik asit/oleat'ın flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde çok yüksek etki mekanizmasına sahip olan iyon-monomer yapı ($\text{RCOOH} \cdot \text{RCOO}^-$) derişimi de artan pH değeri ile artarak nötr pH değerlerine yakın pH değerlerinde en yüksek derişimine erişmekte ve sonrasında bazik pH koşullarına doğru derişimi hızla azalmaktadır. Nötr-asidik pH değerlerinde ise nötr (RCOOH) yapı derişimi yüksek görünmektedir (Somasundaran ve Wang, 2006).



Şekil 3.8. Oleyik asit/oleat'ın pH'ya dayalı tür değişim grafiği (Somasundaran ve Wang, 2006).

3.2. Yöntem

3.2.1.Elek Analizi

Cevher hazırlama işlemlerinde; boyut küçültme işlemlerinin denetiminin sağlanması, cevherin çeşitli tane boylarında mineral serbestleşme derecelerinin saptanması, cevherlerin kırılgenlik ve ufalanabilirlik derecelerinin saptanması, cevherin boyuta göre tenör dağılımlarının saptanması, kırılmış veya öğütülmüş malzemenin ortalama tane boyutunun bulunması vb. amaçlarla eleme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Tez kapsamında foid içerikli kayaç işleme tesisinden temin edilen pasa laboratuvarında öncelikli olarak çeneli kırıcı ve merdaneli kırıcı kullanılarak boyut küçültme işlemine tabi tutulmuştur. Boyut küçültme işlemleri sonrasında farklı büyüklüklerde tanelerden oluşan cevher, tane boyut dağılımının saptanması amacıyla kuru eleme işlemi ile 17 farklı dar tane boyu aralığında sınıflandırılmıştır. Böylece numunede hangi boyutta ne kadar miktar malzeme bulunduğu belirlenmiştir. Eleme işlemleri sonrasında elde edilen her bir dar tane boyu aralığındaki malzeme miktarları % (ağırlık) olarak Çizelge 3.2’ de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Öğütme işlemleri sonrası foid monzosiyenit porfir kayaca ait elek analizi sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Miktar (%)	Tane Boyutu (mm)	Miktar (%)
+ 3.350	8.20	-0.425 + 0.300	2.13
-3.350 + 2.800	1.52	-0.300 + 0.212	3.31
-2.800 + 2.360	9.50	-0.212 + 0.150	2.42
-2.360 + 2.000	11.70	-0.150 + 0.106	2.08
-2.000 + 1.700	15.37	-0.106 + 0.075	1.25
-1.700 + 1.000	20.26	-0.075 + 0.063	1.00
-1.000 + 0.850	0.93	-0.063 + 0.038	1.92
-0.850 + 0.600	8.52	-0.038	3.95
-0.600 + 0.425	5.94		
TOPLAM			100.00

3.2.2. Serbestleşme Derecesinin Belirlenmesi

Cevher hazırlama işlemleri temel olarak serbestleştirme ve ayırma olmak üzere 2 adımdan oluşmaktadır. Serbestleşme; değerli minerallerin, değersiz minerallerden veya değerli minerallerin birbirlerinden, boyut küçültme (kıрма ve öğütme) işlemleriyle serbest hale getirilmesidir. Zenginleştirme işlemlerinde değerli mineraller ile değersiz (gang) minerallerinin birbirlerinden yüksek verim ile ayrılabilmesi; atık içerisinde en az değerli mineral kaybının gerçekleşmesi ve yüksek tenörlü bir konsantrenin elde edilebilmesi, ancak yeterli ölçüde bir serbestleşmenin sağlanabilmesi ile mümkün olmaktadır.

Çizelge 3.2’de elek analiz sonuçları verilen foid monzosiyenit porfir numunesinin - 0.850+0.038 mm aralığındaki her bir dar tane boyutu; temsili numuneler kullanılarak binoküler mikroskop (Şekil 3.9) altında tane sayım yöntemi ile serbestleşme tayinine tabi tutulmuştur. Tane sayımı ile serbestleşmenin belirlenmesi işlemlerinde her bir boyut aralığı için yaklaşık 800 adet tane sayılmış olup, sonuçlar Çizelge 3.3’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde -0.850+0.600 mm dar tane boyutu aralığında yaklaşık %10 olan serbestleşme derecesi, küçülen tane boyutu ile artarak 0.106 mm’nin altında yaklaşık %78’in üzerine çıkmaktadır. Elde edilen veriler ve ince boyutlu malzemenin flotasyonla zenginleştirme verimine olan olumsuz etkisi dikkate alınarak çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde foid içerikli kayaç öncelikli olarak belirtilen boyutun altına öğütülmüş ve zenginleştirilebilirliği -0.106+0.038 mm dar tane boyutlarında sınıflandırılmış temsili numuneler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.3. Foid monzosiyenit porfir cevherinin serbestleşme tane boyutu analizi

Tane Boyutu (mm)	Serbestleşme Derecesi (%)
-0.300 + 0.212	17.58
-0.212 + 0.150	48.64
0.150 + 0.106	51.90
-0.106 + 0.075	77.60
-0.075 + 0.063	79.96
-0.063 + 0.038	82.47



Şekil 3.9. Binoküler mikroskop

3.2.3. Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme

Manyetik ayırma ile zenginleştirme işlemlerinde minerallerin arasındaki manyetik duyarlılık farkında yararlanılmaktadır. Genel olarak katı cisimlerin manyetik duyarlılığı bu cisimleri oluşturan atomların dış yörüngelerindeki elektronların spin hareketleri ile bu elektronların manyetik momentlerinden kaynaklanmaktadır. Doğada bulunan bütün cisimler manyetik alan içerisine girdiğinde az veya çok bu alandan etkilenir ve manyetik kutuplar tarafından itilir veya çekilirler. Manyetik kuvvetler tarafından çekilen cisimlere paramanyetik (ilmenit; FeTiO_3 , siderit; FeCO_3 , hematit; Fe_2O_3 , kromit; FeCr_2O_4 vb.) ve itilen cisimlere de diyamanyetik (kuvars; SiO_2 , albit; $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, ortoklaz; KAlSi_3O_8 vb.) cisimler denir.

Paramanyetik özellik gösteren çoğu cisimler manyetik alan dışına çıktıklarında manyetik alan oluşturmazlar. Bazı paramanyetik mineraller ise (Fe, Ni, Co, Mn, Cr, Ce, Ti ve Pt grubu mineraller) kalıcı manyetik özellik ve manyetik alan dışına çıktıklarında kendileri de manyetik alan oluşturmaya devam ederler. Bunlara ferromanyetik cisimler (manyetit; Fe_3O_4 vb.) denir (Saklar ve Orhan, 2014).

Bu tez çalışması kapsamında foid monzosiyenit porfir cevherinden manyetik minerallerin uzaklaştırılması amacıyla gerçekleştirilen kuru ve yaş yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcılar kullanılmış olup, kuru manyetik ayırma işlemleri laboratuvar ölçekli Carpco MIH (13)111-5 model yüksek alan şiddetli tamburlu kuru manyetik ayırıcı (Şekil 3.10) ile gerçekleştirilmiştir. Tamburlu manyetik ayırıcılar; sabit bir

mıknatıs veya bir elektromıknatıs konveyör tamburunun içine yerleştirilmiş olup kesitinde yarısına yakın bir yer işgal etmektedir. Titreşimli besleyici ile tek tabakalı besleme oluşturulacak şekilde manyetik alana beslenen malzemede bulunan cevherin içindeki Fe/Fe-Ti içerikli mineraller manyetik tambura yapışmakta ve manyetik alan bittiğinde gerek yer çekiminin etkisi, gerekse manyetik tamburun arkasında yer alan sıyırıcı fırçalar yardımıyla manyetik tamburdan ayrılarak manyetik malzeme haznesine dökülmektedir. Bu şekil de tüvenan cevherini içermiş olduğu manyetik olmayan mineraller, Fe/Fe-Ti içerikli manyetik minerallerden arındırılmaktadır (Hacıfazlıoğlu, 2011).

Sulu ortamda katı taneler için ayrıştırıcı ve yüksek dağıtıcı özellik imkanı sağlayan yaş manyetik ayırma işlemlerinde kuru manyetik ayırma işlemleri ile karşılaştırıldığında ince boyutlarda daha yüksek zenginleştirme verimleri elde edilmektedir (Hacıfazlıoğlu, 2011). Bu sebeple gerçekleştirilen yaş manyetik ayırma yöntemi ile zenginleştirme işlemlerinde ise tel matriksli yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcı kullanılmıştır. Zenginleştirme işlemlerinde kullanılan laboratuvar tipi yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcı görseli Şekil 3.11’de verilmiştir.



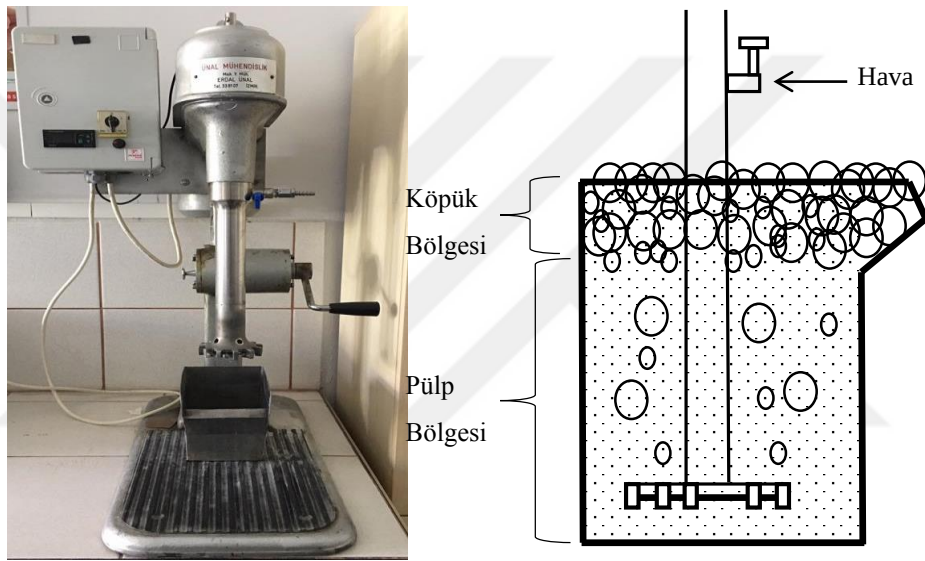
Şekil 3.10. Laboratuvar tipi yüksek alan şiddetli tamburlu kuru manyetik ayırıcı



Şekil 3.11. Laboratuvar tipi yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcı

3.2.4. Flotasyon ile Zenginleştirme

Boyut küçültme ve eleme işlemleri ile $-0.106+0.038$ mikron boyutunda sınıflandırılan foid içerikli cevher (foid monzosiye nit porfir) numunesinden; flotasyon işlemlerinde kullanılmak üzere 200 gr'lık temsili numuneler hazırlanması amacıyla numune alma işlemlerinde taraklı ayırıcı (chute riffle) kullanılmıştır. Flotasyonla zenginleştirme işlemleri S.D.Ü. Mineral ve Kömür Hazırlama Teknolojileri Laboratuvarında laboratuvar ölçekli Denver flotasyon makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, kullanılan flotasyon makinesi görseli ve flotasyonla zenginleştirme işleminin şematik gösterimi Şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12. Laboratuvar tipi Denver flotasyon makinesi, flotasyon işleminin şematik gösterimi

Flotasyon makineleri veya flotasyon hücreleri başlıca; flotasyon hücresi, hücrenin merkezinde bir karıştırıcı, karıştırıcı rotorunun etrafında sabit bir dağıtıcı, pülp besleme hattı, yüzen ürünün alındığı konsantre oluğu, batan ürünün alındığı atık hattı, köpük oluşturmak için tanka hava girişi, karıştırıcıyı döndüren hareket sistemi ve bu süreci kontrol eden elektronik sistemlerden oluşmaktadır (Yıldız, 2010). Tez çalışmasının bu aşamasında foid içerikli doğal taş işleme tesisi pasasının ters flotasyon (reverse flotation) yöntemi ile oleyik asit kökenli toplayıcı varlığında, bazik pH koşullarında içermiş olduğu Fe-Ti içerikli minerallerden arındırılarak seramik sanayiisine uygun yüksek alkali içerikli hammadde temininin kazanılması amaçlanmıştır.

4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme

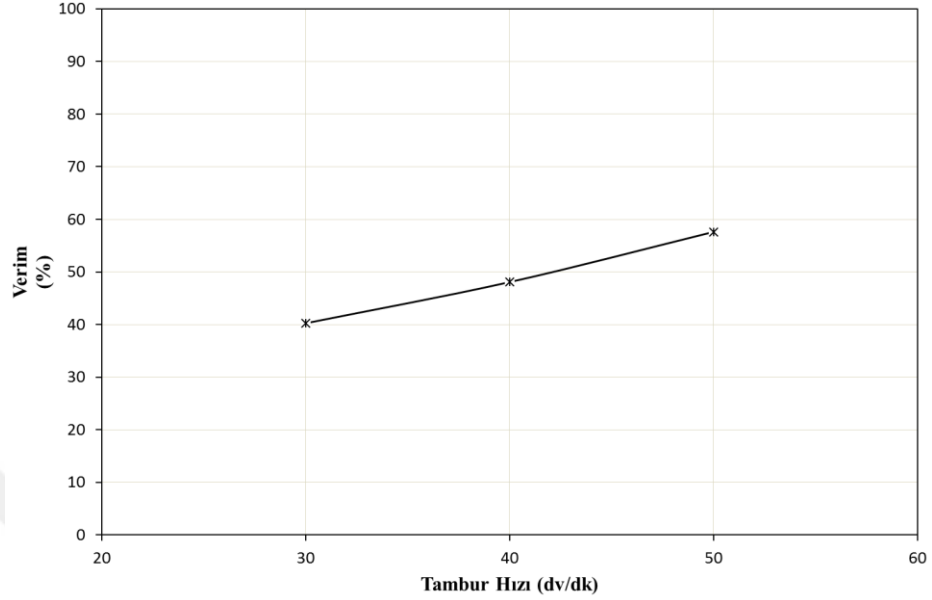
Tez çalışmasının bu aşamasında $-0.106 + 0.038$ mm dar tane boyutu aralığında sınıflandırılmış cevher manyetik ayırma ile zenginleştirilebilirliğinin araştırılması amacıyla laboratuvar tipi yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırma ve yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma işlemlerine tabi tutulmuş, elde edilen sonuçlar gerek zenginleştirme verimleri (%) gerekse $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi vetenör değerlerine bağlı olarak ayrı ayrı grafiksel olarak verilmiştir. Kuru manyetik ayırma işlemlerinde cevherin içermiş olduğu manyetik özellikteki minerallerin manyetik ayırma işlemleri ile uzaklaştırılması amacıyla besleme hızı yaklaşık olarak 2 kg/saat'de, manyetik alan şiddeti ise cihazın olanak tanıdığı en yüksek manyetik alan şiddeti olan yaklaşık 15000 gauss'da sabit tutulmuş, farklı manyetik tambur hızlarında (30-50 dv/dk) kontrollü zenginleştirme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yaş manyetik ayırma işlemlerinde ise %15 ağırlıkça katı oranındaki pülp yine kontrollü bir şekilde farklı besleme hızlarında (1.5-3 kg/saat) manyetik ayırıcıda zenginleştirme işlemlerine tabi tutulmuştur.

4.1.1. Kuru Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme

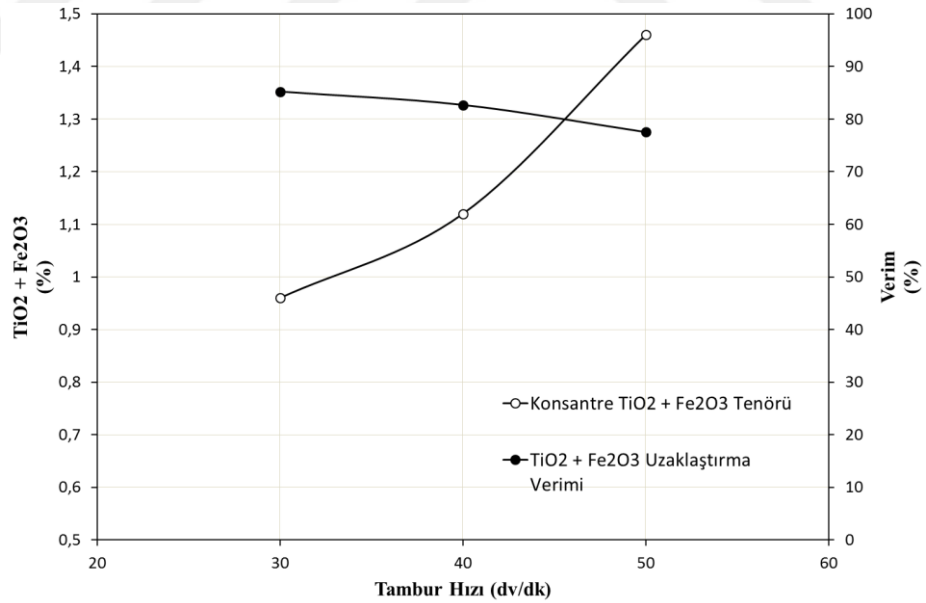
Kuru manyetik ayırma işlemlerinde boyuta göre sınıflandırılmış foid içerikli kayaç numunesi ayırma veriminin yüksek olması amacıyla manyetik tambura kontrollü bir şekilde tek tabakalı olacak şekilde 2 kg/saat besleme hızında beslenmiştir. Seramik hammaddelerinde istenmeyen safsızlıklar olarak ifade edilen ve cevher içeriğinde bulunan farklı manyetik duyarlıklara sahip renk verici minerallerin (hematit, manyetit, ilmenit, biyotit vb.) tamamen uzaklaşması amacıyla yüksek alan şiddetli manyetik alan uygulanmış ve 30-50 dv/dk aralığındaki tambur dönüş hızlarında zenginleştirme işlemlerine tabi tutulmuştur. Uygulanan her bir tambur hızında manyetik ayırma konsantre kazanma verimleri Şekil 4.1'de ve $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimleri (%) ile $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenör (%) grafikleri ise Şekil 4.2'de grafiksel olarak verilmiştir.

Şekil 4.1'de verilen sonuçlar incelendiğinde tambur hızının artması ile birlikte konsantre kazanım verimi artmaktadır. 30 dv/dk'da konsantre kazanım verimi yaklaşık %40 iken, bu değer 40 dv/dk'da %49'a ve 50 dv/dk'da ise yaklaşık %58'e çıkmaktadır.

Şekil 4.2’de verilen sonuçlar incelendiğinde ise; düşük tambur hızında mineral tanelerinin daha çok manyetik alan şiddetine maruz kaldığı, böylece Fe-Ti içerikli mineral uzaklaştırma veriminin arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Manyetik ayırıcı tambur hızı - konsantre kazanım verimi



Şekil 4.2. $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi(%) - konsantre % $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ tenör değişimi

Elde edilen sonuçlara göre konsantre $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ tenörü (%) ile birlikte besleme tane boyutunun etkisiyle birlikte manyetik tanelerin alkali içerikli mineral tanelerinin yüzeyini sarması, bu minerallerin manyetik mineral taneleri gibi davranmalarına ve

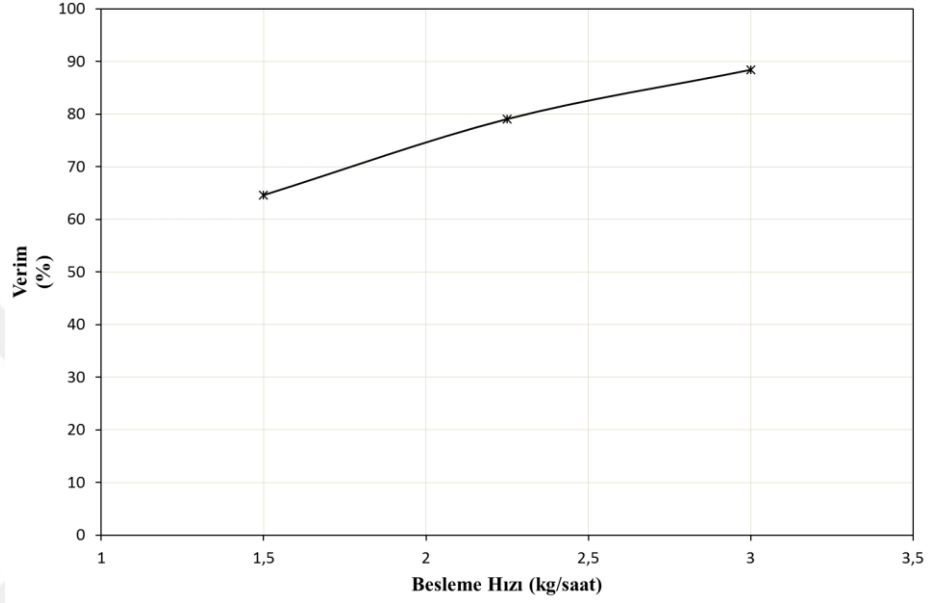
konsantre kazanım verimlerinin azalmasına yol açmaktadır. Ayrıca tane boyutunun da etkisi ile numune tambur yüzeyine kaplanarak tamburu geç terketme, böylece manyetik minerallerle birlikte değerli mineral kaçağı da gerçekleşmektedir. 30 dv/dk tambur hızında yaklaşık %85'lik bir $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi ile % 0.95 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantre elde edilirken, tambur hızının artması ile birlikte 40 dv/dk'da yaklaşık %82.5'luk bir $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi ile % 1.11 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantre, 50 dv/dk'da ise yaklaşık %78'lik bir $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi ile % 1.47 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantre elde edilmiştir.

4.1.2. Yaş Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme

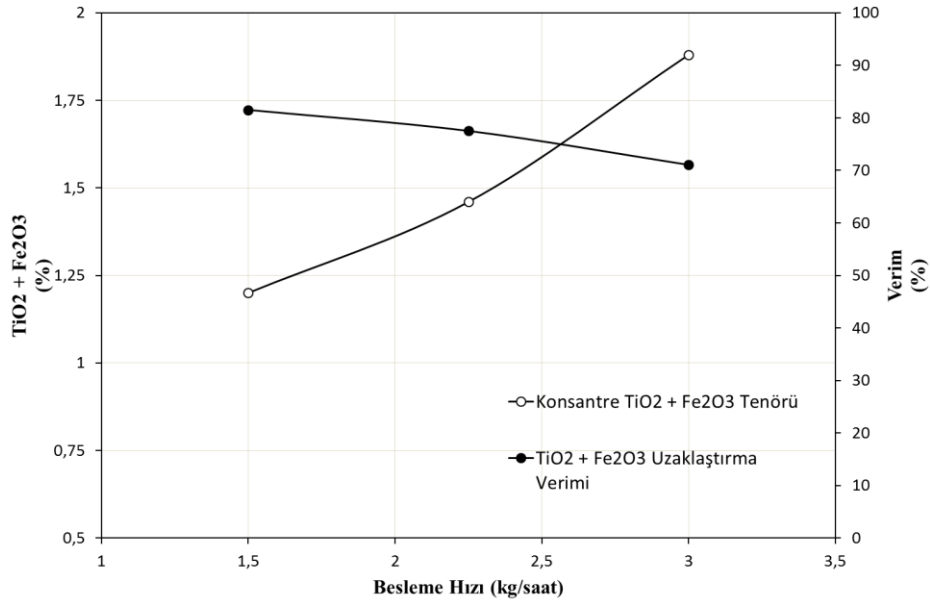
Yaş manyetik ayırma işlemlerinde de ayırma veriminin yüksek olması amacıyla ağırlıkça%15 katı oranına sahip olan pülpkontrollü bir şekilde farklı besleme hızlarında (1.5-3 kg/saat) yaş manyetik ayırıcıya beslenerek zenginleştirme işlemine tabi tutulmuştur. Uygulanan her bir besleme hızında manyetik ayırma konsantre kazanma verimleri Şekil 4.3'de ve $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimleri (%) ile $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenör (%) grafikleri ise Şekil 4.4'de grafiksel olarak verilmiştir.

Şekil4.3'deverilen sonuçlar incelendiğinde;besleme boyutu da dikkate alındığında suyun pülp içerisinde mineraller için dağıtıcı bir etkisinin olduğu, manyetik duyarlılığa sahip minerallerin manyetik özellik göstermeyen minerallerden daha fazla ayrıldığı görülmektedir. Sonuçlara göre yaş manyetik ayırma işlemlerinde elde edilen konsantre kazanma verimleri kuru manyetik ayırma işlemleri ile karşılaştırıldığında daha yüksek olmakla birlikte, artan besleme hızı ile birlikte konsantre kazanma verimi de artmaktadır. Ancak Şekil 4.4'de verilen % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimleri dikkate alındığında yüksek besleme hızlarında (3 kg/saat) birim zamanda manyetik alandan geçen mineral miktarının artması ile birlikte, pülpde manyetik mineraller matris içerisinde sıkışarak manyetik alana daha az maruz kalmakta ve dolayısıyla yüksek konsantre kazanma verimleri elde edilirken, % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi düşmektedir. Bu sebeple belirtilen besleme hızında daha yüksek % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantre elde edilirken, $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi yaklaşık %70'e düşmektedir. Besleme hızının azalması ile birlikte % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi artarken, 2.25 kg/saat besleme hızında yaklaşık %78 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi ile %1.4 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantre ve 1.5 kg/saat besleme hızında ise yaklaşık

%70 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi ile %1.2 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantre elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre düşük besleme hızında yüksek istenmeyen safsızlık (Fe-Ti içerikli mineraller) uzaklaştırma verimi elde edilmiş olmasına rağmen, Şekil 4.3’de elde edilen konsantre miktarı da dikkate alınarak tez çalışmalarının bundan sonraki bölümlerinde yaş manyetik ayırma işlemlerinde besleme hızı 2.25 kg/saat olarak uygulanmıştır.



Şekil 4.3. Manyetik ayırıcı besleme hızı - konsantrekazanım verimi



Şekil 4.4. $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi (%) - konsantre % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenör değişimi

4.2. Flotasyon İle Zenginleştirme

Tez çalışmasının bu aşamasında $-0.106 + 0.038$ mm dar tane boyutu aralığında sınıflandırılmış cevher oleyik asit kökenli toplayıcı (Aero 704) varlığında, toplayıcı miktarı ve ortam pH'ına bağlı olarak laboratuvar tipi 1.5lt'lik flotasyon makinesi ile flotasyonla zenginleştirme işlemlerine tabi tutulmuştur. Deneysel çalışmalarda; kıvamlandırma işlemi kullanılan toplayıcı ile mineral tanelerinin karşılaşma olasılığının artırılması amacıyla %35 katı (ağırlıkça) pülp yoğunluğunda ve 1750 dv/dk'da gerçekleştirilmiştir. 5 dk kıvamlandırma işlemi sonrasında pülp yoğunluğu %15 ağırlıkça katı, karıştırma hızı ise 1500 dv/dk olarak ayarlanmış ve sisteme hava beslemesi ile birlikte 1 dk köpük alma işlemi uygulanmıştır. Flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde uygulanan değişkenler Çizelge 4.3'de, farklı toplayıcı miktarlarında (1000-2000 g/t) pH'a dayalı konsantre kazanma verimleri (%) Şekil 4.5'de ve her bir toplayıcı miktarında pH'a dayalı % $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi ve konsantre % $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ tenör değişimleri ise Şekil 4.6-4.8'de grafiksel olarak verilmiştir.

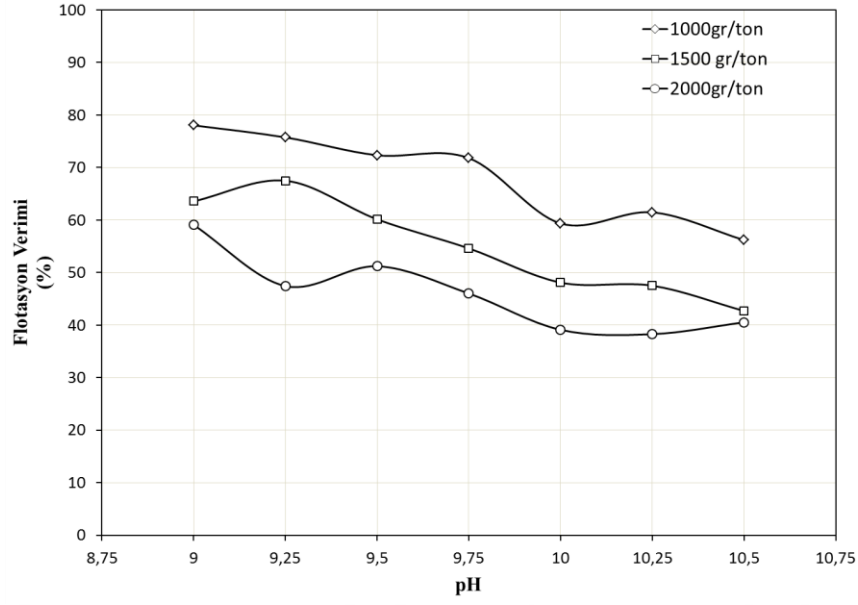
Çizelge 4.1. Flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde kullanılan değişkenler

Flotasyon Değişkenleri	Değerler
Tane Boyutu (mm)	$-0.106 + 0.045$ mm
Pülp Yoğunluğu (% Ağırlıkça Katı)	Kıvamlandırma : % 35
	Flotasyon : % 15
Karıştırıcı Dönüş Hızı	Kıvamlandırma : 1750 dv/dk
	Flotasyon : 1500 dv/dk
pH	9-10.50
Kıvamlandırma Süresi(dk)	5 dk
Flotasyon Süresi (dk)	1 dk
Toplayıcı Miktarı (gr/t)	1000 g/t
	1500 g/t
	2000 g/t

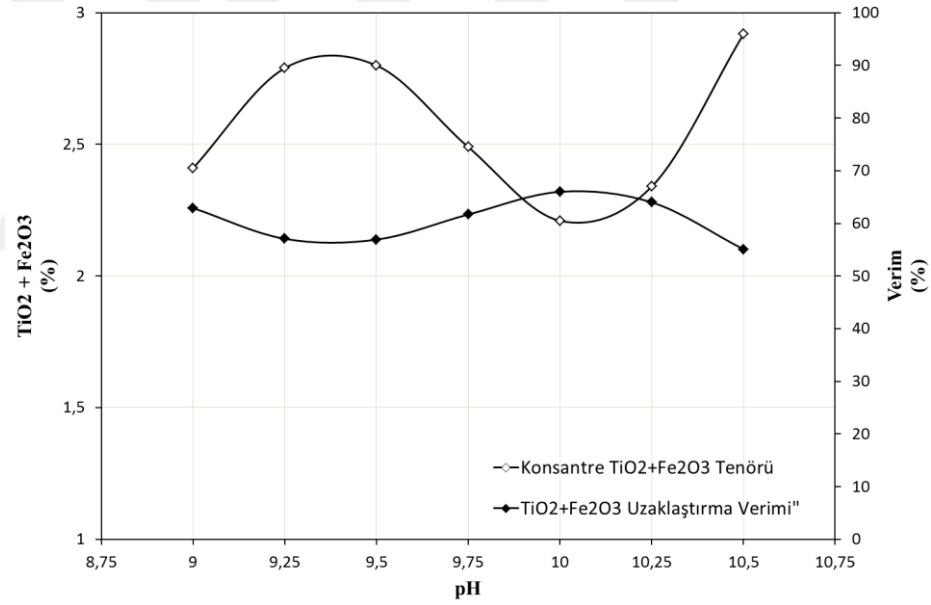
Şekil 4.5'de verilen toplayıcı miktarı ve ortam pH'sına bağlı konsantre kazanma verimleri (%) incelendiğinde, konsantre kazanma verimlerinin gerek ortam pH'sına

gerekse toplayıcı miktarına bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Konsantre kazanma verimleri (% ağırlıkça katı) her bir toplayıcı miktarında ortam pH değerine bağlı olarak benzer şekilde değişirken, pH 9.0'da 1000 g/t toplayıcı varlığında yaklaşık %80 olan konsantre kazanma verimi, artan pH ile azalarak flotasyon işlemlerinde uygulanan en yüksek pH değeri olan pH 10.5'de %60'ın altına düşmektedir. 1500 g/t toplayıcı varlığında ise pH 9.0'da yaklaşık %65 olan konsantre kazanma verimi artan pH ile kademeli olarak azalarak pH 10.5'de %45'in altına, 2000 g/t toplayıcı varlığında ise pH 9.0'da %60 olan konsantre kazanma verimi bazik koşullara doğru azalarak pH 10.5'de yaklaşık %40'a düşmektedir. Feldspat cevherlerinden mika ve Fe-Ti içerikli minerallerin tek aşamada ve bazik pH koşullarında uzaklaştırılması amacıyla kullanılan Aero 704, kullanım miktarına bağlı olarak feldspat mineralleri için de toplayıcı özellik sağladığı daha önce Özün (2012) gerçekleştirmiş olduğu çalışmada belirtilmiştir. Belirtilen çalışma ile bu tez kapsamında elde edilen flotasyon sonuçları benzerlik göstermektedir. Farklı toplayıcı miktarlarında elde edilen konsantre kazanma verimleri ve mineralojik analiz sonuçlarına göre cevherin içerdiği Fe-Ti içerikli mineral miktarları dikkate alındığında artan toplayıcı miktarı ile birlikte uygulanan ters flotasyon işlemlerinde yüzdürülen istenmeyen safsızlıklarla (mika ve Fe-Ti içerikli mineraller) birlikte alkali (Na_2O ve K_2O içerikli) minerallerin de köpük bölgesine taşındığı ve atık olarak flotasyon hücresinden taşdığı sonucu çıkarılmaktadır.

1000g/t toplayıcı varlığında yapılan flotasyon deneylerinde elde edilen sonuçlar incelendiğinde(Şekil 4.6) $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verim (%) ve % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenör değerlerinin ortam pH'ına bağlı olarak değiştiği, en yüksek $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma veriminin pH 10.0–10.25 aralığında elde edildiği görülmektedir. Sonuçlara göre pH 10.0'da yaklaşık %66 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi ile yaklaşık %2.2 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantre elde edilirken, pH 10.25'de yaklaşık %63 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi ile yaklaşık % 2.3 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantre elde edilmiştir. Belirtilen pH değerleri dışında uygulanan diğer pH koşullarında yüksek konsantre kazanma verimi elde edilmesine rağmen, elde edilen konsantreler daha yüksek $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ (> %2.5) tenörlerine ve daha dolayısıyla daha düşük $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimlerine (%) ($\leq$ %60) sahip bulunmuştur.



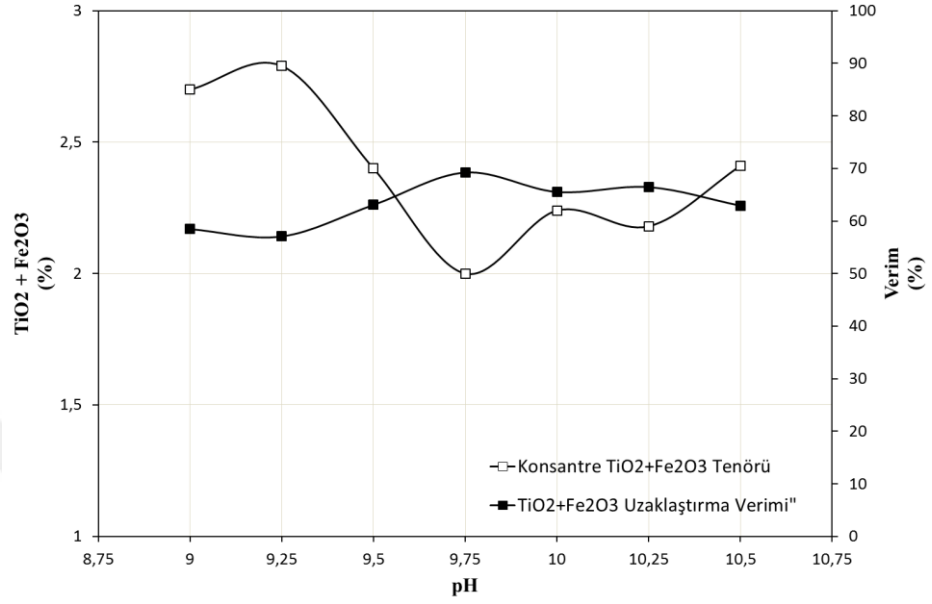
Şekil 4.5. Toplayıcı miktarına bağlı flotasyon verim değişimi



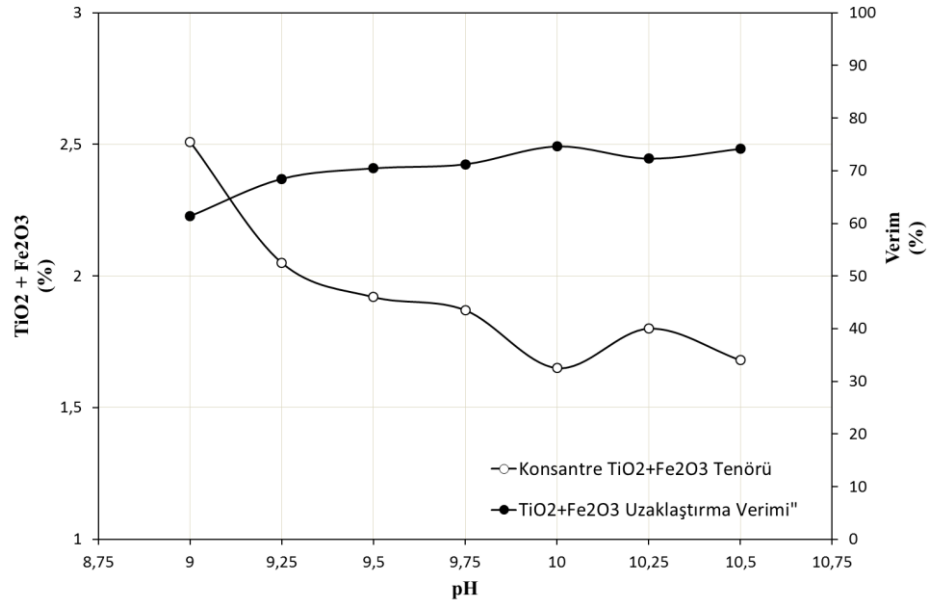
Şekil 4.6. 1000g/t toplayıcı varlığında $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenör değişimi

Daha yüksek % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi ve daha düşük % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantre elde edilmesi amacıyla toplayıcı miktarı 1500 g/t'a çıkarıldığında (Şekil 4.7) 1000 g/t toplayıcı varlığında elde edilen sonuçlarla benzer olarak en yüksek % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimleri pH 9.75-10.25 aralığında elde edilmiştir. Sonuçlara göre pH 9.75'de yaklaşık elde edilirken, pH 10.0 ve pH 10.25'de yaklaşık %67 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi ile yaklaşık > %2 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantreler elde edilmiştir. Toplayıcı miktarı 2000 g/t'a çıkarıldığında ise pH

9.75'den daha bazik koşullarda %70'den daha fazla $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimleri elde edilirken, konsantrelerin $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörleri ise %1.8'in altına düşmektedir. Belirtilen toplayıcı miktarı için en düşük konsantre tenörü yaklaşık %1.6 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ içeriği ile pH 10.0'da elde edilmiştir.



Şekil 4.7. 1500g/t toplayıcıvarlığında $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenör değişimi



Şekil 4.8. 2000g/t toplayıcıvarlığında $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenör değişimi

4.3. Flotasyon Sonrası Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme

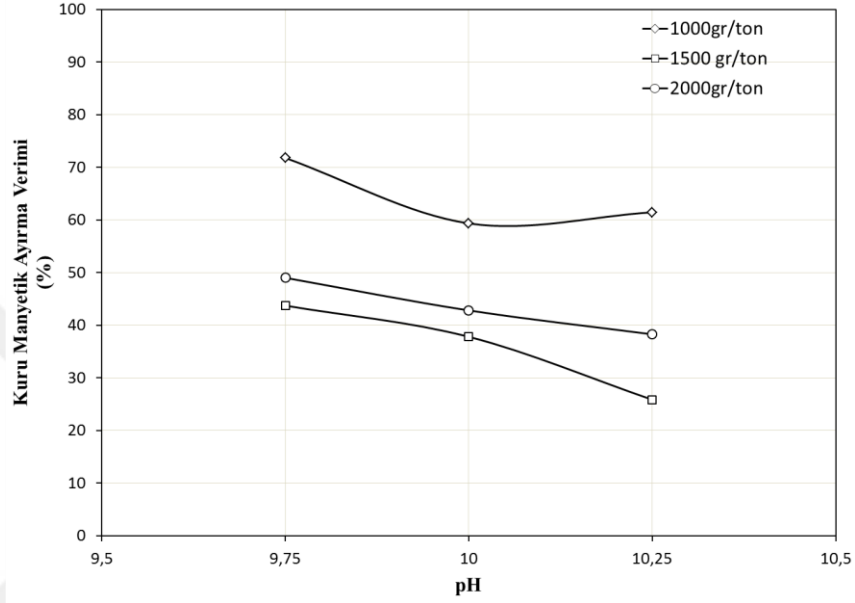
Tez çalışmasının bu aşamasında feldspat zenginleştirme tesislerinde endüstriyel ölçekte konsantre $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörünün düşürülmesi amacıyla yaygın olarak uygulanmakta olan flotasyon konsantresinin manyetik ayırma ile zenginleştirme işlemleri dikkate alınarak, her bir toplayıcı varlığında elde edilen konsantre ürünler önceki çalışmalarda belirlenen değişkenler uygulanarak (kuru manyetik ayırma için 40 dv/dk tambur hızı ve 2 kg/saat besleme hızı; yaş manyetik ayırma için %15 pülp yoğunluğu ve 2.25 kg/lit besleme hızı) manyetik ayırma işlemlerine tabi tutulmuştur.

4.3.1. Flotasyon Sonrası Kuru Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme

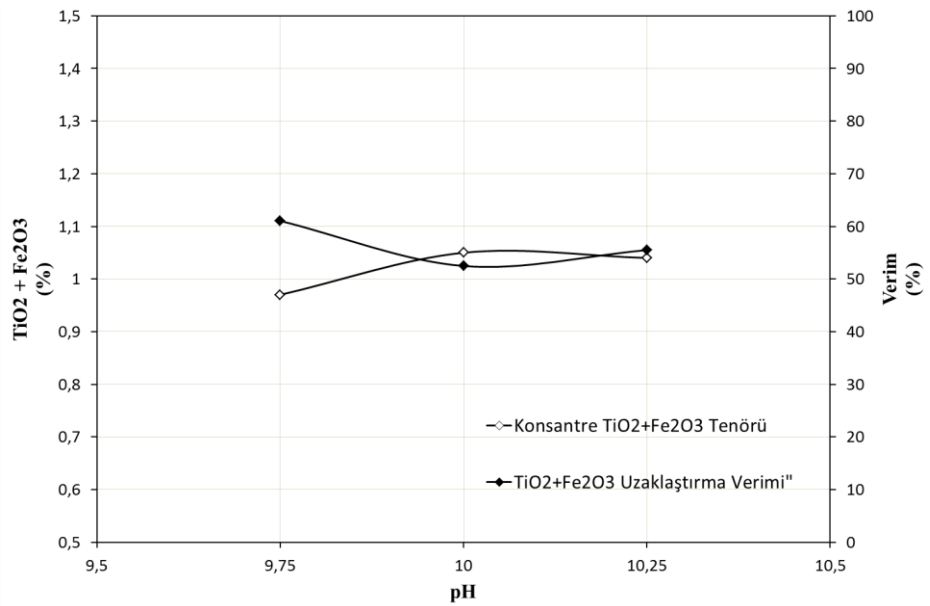
Flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde elde edilen konsantrelerin çok miktarda su içermeleri nedeniyle, flotasyonla zenginleştirme işlemleri sonrası kuru manyetik ayırma işleminin pratikte uygulanabilmesi için konsantreden suyun tamamen uzaklaştırılması gerekmektedir. Pratikte uygulanması güç ve maliyetli olan bir zenginleştirme işlemi olan flotasyon sonrası kuru manyetik ayırma işlemleri tez çalışmasının bu aşamasında; kuru manyetik ayırma işlemlerinde yüksek $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimlerinin elde edilmiş olması (Şekil 4.2) ve kuru manyetik ayırma ile gerçekleştirilen zenginleştirme işlemlerinde elde edilen %50'den daha düşük konsantre kazanım verimlerinin (Şekil 4.1) artırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde farklı toplayıcı miktarları (1000 g/t-2000 g/t) ve pH (pH 9.75-10.25) değerlerinde elde edilen konsantrelerin $100\pm 5^\circ\text{C}$ 'de etüvde kurutulması sonrasında uygulanan kuru manyetik ayırma konsantre verimi ve $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenör değişim grafikleri artan toplayıcı miktarına bağlı olarak Şekil 4.9-4.12'de verilmiştir.

Şekil 4.9-4.12'de grafiksel olarak verilen değerler ve flotasyon işlemlerinde kazanılan en düşük % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantrelerin elde edildiği pH aralığı (pH 9.75-10.25) dikkate alındığında, belirtilen pH değerlerinde elde edilen konsantrelere uygulanan manyetik ayırma işlemleri sonrasındaki konsantre kazanım verimleri tane boyutunun etkisiyle düşük olmakta; 1000g/t toplayıcı miktarı için %60-71 arasında, 1500g/t için 39-59 arasında ve 2000g/t için ise %25-43 arasında değişmektedir. Beslemenin içerdiği % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörüne göre kazanılan konsantre tenörlerinin de (% $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$)değişkenlik gösterdiği; 1000 g/t toplayıcı varlığında %2.2-2.5 olan

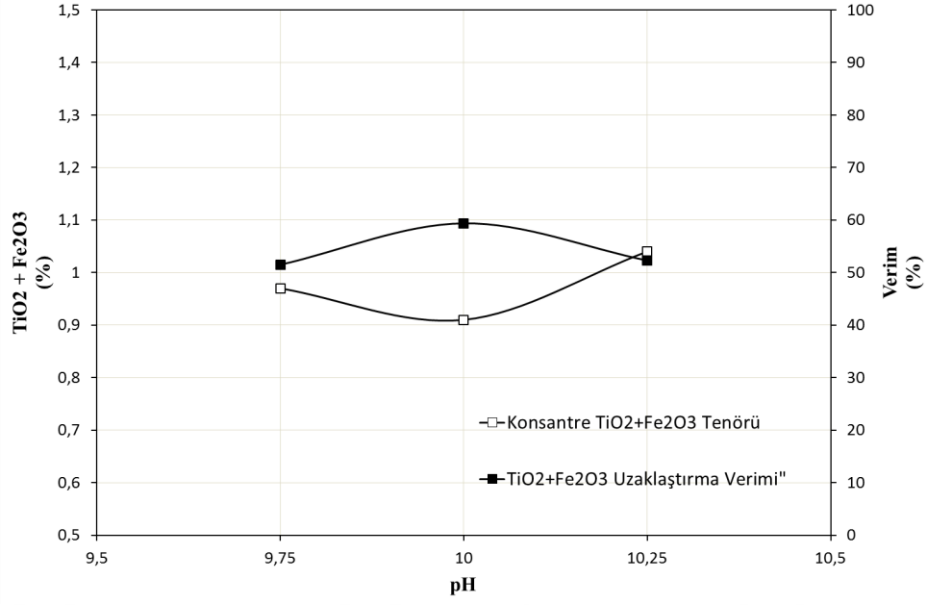
$\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörünün manyetik ayırma sonrası %0.96-1.06 aralığına düştüğü, 1500 g/t toplayıcı varlığında %2.0-2.25 aralığından %0.90-1.05 aralığına düştüğü ve 2000 g/t toplayıcı varlığında ise %1.64-1.88 aralığından diğer toplayıcı miktarlarında olduğu gibi %0.95-1.00 aralığına düştüğü görülmektedir. Belirtilen pH değerlerinde her bir toplayıcı miktarında $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimlerinin (%) ise yaklaşık %50-60 aralığında değiştiği belirlenmiştir.



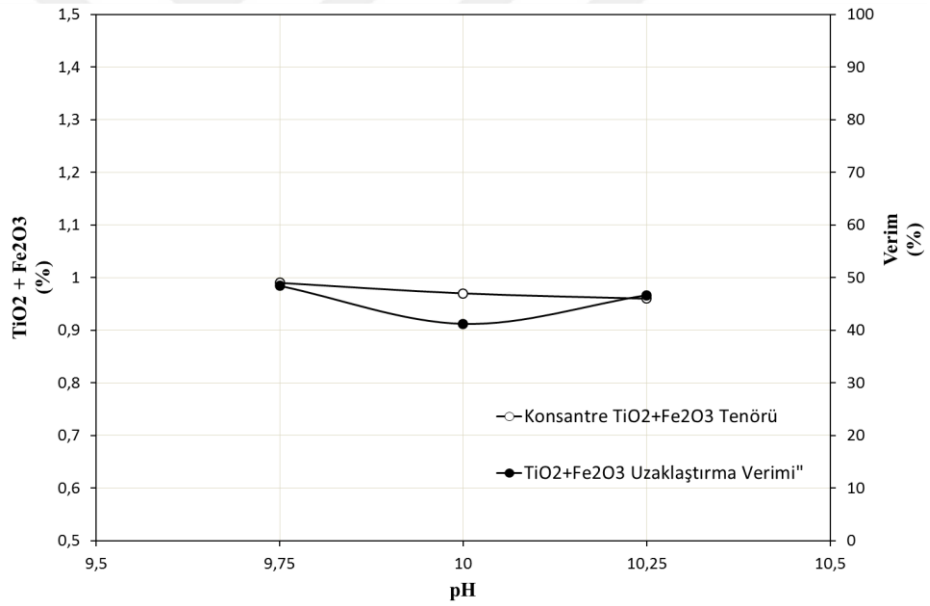
Şekil 4.9. Farklı toplayıcı miktarlarında elde edilen flotasyon konsantrelerinin kuru manyetik ayırmadaki konsantre kazanım verimi değişimi



Şekil 4.10. 1000g/t toplayıcı ile flotasyon sonrası kuru manyetik ayırma işlemi $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenör değişimi



Şekil 4.11. 1500g/ttoplayıcı ile flotasyon sonrası kuru manyetik ayırma işlemi $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenör değişimi



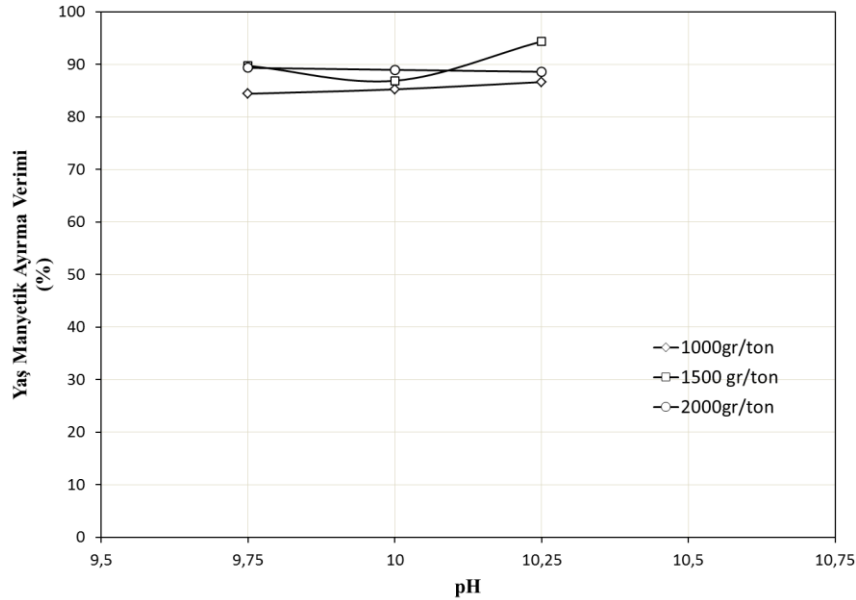
Şekil 4.12. 2000g/ttoplayıcı ile flotasyon sonrası kuru manyetik ayırma işlemi $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenör değişimi

4.3.2. Flotasyon Sonrası Yaş Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme

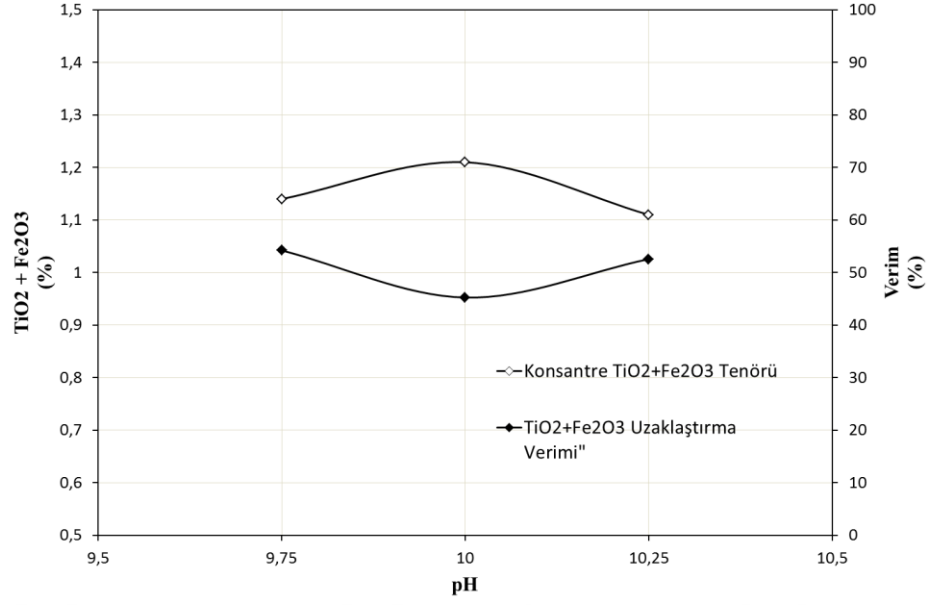
Feldspatların flotasyonla zenginleştirilmeleri esnasında gerek flotasyon etkinliğinin düşük olması sebebiyle, gerekse flotasyon hücreleri vb. ekipmanlardan konsantreye karışan Fe-Ti içerikli safsızlıkların uzaklaştırılması amacıyla yaş manyetik ayırma işlemleri destekleyici (backup) işlem olarak endüstriyel ölçekte uygulanmaktadır. Bu

sebeple tezin bu bölümünde daha önce flotasyonla elde edilen konsantreler yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma işlemlerine tabi tutulmuş, her bir toplayıcı miktarı ve pH değeri için sonuçlar artan toplayıcı miktarına bağlı olarak konsantre kazanım verimleri ve $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenör değişimi grafiksel olarak Şekil 4.13-4.16'da verilmiştir.

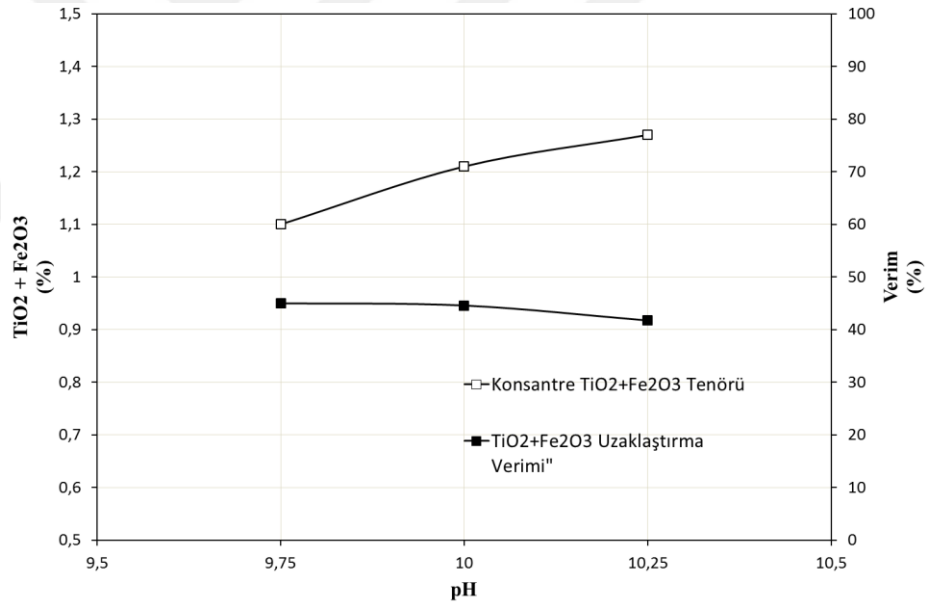
Sonuçlar incelendiğinde her bir toplayıcı varlığında elde edilen flotasyon konsantrelerine uygulanan yaş manyetik ayırma işlemleri ile elde edilen konsantre kazanım verimleri suyun dağıtıcı etkisiyle kuru manyetik ayırmaya göre daha yüksek (%84.4-%94.39) bulunmuş. Flotasyon sonrası uygulanan yaş manyetik ayırma işlemlerinde elde edilen konsantre % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlerinin (%1.1-1.28) ise birbirleri ile benzer ve flotasyonla zenginleştirme işlemleri ile elde edilen konsantre % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlerinden daha düşük olduğu, ancak flotasyon sonrası kuru manyetik ayırma işlemleri ile elde edilen konsantre tenörlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Su, pülp içersinde mineral taneleri için dağıtıcı etki oluşturarak manyetik minerallerin uzaklaştırılmasında faydalı olmakla birlikte, bu aşamada konsantre % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlerinin flotasyon sonrası kuru manyetik ayırma ile elde edilen konsantrelerden yüksek olmasına, yaş manyetik ayırmada uygulanan yüksek besleme hızının neden olduğu düşünülmektedir.



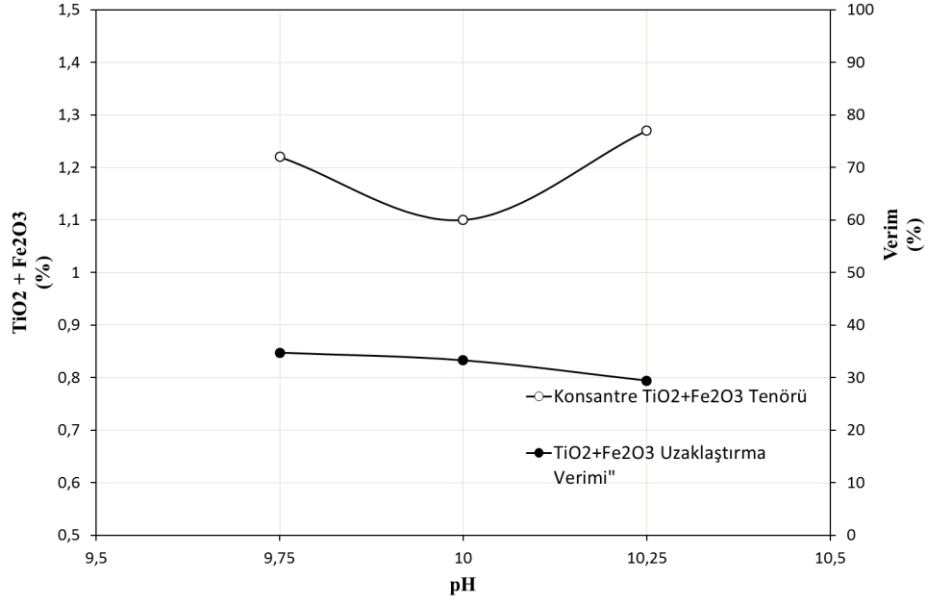
Şekil 4.13. Farklı toplayıcı miktarlarında elde edilen flotasyon konsantrelerinin yaş manyetik ayırmadaki konsantre kazanım verimi değişimi



Şekil 4.14. 1000g/ttoplayıcı ile flotasyon sonrası yaş manyetik ayırma işlemi $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ tenör değişimi



Şekil 4.15. 1500g/ttoplayıcı ile flotasyon sonrası yaş manyetik ayırma işlemi $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ tenör değişimi



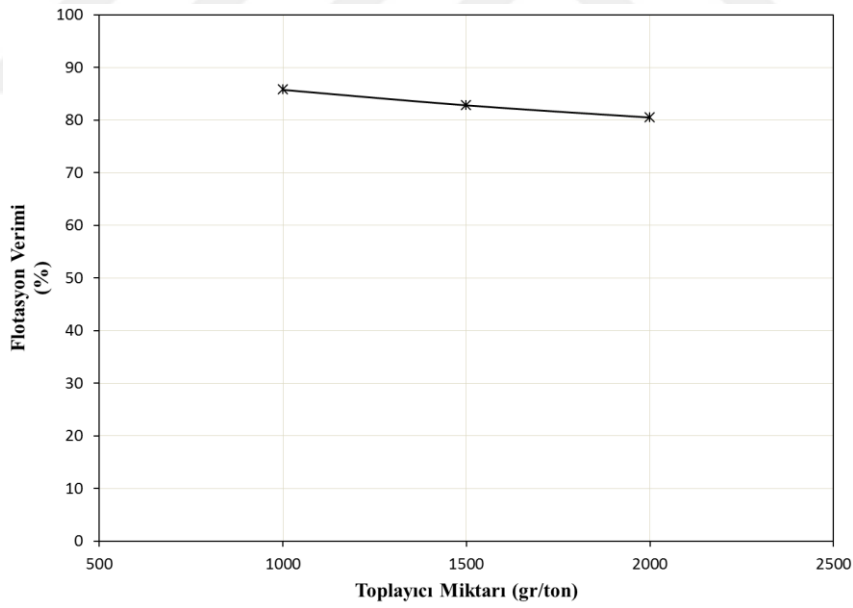
Şekil 4.16. 2000g/ttoplayıcı ile flotasyon sonrası yaş manyetik ayırma işlemi Fe₂O₃+TiO₂ uzaklaştırma verim (%) - % Fe₂O₃+TiO₂tenör değişimi

4.4. Manyetik Ayırma Sonrası Flotasyonla Zenginleştirme

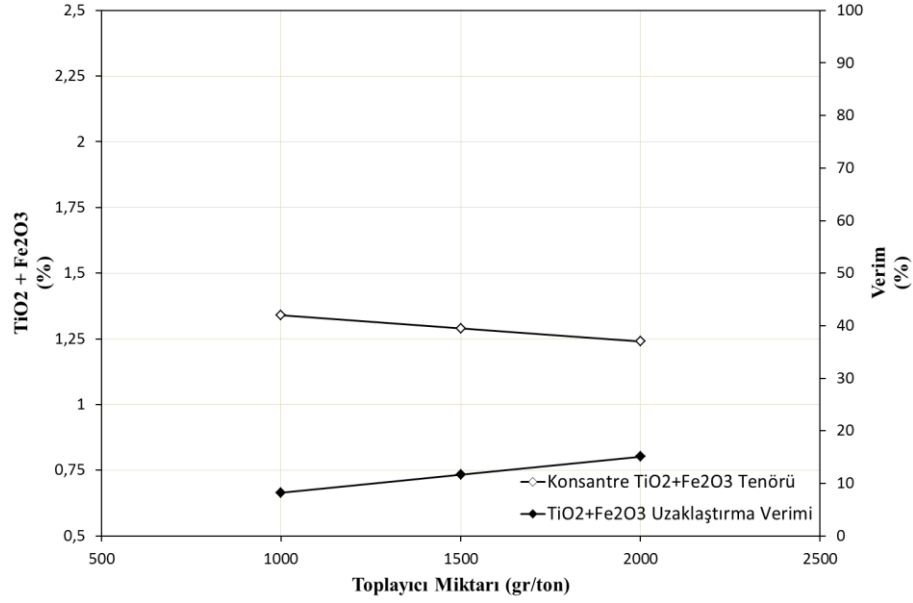
Çoğunlukla flotasyonla zenginleştirilen feldpat cevherlerinin zenginleştirme işlemlerinde, flotasyon işlemleri öncesinde cevher ön zenginleştirme amaçlı olarak manyetik ayırma işlemleri uygulanmaktadır. Bu uygulama ile cevher içinde serbest halde bulunan manyetik minerallerin bir kısmının uzaklaştırılmasını sağlarken, aynı zamanda flotasyon işlemine tabi tutulacak cevher miktarını, dolayısıyla kullanılacak kimyasalların miktarını vb. azaltmaktadır. Tez çalışmasının bu aşamasında Bölüm 4.3'de grafiksel olarak verilen sonuçlar incelenmiş ve cevher besleme boyutuna bağlı olarak yaş manyetik ayırma işlemlerinde kuru manyetik işlemleri (<%50) ile karşılaştırıldığında çok daha yüksek konsantre kazanım verimlerinin (>%80)elde edildiği belirlenmiştir. Bu sebeple çalışmanın bundan sonraki aşamasında, manyetik ayırma sonrası flotasyon uygulamalarında konsantre kazanım verimleri de dikkate alınarak yalnızca yaş manyetik ayırma işlemleri sonrası elde edilen konsantreye Çizelge 4.3'de verilen değişkenler dikkate alınarak flotasyon işlemleri uygulanmıştır. Bu aşamada ayrıca flotasyon uygulamaları ile elde edilen konsantre kazanım verimleri (%) ve konsantre tenör (%Fe₂O₃+TiO₂) değerleri de dikkate alınarak, yaş manyetik ayırma sonrasında uygulanan flotasyon işlemlerinde toplayıcı miktarı, pülp yoğunluğu ve kıvamlandırma süresi'nin elde edilen konsantre tenörüne (%Fe₂O₃+TiO₂) olan etkileri karşılaştırılmalı olarak ele alınmıştır.

4.4.1. Manyetik Ayırma Sonrası Toplayıcı Miktarının Flotasyon Verimine Etkisi

Yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırmada (%15 pülp yoğunluğu, 2.25 kg/saat besleme hızı) elde edilen konsantre ürünlere uygulanan flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde ortam pH değeri pH 10.0 kabul edilerek flotasyon verimi Şekil 4.17’de, %Fe₂O₃+TiO₂ uzaklaştırma verimi ve konsantrede %Fe₂O₃+TiO₂ tenör değişimine olan etkileri Şekil 4.18’de toplayıcı miktarına (1000 g/t-2000 g/t) bağlı olarak verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde artan toplayıcı miktarıyla birlikte elde edilen konsantre kazanım veriminin düştüğü, konsantre %Fe₂O₃+TiO₂ tenörünün ise azaldığı görülmektedir. Yaş manyetik ayırma işlemlerinde elde edilen konsantre yaklaşık olarak % 1.70 Fe₂O₃+TiO₂ tenörüne sahipken, manyetik ayırma sonrası gerçekleştirilen flotasyon uygulamalarıyla bu değer 1000 g/t toplayıcı varlığında yaklaşık % 1.35’e, 1500 g/t toplayıcı varlığında yaklaşık %1.30’a ve 2000 g/t toplayıcı varlığında ise yaklaşık %1.25’e düşürülmüştür. Elde edilen değerler dikkate alındığında her bir toplayıcı miktarı için % Fe₂O₃+TiO₂ uzaklaştırma verimi %8-15 aralığında değişmektedir.



Şekil 4.17. Yaş manyetik ayırma konsantrelerine uygulanan flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde toplayıcı miktarı-konsantre kazanım verimi değişimi



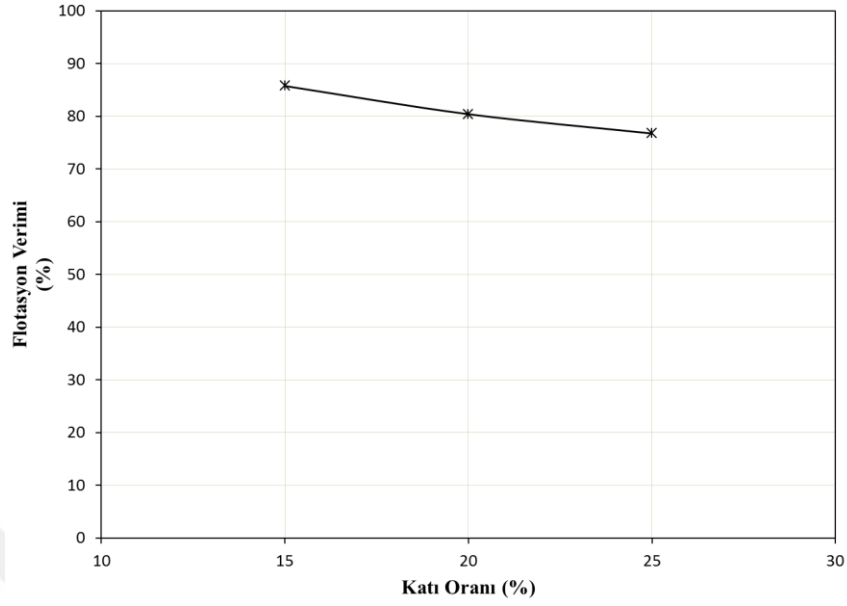
Şekil 4.18. Yaş manyetik ayırma sonrası farklı toplayıcı miktarlarında $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verim (%) - % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenör değişimi

4.4.2. Manyetik Ayırma Sonrası Pülp Yoğunluğunun Flotasyon Verimine Etkisi

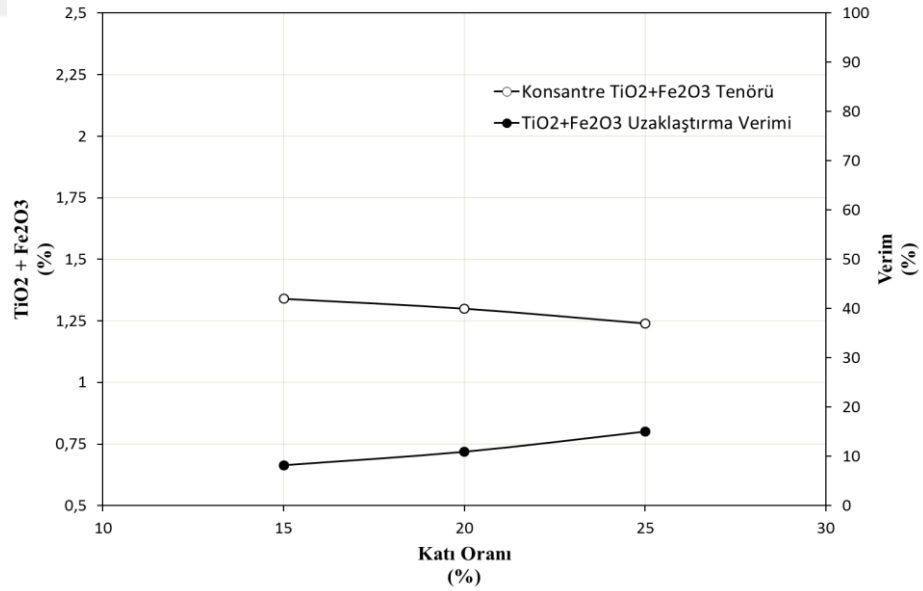
Zhang (1989), gerçekleştirmiş olduğu doktora çalışmasında flotasyonla zenginleştirmede birçok değişkenin flotasyon verimine etkisinin bulunduğunu, bu değişkenlerden en önemlilerinin; pülp yoğunluğu, hava akış hızı (HAH; AFR, air flow rate), karıştırma hızı, mineral tane boyut dağılımı, ortam pH ve ısısı, kullanılan kimyasal miktarı vb. olduğunu ifade etmiştir. Bu bilgiler dikkate alınarak tez kapsamında gerçekleştirilen flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde %15 katı (ağırlıkça) olarak uygulanan pülp yoğunluğu, manyetik ayırma işlemleri ile elde edilen konsantrelerin kullanımı ile gerçekleştirilen flotasyon çalışmalarında %25'e kadar artırılmıştır. pH 10.0'da elde edilen konsantre verimleri ve $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi (%) - $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenör değişim grafiği Şekil 4.19 – 4.20'de grafiksel olarak pülp yoğunluğuna bağlı olarak verilmiştir.

Elde edilen deneysel sonuçlara göre yaş manyetik ayırma sonrası uygulanan flotasyon işlemlerinde belirlenen pülp yoğunluklarında % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ konsantre tenörleri artan pülp yoğunluğu ile birlikte artmaktadır. Sonuçlara göre %15 pülp yoğunluğu için konsantre verimi %85.76, %1.35 olan $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ konsantre tenörü %20 pülp yoğunluğunda %80.41, %1.30' ve %25 pülp yoğunluğunda %76.75, %1.25' düşmüştür.

$\%Fe_2O_3+TiO_2$ uzaklaştırma verimleri ise artan pülp yoğunluğuna bağlı olarak %8-15 aralığında değişmektedir.



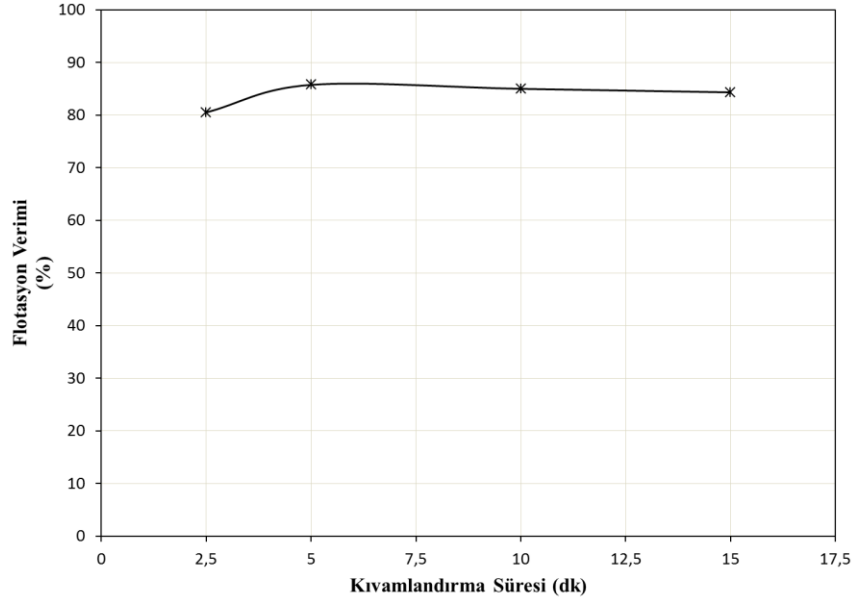
Şekil 4.19. Yaş manyetik ayırma konsantrelerine uygulanan flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde pülp yoğunluğu-konsantre kazanım verimi değişimi



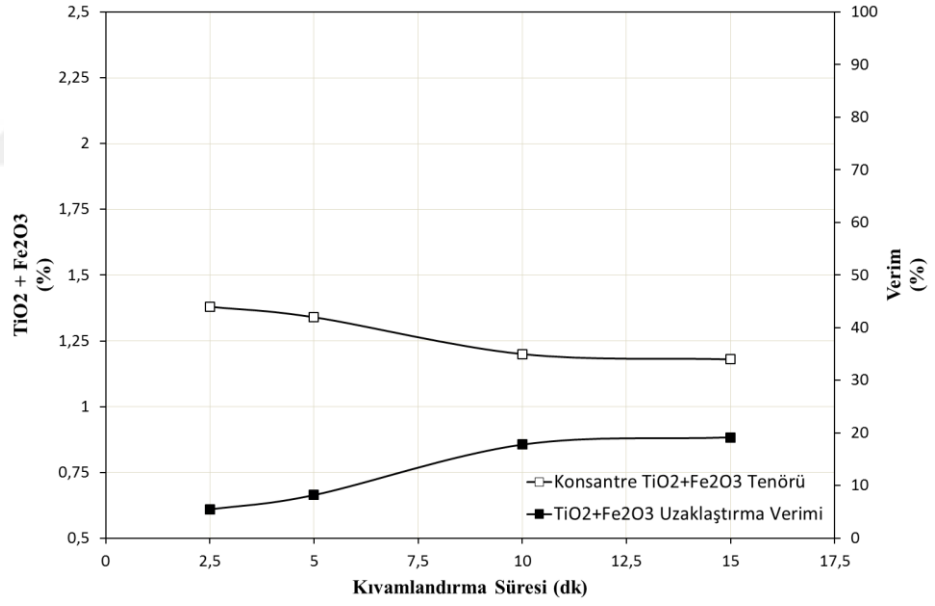
Şekil 4.20. Yaş manyetik ayırma sonrası farklı pülp yoğunluklarında $Fe_2O_3+TiO_2$ uzaklaştırma verim (%) - $\% Fe_2O_3+TiO_2$ tenör değişimi

4.4.3. Manyetik Ayırma Sonrası Kıvamlandırma Süresinin Flotasyon Verimine Etkisi

Flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde flotasyon verimini ve kapasiteyi etkileyen en önemli değişkenlerden birisi olan kıvamlandırma süresinin flotasyon verimine olan etkisi, yaş manyetik ayırma ile elde edilen konsantreler kullanılarak uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.21 – 4.22’de grafiksel olarak verilmiştir. 1000 g/t toplayıcı miktarı ve pH 10.0’da uygulanan flotasyon deneylerinde elde edilen sonuçlara göre 2.5 dk- 15 dk aralığında uygulanan kıvamlandırma sürelerinde artan kıvamlandırma süresinin konsantre verimini arttırdığı ve belirli süre sonunda (5 -15dk) toplayıcının minerallerle yeterince kondüsyonlandığı ve fazla etki etmediği tespit edilmiştir. Artan kıvamlandırma süresiyle birlikte %Fe₂O₃+TiO₂ uzaklaştırma verimlerinin de arttığı ve daha düşük % Fe₂O₃+TiO₂tenörlü konsantrelerin elde edildiği görülmektedir. 2.5 dk kıvamlandırma süresi sonunda uygulanan flotasyon deneylerinde konsantren kazanım verimi %80.52,%Fe₂O₃+TiO₂tenörlü konsantre elde edilirken, bu değer 5 dk kıvamlandırma için bu değerler %85.76,%1.30’a, 10 dk kıvamlandırma için %85, %1.2 ve 15 dk kıvamlandırma süreleri için ise benzer olarak %84.33 kazanım verimi elde edilmiş, %Fe₂O₃+TiO₂tenör<%1.25’in altına düşmektedir. Böylece 2.5 dakika kıvamlandırma süresinde toplayıcı ile gang mineralleri arasında yeterince etkileşimin olmadığı, bu sebeple yüksek tenörlü (%Fe₂O₃+TiO₂) konsantre elde edildiği, artan kıvamlandırma süresi ile toplayıcı-gang mineralleri etkileşiminin arttığı ve daha düşük tenörlü (%Fe₂O₃+TiO₂) konsantrelerin elde edildiği görülmektedir. Şekil 4.17’deki değerler incelendiğinde 10 dk kıvamlandırma süresi sonrasında kıvamlandırma süresinin 20 dk’ya çıkarılması ile %Fe₂O₃+TiO₂ uzaklaştırma verimlerinde bir değişiklik olmadığı, uygulanacak olan kıvamlandırma süresinin 10dk ile sınırlandırılmasının yeterli olacağı sonucu da çıkarılmaktadır.



Şekil 4.21. Yaş manyetik ayırma konsantrelerine uygulanan flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde kıvamlandırma süresi-konsantre kazanım verimi değişimi



Şekil 4.22. Yaş manyetik ayırma sonrası farklı kıvamlandırma sürelerinde Fe₂O₃+TiO₂ uzaklaştırma verim (%) - % Fe₂O₃+TiO₂tenör değişimi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Foid içerikli kayaçlar albit, sanidin, ortoklaz, feldspatoid, nefelin vb. alkali içerikli mineralleri yapısında bulundurmasının yanısıra, silikaca doygun olmayan magmalardan oluşmasından dolayı genel olarak düşük SiO_2 değeri ve yüksek alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) değerine sahip olmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle foid içerikli kayaçların seramik sanayiinde kullanılması tercih sebebi olabilmektedir.

Isparta/Direkli yöresinde bulunan foid (foid monzosenit porfir) içerikli kayaçlar geçmiş yıllardadır taş olarak bilinmekteyken teknolojik gelişmeler sayesinde istenilen her yere dökülebilmektedir. Kayaçların blok olarak çıkarılmaları ve ebatlanmaları esnasında yaklaşık %70'i pas olarak ayrılmakta ve pas sahasına depolanmaktadır. Bu durum gerek atık sahasının geleceğini tehdit etmekte gerekse ekonomik olarak sorun teşkil etmektedir.

Bu tez kapsamında foid içerikli kayaçlardan yüksek seramik hammaddesi kazanımı araştırılarak, hem pas olarak ayrılan %70'lik kısmın değerlendirilmesi hemde seramik endüstrisinde artan hammadde ihtiyacına katkı sağlayacak feldspat minerallerine alternatif yüksek alkali içerikli bir seramik hammaddesinin kazanımı amaçlanmıştır.

Bu bağlamda serbestleşme boyutu dikkate alınarak ($-0.106+0.038$ mm) boyut küçültme işlemleri gerçekleştirilen cevher yüksek alan şiddetli (kuru/yaş) manyetik ayırma, oleyik asit kökenli toplayıcı varlığında bazik pH değerlerinde flotasyonla zenginleştirme ve her iki zenginleştirme yönteminin birlikte kullanımı ile içermiş olduğu Fe-Ti içerikli minerallerden arındırılma işlemlerine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre; kuru manyetik ayırma işlemlerinde 30 dv/dk tambur hızında yaklaşık %85'lik bir $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi ve yaklaşık %40'lık konsantre kazanım verimi ile %0.95 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantre elde edilirken, yaş manyetik ayırma işlemlerinde ise 1.5 kg/saat besleme hızında ise yaklaşık %70 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ uzaklaştırma verimi ve yaklaşık %65'lik konsantre kazanım verimi ile %1.2 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantre elde edilmiştir.

Flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde ise konsantre kazanım verimi ve elde edilen konsantrenin % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörü ortam pH değerine ve toplayıcı miktarına bağlı olarak değişirken, en düşük % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantre (%1.65) 2000g/t

toplayıcı varlığında pH 9.75-10.25 aralığında elde edilmiştir. Artan toplayıcı miktarı ile birlikte konsantrenin % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörü azalırken, konsantre kazanma verimi düşmektedir.

Flotasyonla zenginleştirme sonrası elde edilen konsantreye uygulanan kuru manyetik ayırma işlemleri ile artan toplayıcı miktarına bağlı olarak %1.05 ile % 0.90 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantreler elde edilirken (% 71-41 konsantre kazanma verimli), flotasyon sonrası yaş manyetik ayırma işlemlerinde yaklaşık %80 konsantre kazanma verimi ile en düşük %1.1 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörüne sahip konsantre elde edilmiştir.

Manyetik ayırma sonrası flotasyonla zenginleştirme işlemleri konsantre kazanım verimi dikkate alınarak yalnızca yaş manyetik ayırma sonrası elde edilen konsantrelere uygulanmış ve flotasyonla zenginleştirme işlemlerinde konsantrenin % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörünün toplayıcı miktarı, pülp yoğunluğu ve kıvamlandırma süresine bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en düşük % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörlü konsantreler sırasıyla; 2000 g/t toplayıcı varlığında %1.25, %25 pülp yoğunluğunda %1.25 ve 15 dakika kıvamlandırma süresinde %1.24 olarak belirlenmiştir.

Gerek manyetik ayırma ve flotasyonla zenginleştirme işlemlerinin tek tek kullanımları gerekse birlikte kullanımları ile zenginleştirme işlemlerine tabi tutulan foid monzosiyonit porfir cevherinden elde edilen konsantrelerin % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörleri düşük konsantre kazanım verimlerinde dahi kayacın ince kristalli dokuya sahip olması nedeniyle yaklaşık %0.90'un altına düşürülememiştir. Ancak foid içerikli kayaç blok çıkarma ve işleme işlemlerinde pasa olarak ayrılan %70'lik kısmın değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen zenginleştirme işlemleri sonuçlarına göre; elde edilen konsantrelerin seramik sanayiinde düşük kaliteli ürünlerin masselerinde kullanılabileceği ya da elde edilen konsantrelerin daha düşük % $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ tenörüne sahip kaliteli konsantreler ile harmanlanarak kullanılabileceği sonucu çıkarılmıştır.

KAYNAKLAR

- Allaby, M.,1990. A Dictionary of Earth Sciences, Oxford University Press, 215s,Oxford.
- Arcansoy, A.,1983. Seramik Teknolojisi.Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları2, 254s, İstanbul.
- Bayat, O., Arslan, V., Cebeci, Y., 2006. Combined Application of Different Collectors in the Flotation Concentration of Turkish Feldspars. Minerals Engineering 19, 98-101.
- Bayraktar, I., Ersayın, S., Gulsoy, O.Y., 1997. Upgrading Titanium Bearing Na-Feldspar by Flotation Using Sulphonates, Succinamates and Soaps of Vegetable Oils, Minerals Engineering, 1 (12), 1363–1374.
- Bayraktar, I., Ersayın, S., Gulsoy, O.Y., 1998. Magnetic Separation and Flotation of Biotite Ore. In: Atak, S., Onal, G., Celik, M.S., (Eds.), Proc. 7th International Mineral Processing Symposium, 13-16 Kasım, Turkey, 315–318.
- Bayraktar, İ., Gülsoy, Ö.Y., 2001. Feldspatların Zenginleştirilmesi, 4. End. Hammaddeler Sempozyumu, 18-19 Ekim İzmir, 97-105.
- Bolger, R. 1995. Feldspar and Nepheline Syenite, Turkish Delight in Export Sales, Industrial Minerals, No 332, 25-45.
- Brown, W.L., 1983. Feldspars and Feldspathoids; Structures, Properties and Occurrences, 533s, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- Bulatovic, S., 2007. Handbook of Flotation Reagents; Chemistry, Theory and Practice; Flotation of Sulfide Ores, Elsevier Science,Canada, 19 Şubat,421-450.
- Carter, B.C., Norton, M.G., 2007. Ceramic Materials, Science and Engineering, Chapter 19. Raw Materials, Springer Science+Business Media, LLC, New York, USA, 345-354.
- Celik, M.S., Can, I., Eren, R.H., 1998.Removal of Titanium Impurities from Feldspar Ores by New Flotation Collectors, Minerals Engineering 11 (12), 1201–1208.
- Ciullo, P.A., 1996. Industrial Minerals and Their Uses A Handbook & Formulary,607s, Noyes Publication, Westwood, New Jersey, USA
- Crozier, R.D., 1990. Non-Metallic Mineral Flotation-Reagent Technology. Industrial Minerals, Vol 269, February Issue, . 55–65.
- Çelik Y., Denizhan T., 2016. Kınık-Dinar (Afyonkarahisar) Trakitlerinin Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi,16, 747-758.
- Çelik, M.S., Pehlivanoglu, B., Aslanbaş, A., Asmatülü, R., 2001. Flotation of Colored Impurities From Feldspar Ores, Minerals and Metallurgical Processing, 18(2), 101-105.

- Çiçek, M., 2008. Elmalıçay granitoidinde (kastamonu-deliktaş) bulunan aplit ve pegmatit dayklarının seramik hammaddesi olarak kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 47s, Adana.
- Çilek, E.C., 2013. Mineral Flotasyonu, Süleyman Demirel Üniversitesi Basımevi, 165s, Isparta.
- Demir, C., Ersoy, B., Çelik, M.S., 2001. Fluorürlü Ortamda Na-Feldspat/K-Feldspat Ayırımı, 4. Hammaddeler Sempozyumu, 18-19 Ekim, İzmir, 112-118.
- DPT (Devlet Planlama Teşkilatı), 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Toprak Sanayii Hammaddeleri (Seramik Killeri-Kaolen-Feldspat-Pirofillit-Wollastonit-Talk) Çalışma Grubu Raporu, Ankara.
- Eddy, W.H., Collins, E.W., Browning, J.S., Sullivan, G.V., 1972. Recovery of Feldspar and Glass Sand from South Carolina Waste Granite Fines, US Bureau of Mines, Report of Investigations 7651, Washington.
- Ekmekçi, Z., 1990. Yüksek Alan Şiddetli Sürekli Mıknatıslı Manyetik Ayırıcılar: Özellikleri ve Uygulamalar, Madencilik Dergisi, 29(3), 39-46.
- Ekmekçi, Z., 2007. Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme. Ertem Basım Yayın Dağıtım Sanayi ve Tic. Ltd. Şti., 723s, Ankara.
- Eskibalıcı, M., Uzun N., Şahulubey L. 2013. Çatalca Bölgesi Kuvarsitlerinin Zenginleştirilmesinde Yüksek Alan Şiddetli Yaş ve Kuru Manyetik Ayırıcı Performanslarının İncelenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(2), 11-18.
- Eurofel, European Association of Feldspar Producers, http://www.ima-europe.eu/sites/ima-europe.eu/files/minerals/Feldspar_An-WEB-2011.pdf, Erişim Tarihi: 19 Mayıs 2017
- Gülgönül İ., 2004. Sodyum ve potasyum feldspatların katyonik flotasyon yöntemiyle ayırımında tek ve çift değerlikli iyonların etki mekanizmaları, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 450s, İstanbul.
- Gülsoy, Ö.Y., Can, N. M., Bayraktar, I., 2005. Production of potassium feldspar concentrate from a low-grade pegmatitic ore in Turkey, Mineral Processing and Extractive Metallurgy (Trans. Inst. Min. Metall. C), 114, 80-86.
- Gülsoy, Ö.Y., Orhan, E.C., Can, N.M., Bayraktar, İ., 2004. Manyetik ayırma ve flotasyonla magmatik ve metamorfik kayalardan feldspat üretimi, Hacettepe Üniversitesi, Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 30, 49-61.
- Günçelik, S., 2006. K-Feldspat İle Na-feldspatın flotasyonla seçimli ayırımında çok değerlikli iyonların etki mekanizmasının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 108s, Kütahya.

- Gürses, R., 1998. Gelenekten Evrensele Ulaşmada Türk Seramik Sanatçısının Kültür Zenginliğinin Çağdaş Yorumlara Yansıması, Seramik Cam Tasarımı Anasanat Dalı, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 154s, İstanbul.
- Hacıfazlıoğlu, H., 2011. Manyetik Ayırmadaki Sonra Gelişmeler ve Alternatif Manyetik Ayırıcı Tiplerinin Tanıtılması 24(1), 75-93.
- Klein, C., Hurlbut, C.S.jr., 1993. Manual of mineralogy (21 th Edition), Publisher: John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Kurca, I., 2006. Feldspat cevheri zenginleştirme veriminin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 86s, İzmir.
- Kuşçu, M., Gedikoğlu, A. 1990. Isparta Gölcük Yöresi Pomza Yataklarının Jeolojik Konumu. Jeoloji Mühendisliği, 69-78.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Woolley, A.R., 1992. The construction of the total alkali-silica chemical classification of volcanic rocks, Miner Petrol 46, 1-22.
- Manser, R.M., 1975. Handbook of Silicate Flotation. Warren Spring Laboratory, Stevenage, 206s, England.
- MEGEP, 2007. Seramik ve Cam Teknolojisi Sır Hazırlama, 15-16, Ankara.
- Mindat, <https://www.mindat.org/min-47865.html>, Erişim Tarihi: 10 Nisan 2017.
- MTA, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü resmi sitesi, <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/feldspat>, Erişim Tarihi: 15 Mayıs 2017.
- MTA, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü resmi sitesi, <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/isparta.pdf>, Erişim Tarihi: 21 Aralık 2016.
- Oktay, C., Karadeniz, M., Gürsu, S., 2003. Feldspar beneficiation from Manisa Alaşehir pegmatites, Özbayoğlu, G., eds. 18th International Mining Congress and Exhibition (IMCET), 457-459.
- Orhan, E.C., Bayraktar, İ., 2005. Amine-Oleate Interactions in Feldspar Flotation, Minerals Engineering 19 (1), 48-55.
- Özpeker I., 1999, Feldspat Envarteri. İMMİB, s. 83, İstanbul.
- Özün, S., Atalay, Ü., Kadioğlu, Y.K., 2009. Investigation on Possibility of Opaque minerals removal from foid bearing rock, Mining and Geoengineering, Release of Journals AGH, 33 (4), 269-276.
- Özün, S. 2012. Flotation Characteristics of Minerals in Feldspar Ores, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 276s, Ankara.

- Özün, S., Atalay, M.Ü., 2016. A comparative study on interactions of ionic collectors with orthoclase, *Physicochemical Problems of Mineral Processing* 52(2), 955–972.
- Polat Ş., 2014. Silip Döküm Yöntemiyle Seramik Malzemesi Üretimi, Kocaeli Üniversitesi Ders Notları.
- Şahin F., 2000. Feldspat-kuvars flotasyonunda metal iyonlarının seçimliliğe etkisinin incelenmesi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 145s, Ankara.
- Saklar S., Oktay C., 2003. Yozgat Bölgesi Granitlerinin Feldspat Yönünden Zenginleştirilmesi, *MTA Dergisi* 127, 103-108.
- Saklar, S., Orhan, E.C., 2014. Manyetik Ayırma ve Sürekli Mıknatıslar, *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 17, 75-92.
- Seyrankaya, A., Akar, A., Güler, E., Akar, G., 1997. Aydın-Çine ve Muğla-Milas Feldspatlarının flotasyonu. 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 16-17 Ekim İzmir, 236-252.
- Somasundaran, P., Sivakumar, A., 1988. Advances in Understanding Flotation Mechanisms, *Minerals and Metallurgical Processing*, 5, 97-103.
- Somasundaran, P., Wang D., 2006. *Solution Chemistry: Minerals and Reagents*(17), Elsevier Science, 228s, Amsterdam.
- Sutherland, K.C., Wark, I.W., 1955. *Principles of Flotation*, Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne, 127.
- Sümer, G., Kaya, M., 1995. Aydın Çine feldspatlarının flotasyon ile zenginleştirilmesi, *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 21-22 Nisan İzmir, 59-65.
- Şensöz, H., 2009. Altre Gnays Cevherlerinden K-Na Feldspat Ayırımı, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 105s, Kütahya.
- TOBB Madencilik Meclisi Türkiye Madencilik Sektör Raporu 2007.
- Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Feldspat – Seramik endüstrisinde kullanılan feldspat bileşimleri, Ankara, Türkiye, 1987.
- USGS, <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/feldspar/mcs-2016-felds.pdf>, erişim tarihi 10 Mart 2017.
- Yıldız, N., 2007. Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme. Ertem Basım Yayın Dağıtım Sanayi ve Tic Ltd. Şti., 673-680, Ankara.
- Yılmaz, C., 1996. Feldspat Madenciliği ve Ekonomisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Yılıçi Projesi, İzmir.
- Yılmaz, Ç., Kar Y., Altre Granitlerinin Zenginleştirilmesi, Sayfa 53-56.

- Yılmaz, Y., 1999. Feldspat, Endüstriyel mineraller el kitabı. Önal vd. (eds), İMİB yayınları, 92 s, İstanbul.
- Tucci, A., Esposito, L., Malsumi, L., Rambaldi, E., 2007. New body mixes for porcelainstoneware tile with improved mechanical characteristics. Journal of the European Ceramic Society, 27, 1875-1881.
- Zadorozhnaya, F.I., 1997. Effect of fluoride ions on the selectivity of the flotation of aluminosilicates and quartz, Sovetsk. Techno!. Obagashch. Miner. Syr'ya, pp. 17-26.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Şemsettin Ulutaş

Doğum Yeri ve Yılı : Altındağ, 1991

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : sems1_91@hotmail.com

Eğitim Durumu

1997-2005	Talia Yaşar Bakdur İlköğretim Okulu, ANKARA
2005-2009	Etlik Lisesi Keçiören/ANKARA
2010-2014	Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Lisans, Çünür/ISPARTA

Mesleki Deneyim

Ünlü Mühendislik - ISPARTA 2015-..... (halen)

TÜBİTAK PROJESİ (PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ)

2241A- Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Tezi Destekleme Programı (2014 /3) Amin ve Sülfonat Türü Flotasyon Toplayıcı Karışımlarının Farklı Miktar ve pH 'lara Bağlı Olarak Yüzey Gerilimine Etkilerinin Araştırılması

BELGE VE SERTİFİKALAR

2015	Madencilik ve Çevre Sempozyumu
2016	Mineral Engineering Conference (MEC 2016)
2016	C Sınıfı iş güvenliği sertifikası
2011	Sürücü Belgesi (B)- AKTİF

MAKALE VE BİLDİRİLER

Özün, S., Kınay, G., Ulutaş, Ş., 2015, Albit Flotasyonunda Kullanılan Toplayıcıların Minerallerle Olan Etkileşiminin Askıda Damla Yöntemiyle İncelenmesi,

9. Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 14-15 Mayıs 2015, İzmir,
Türkiye

