

ALTERE GNAYS CEVHERİNDEN K-Na FELDSPAT

AYRIMI

Hacer ŞENSÖZ

Yüksek Lisans Tezi

Maden Anabilim Dalı

Ağustos-2009

ALTERE GNAYS CEVHERİNDEN K-Na FELDSPAT AYRIMI

Hacer ŞENSÖZ

Dumlupınar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇINAR

Ağustos-2009

KABUL ve ONAY SAYFASI

Hacer ŞENSÖZ'ün YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "ALTERE GNAYS CEVHERİNDEN K-Na FELDSPAT AYRIMI" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğın ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

...../...../.....

Üye: Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇINAR (Tez Danışmanı)

Üye: Yrd. Doç. Dr. Cengiz KARAGÜZEL

Üye: Yrd. Doç. Dr. İlhan GÜLGÖNÜL

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun/...../..... gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Atalay KÜÇÜKBURSA
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ALTERE GNAYS CEVHERİNDEN K-Na FELDSPAT AYRIMI

Hacer ŞENSÖZ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2009

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇINAR

ÖZET

Yerkabuğunun %60-65'ini oluşturan feldspatlar, yapıları ve özellikleri birbirine oldukça benzeyen, susuz alümina silikatlarıdır. Bu mineraller, endüstride kullanım alanı bulabilen ve 'Endüstriyel Hammadde' olarak adlandırılan, kilden kuvarsa kadar birçok minerali içermektedir. Feldspat mineralleri kimyasal bileşim ve yapıları açısından plajiyoklaz feldspatlar ve alkali feldspatlar olmak üzere iki gruba ayrılır. Bu çalışma kapsamında; altere gnays cevheri içerisindeki manyetik duyarlılığı fazla olan renkli minerallerin manyetik zenginleştirilmesini takiben yapılan Na K Feldspat flotasyonu gerçekleştirilmiştir. Flotasyon deneyleri Denver tipi 1 litrelik hücrede %15 katı oranında yapılmıştır. Flotasyon işlemlerinde pH 2.5-3 arasında HF kullanılarak feldspatın canlandırılıp yüzdürülerek, kuvars feldspat ayrımı yapılmıştır. Buradan elde edilen feldspat konsantresine NaCl ilave edilerek Na ve K-feldspat ayırmaya çalışılmıştır. Na-K-feldspat ayırımını gerçekleştirmek için farklı ticari amin türü (GTAP, ARMAC T, ARMEEN DMCD, PROMOPET, ETHONEEN C112, DUOMEEN T, ARMEEN 312, ARMEEN 12D, DUOMEET T) reaktiflerden yararlanılmıştır. Öncelikle ticari olarak çok yaygın olarak kullanılan GTAP ve ARMAC-T ile temel çalışmalar yapılarak optimum koşullar belirlendikten sonra bu reaktiflerle Na-K feldspat ayrımı farklı boyut gruplarında yapılmıştır. Çalışmalara temel olan %5.44 Na₂O, %4.133 K₂O içeriğine sahip olan gnays cevherinden ARMEEN DMCD ile yapılan çalışmalarda 5 g/l tuz konsantrasyonunda toplama göre miktarca %21.41 oranında %1.45 Na₂O ve %10.13 K₂O oranında bir K-feldspat konsantresi ve miktarca %33.74 oranında %5.74 Na₂O ve %4.91 K₂O oranında Na-K feldspat konsantresi elde edilmiştir. ETHONEEN C/12 ile 10 g/l tuz konsantrasyonunda miktarca toplamda %14.03 oranında %1.89 Na₂O ve %10.33 K₂O içerikli bir K-feldspat konsantresi ve miktarca %40.14 oranında %6.26 Na₂O ve %5.92 K₂O içerikli Na-K karışık feldspat konsantresi elde edilmiştir. ARMEEN 12D ile yapılan çalışmalarda 15 g/l tuz konsantrasyonunda toplama göre miktarca %10.29 oranında %1.73 Na₂O ve %10.29 K₂O oranında bir K-feldspat konsantresi ve %31.46 oranında %4.54 Na₂O ve %7.63 K₂O oranında Na-K feldspat konsantresi elde edilmiştir. DUOMEET T ile yapılan çalışmalarda 20 g/l tuz konsantrasyonunda toplama göre %31.46 oranında %2.56 Na₂O ve %9.12 K₂O oranında bir K-feldspat konsantresi ve %14.59 oranında %6.09 Na₂O ve %3.88 K₂O oranında Na-K feldspat konsantresi elde edilmiştir. PROPOMEET

ile yapılan deneylerde kuvars feldspat ayırımı yapılmış fakat tuz ile Na-K feldspat ayırımı yapılamamıştır. DUOMEEN T ise kuvars feldspat ayırımında etkili olmamıştır. ARMEEN 312 feldspat flotasyonunda etkili olmamış fakat renkli empüritelere yüzdürdüğü görülmüştür. Bundan dolayı malzeme içerisindeki demirli empüritelere diğer reaktiflerin kullanımı öncesinde bu reaktiflerle uzaklaştırılması yapılarak kalan demir uzaklaştırılmaya çalışılmıştır. Yapılan deneyler ARMEEN 312'nin renkli empüritelere karşı seçimli olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Demirli Mineraller, Feldspat, Flotasyon, Gnays, Hidroflorik Asit, NaCl.

SEPARATION OF K-NA FELDSPAT ORE FROM ALTERED GNEISS ORE

Hacer ŞENSÖZ

Department of Mining Engineering, M.S.Thesis, 2009

Thesis Supervisor: Asist. Prof. Mustafa ÇINAR

SUMMARY

Feldspars forming 60-65% of the earth crust are unhydrous aluminum silicates which has got similar structures and properties with each other. These minerals contain various minerals changing from clays to quartz, named as industrial raw materials. With regard to their chemical compositions and constructions, feldspar minerals are divided into two groups as plagioclase feldspars and alkaline feldspars. In this study, Na K feldspar flotation was carried out following magnetic processing of colored minerals in altered gneiss ore. Flotation tests were performed in a Denver type cell of 1 liter 15% pulp ratio. In the flotation processes, quartz and feldspar separation was done, activating and floating feldspar with HF at pH range of 2.5-3.

Na and K-feldspar was tried to be separated adding NaCl to feldspar concentrate. In order to realize Na-K-feldspar separation, various commercial amine type reactivities were utilized (GTAP, ARMAC T, ARMEEN DMCD, PROMOPET, ETHONEEN C112, DUOMEEN T, ARMEEN 312, ARMEEN 12D, DUOMEET T). After previously determining optimum conditions with basic studies using GTAP and ARMAC-T, Na-K feldspar separation was carried out at different size groups.

In the studies performed with ARMEEN DMCD for gneiss ore of 5.44% Na₂O, and 4.133% K₂O content, at 5 g/l salt concentration, a K-feldspar concentrate was obtained with 1.45% Na₂O and 10.13% K₂O content at the rate of 21.41% of total weight and a Na-K feldspar concentrate with 5.74% Na₂O and 4.91% K₂O content at the rate of 33.74% of total weight.

With ETHONEEN C/12 at 10 g/l salt concentration, a K-feldspar concentration at the rate of 14.03% of total weight was obtained with 1.89% Na₂O and 10.33% K₂O content and a mixed Na-K feldspar concentration with 6.26% Na₂O and 5.92% K₂O content at rate of 40.14% as weight.

At the studies carried out with ARMEEN 12D at 15 g/l salt concentration, a K-feldspar concentration at the rate of 10.29% of total weight was obtained with 1.73% Na₂O and 10.29% K₂O content, and a Na-K feldspar concentration with 4.54% Na₂O and 7.63% K₂O content at rate of 31.46% as weight

With DUOMEET T at 20 g/l salt concentration, a K-feldspar concentration at the rate of 31.46% of weigh was obtained with 2.56% Na₂O and 9.12% K₂O content, and a Na-K feldspar concentration with 6.09% Na₂O and 3.88% K₂O content at rate of 14.59% as weight.

At the tests carried out with PROPOMEET, quartz and feldspar separation was done, whereas Na-K feldspar couldn't be separated efficiently with the salt. DUOMEEN T couldn't be effective on quartz and felspar separation. Moreover, ARMEEN 312 also couldn't be effective on feldspar flotation but it was seen to float the colored impurities. Fort his reason, ferrous impurities were tried to remove with this reactive before the usage of other reactives. The experiments implemented showed that ARMEEN 312 was selective against the colored impurities.

Keywords: Feldspar, Ferrous Minerals, Flotation, Gnays, Hydroflouric Acid, NaCl.

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım esnasında verdiği destek için ve göstermiő olduğu anlayıőtan dolayı saygıdeğer Danıőmanım Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇINAR'a, teşekkür ederim. Yine çalıőmalarımda bana yardımcı olan sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Cengiz KARAGÜZEL'e, teşekkür ederim. Çalıőmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen Laboratuvar Teknisyeni Sayın Aykut CANTAŐ'a teşekkür ederim. Eğitimim süresinde emeğini esirgemeyen tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi olarak destek veren aileme sonsuz teőekkürlerimle.

Hacer ŞENSÖZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xviii
1. GİRİŞ	1
2. FELDSPAT MİNERALİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	3
2.1. Tanımı ve Oluşumu	3
2.2. Feldspatların Sınıflandırılması.....	4
2.2.1. Potasyum Feldspatlar ($KAlSi_3O_8$)	5
2.2.2. Plajiyoklazlar.....	5
2.3. Feldspatların Kimyasal Bileşimleri	7
2.4. Feldspat Minerallerinin Oluşumu ve Bulunuş Şekilleri.....	8
2.4.1. Pegmatitler	8
2.4.2. Aplitler	9
2.4.3. Feldspat Filonları.....	9
2.4.4. Nefelinli Siyenit	9
2.4.5. Alaskit	9
2.4.6. Grafik granit (Yazı graniti).....	10
2.4.7. Pertit	10
2.4.8. Feldspatik kumlar	10
2.4.9. Altere granitler	10
2.5. Dünya’da ve Türkiye’ De Feldspat Rezervleri	11
2.5.1. Dünya’da feldspat rezervleri	11
2.5.2. Türkiye’de Feldspat Rezervleri	11
2.6. Feldspat Mineralinin Kullanım Alanları	13
2.6.1. Cam sanayi	13
2.6.2. Seramik sanayi	14
2.6.3. Kaynak elektrotları üretimi	16
2.6.4. Boya sanayi	16
2.6.5. Plastik sanayi.....	17
2.7. Feldspat Üretim Teknolojisi	18
2.8. Altere Granitlerin Zenginleştirme Yöntemleri.....	19
2.8.1. Elle ayıklama ile zenginleştirme	19
2.8.2. Boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme.....	19

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.8.3. Elektrostatik ayırma ile zenginleştirme	20
2.8.4. Manyetik ayırma ile zenginleştirme	20
2.8.5. Flotasyon yöntemi ile zenginleştirme	20
2.9. Feldspat Flotasyonu	21
2.10. Feldspat-Kuvars Flotasyonu ile İlgili Çalışmalar	22
2.10.1. HF kullanılarak yapılan feldspat–kuvars flotasyonu	22
2.10.2. HF kullanılmadan yapılan feldspat-kuvars flotasyonu	24
2.10.2.1. Fluorürün zararlı etkilerini azaltmaya yönelik çalışmalar	24
2.10.2.2. Katyonik toplayıcılar ile feldspat-kuvars flotasyonu	24
2.10.2.3. Anyonik toplayıcılar ile feldspat-kuvars flotasyonu	25
2.10.2.4. Anyonik-katyonik toplayıcı karışımları ile feldspat-kuvars flotasyon	26
2.10.2.5. Noniyonik toplayıcılar ile feldspat-kuvars flotasyonu	28
2.11. Na- K ayrımı İçin Yapılan Çalışmalar	28
3. MALZEME VE YÖNTEM	36
4. DENEYSEL YÖNTEM	37
4.1. Manyetik Zenginleştirme Çalışmaları	37
4.2. Flotasyon Çalışmaları	41
4.2.1. Toplayıcı olarak GTAP kullanılan flotasyon deneyleri	41
4.2.1.1. Manyetik zenginleştirme uygulanan ve manyetik zenginleştirme uygulanmayan flotasyon deneyleri	41
4.2.1.2. HF miktarının yüzen ürün miktarı üzerindeki etkisi	43
4.2.1.3. Reaktif (GTAP) miktarının flotasyonda yüzen ürün miktarı üzerine olan etkisi	45
4.2.1.4. Farklı boyut aralıklarında GTAP ile yapılan flotasyon deneyleri	47
4.2.1.5. Reaktif (GTAP) koşullandırma zamanının belirlenmesi	49
4.2.1.6. Farklı boyut aralıklarında GTAP ile yapılan kademeli flotasyon deneyleri	51
4.2.2. Toplayıcı olarak ARMAC-T kullanılan flotasyon deneyleri	54
4.2.2.1. Manyetik zenginleştirme uygulanan ve manyetik zenginleştirme uygulanmayan flotasyon deneyleri	54
4.2.2.2. ARMAC T varlığında şlamın feldspat kuvars flotasyonuna olan etkisi	56
4.2.2.3. Farklı boyut aralıklarının kademeli flotasyonda reaktif tüketimine etkisi ..	58
4.2.2.4. Reaktif (ARMAC-T) koşullandırma zamanının belirlenmesi	60
4.2.3. Na Feldspat ve K Feldspat ayrımını gerçekleştirmek amacıyla yapılan flotasyon çalışmaları	62
4.2.3.1. Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak GTAP ile yapılan flotasyon çalışmaları	62
4.2.3.2. Farklı boyut aralıklarında GTAP ile yapılan Na-K feldspat flotasyonu	66
4.2.3.3. Farklı boyut aralıklarında GTAP konsantrasyonunu iki kat arttırarak yapılan Na-K feldspat flotasyonu	69
4.2.3.4. Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak ARMAC-T ile yapılan flotasyon çalışmaları	70
4.2.3.5. Farklı boyut aralıklarında ARMAC-T ile yapılan Na-K feldspat flotasyonu	73

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2.4. Farklı Amin türü reaktiflerin feldspat flotasyonunda olan etkisi	75
4.2.4.1. ARMEEN DMCD kullanılan flatasyon çalışmaları	75
4.2.4.2. PROPOMEEN T/12 kullanılan flatasyon çalışmaları	79
4.2.4.3. ETHONEEN C/12 kullanılan flatasyon çalışmaları	81
4.2.4.4. DUOMEEN T kullanılan flatasyon çalışmaları	85
4.2.4.5. ARMEEN 312 kullanılan flatasyon çalışmaları	86
4.2.4.6. ARMEEN 12D kullanılan flatasyon çalışmaları	87
4.2.4.7. DUOMEET T kullanılan flatasyon çalışmaları	90
4.2.4.8. Na-K feldspat flotasyonunda kullanılan reaktiflerin karşılaştırılması	93
4.2.5. Renkli manyetik minerallerin ARMEEN 312 ve Na OLEAT ile uzaklaştırılması	95
4.2.5.1. ARMEEN 312 ile renkli manyetik minerallerin uzaklaştırılması	95
4.2.5.2. Farklı boyut aralıklarında ARMEEN 312 ile renkli manyetik minerallerin uzaklaştırılması	97
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	100
KAYNAKLAR DİZİNİ	102
EKLER	108
1. Çizelge 3.13'deki numunelerden GTAP ile 5 g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.	
2. Çizelge 3.13'deki numunelerden GTAP ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen K feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.	
3. Çizelge 3.13'deki numunelerden GTAP ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.	
4. Çizelge 3.14'deki numunelerden GTAP (200g/t) ile 10 g/l tuz konsantrasyonunda farklı boyut aralıklarında yapılan deneyde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.	
5. Çizelge 3.15'deki numunelerden GTAP (400g/t) ile 10 g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.	
6. Çizelge 3.16'deki numunelerden ARMAC T (500g/t) ile 5 g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.	
7. Çizelge 3.16'deki numunelerden ARMAC T (500g/t) ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen K feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.	
8. Çizelge 3.16'deki numunelerden ARMAC T (500g/t) ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.	
9. Çizelge 3.17'deki numunelerden ARMAC T (500g/t) ile 10 g/l tuz konsantrasyonunda farklı boyut aralıklarında yapılan deneyde elde edilen K feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.	
10. Çizelge 3.17'deki numunelerden ARMAC T (500g/t) ile 10 g/l tuz konsantrasyonunda farklı boyut aralıklarında yapılan deneylerde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.	

İÇİNDEKİLER (devam)

11. Çizelge 3.19'deki numunelerden ARMEEN DMCD ile 5 g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri
12. Çizelge 3.19'deki numunelerden ARMEEN DMCD ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen K feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.
13. Çizelge 3.19'deki numunelerden ARMEEN DMCD ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.
14. Çizelge 3.19'deki numunelerden ARMEEN DMCD ile 2.5g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.
15. Çizelge 3.23'deki numunelerden ETHONEEN C/12 ile 5 g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri
16. Çizelge 3.23'deki numunelerden ETHONEEN C/12 ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen K feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.
17. Çizelge 3.23'deki numunelerden ETHONEEN C/12 ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.
18. Çizelge 3.27'deki numunelerden ARMEEN 12D ile 5 g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.
19. Çizelge 3.27'deki numunelerden ARMEEN 12D ile farklı konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen K Feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.
20. Çizelge 3.27'deki numunelerden ARMEEN 12D ile farklı konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen Na Feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.
21. Çizelge 3.29'deki numunelerden DUOMEET T ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen K feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.
22. Çizelge 3.29'deki numunelerden DUOMEET T ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.
23. Çizelge 3.29'deki numunelerden ile DUOMEET T 25g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.
24. Çizelge 3.31'deki numunelerden GTAP ile 10g/l tuz konsantrasyonunda -2+1mm boyutunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.
25. Çizelge 3.30 ve 3.31'deki numunelerden GTAP ile 10g/l tuz konsantrasyonunda - 1+0.5mm boyutunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260⁰C'deki pişirme testleri.
26. Çizelge 3.32'deki numunelerden GTAP ile 10g/l tuz konsantrasyonunda -1+0.5mm boyutunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.
27. Çizelge 3.32'deki numunelerden ARMEEN DMCD ile 2.5g/l tuz konsantrasyonunda - 1+0.5mm boyutunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.
28. Çizelge 3.32'deki numunelerden DUOMEET T ile 25g/l tuz konsantrasyonunda - 1+0.5mm boyutunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Yaygın yüksek sıcaklık feldspatların sınıflandırılması.....	4
3.1. K-feldspat zenginleştirme akım şeması.....	32
4.1. Manyetik zenginleştirme akım şeması.....	38
4.2. - 2+1 mm boyutundaki malzemenin sınıflandırıldıktan sonraki manyetik zenginleştirme genel akım şeması.....	40
4.3. GTAP ile manyetik zenginleştirmeye tabi tutulan ve tutulmayan flotasyon deneylerinde uygulanan akım şeması.....	42
4.4. Reaktif (GTAP) miktarındaki artışa bağlı olarak manyetik ayırma yapılan ve yapılmayan flotasyon deneylerinde yüzen ürün miktarındaki değişim.....	43
4.5. Sabit GTAP miktarında (150 gr/ton) ve değişen HF miktarına bağlı olarak yapılan flotasyon deneylerinde uygulanan akım şeması.....	43
4.6. Sabit GTAP (150 g/t) miktarında yüzen ürün miktarı üzerine HF miktarının etkisi....	45
4.7. Şlamlı ve şlamsız ortamda sabit HF miktarında farklı reaktif (GTAP) miktarlarına bağlı olarak feldspat kuvars ayırımı için uygulanan flotasyon akım şeması.....	46
4.8. 1000 g/t sabit HF konsantrasyonunda feldspat kuvars ayırımı için reaktif miktarındaki değişime bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.....	47
4.9. Sabit GTAP (150g/t) ve sabit HF (1000g/t)miktarlarında farklı boyut aralıklarında yapılan flotasyon çalışmalarında uygulanan akım şeması.....	48
4.10. Sabit GTAP (150g/t) ve sabit HF (1000g/t) miktarlarında farklı boyut aralıklarına bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.....	49
4.11. Reaktif koşullandırma zamanına bağlı olarak sabit GTAP (150g/t) ve sabit HF (1000 g/t) miktarlarında yapılan flotasyon çalışmalarında uygulanan akım şeması.....	50
4.12. Şlamlı ve şlamsız ortamda toplayıcı (GTAP) koşullandırma zamanına bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.....	51
4.13. Farklı boyut aralıklarının kademeli flotasyon uygulanan deneylerin akım şeması.....	52
4.14. Farklı boyut aralıklarının kademeli flotasyon uygulanan malzemelerde yüzen ürün miktarındaki değişim.....	53
4.15. ARMAC T ile manyetik zenginleştirmeye tabi tutulan ve tutulmayan flotasyon deneylerinde uygulanan akım şeması.....	54
4.16. Reaktif (ARMAC T)miktarındaki artışa bağlı olarak manyetik ayırma yapılan ve yapılmayan flotasyon deneylerinde yüzen ürün miktarındaki değişim.....	55
4.17. Şlamlı ve şlamsız ortamda ARMAC-T ile yapılan flotasyon deneylerinde uygulanan akım şeması.....	56
4.18. Şlamlı ve şlamsız ortamda yapılan flotasyon deneylerinde ARMAC-T miktarındaki değişime bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.....	57

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.19. ARMAC-T ile boyuta göre yapılan kademeli flotasyon deneylerinde uygulanan akım şeması	58
4.20. Farklı boyut aralıklarında ARMAC-T miktarındaki değişime bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.....	59
4.21. Reaktif koşullandırma zamanına bağlı olarak sabit ARMAC T (500g/t) ve sabit HF (1000 g/t) miktarlarında yapılan flotasyon çalışmaları akım şeması.....	60
4.22. Şıamlı ve şıamsız ortamda toplayıcı (ARMAC T) kondüsyonlama zamanına bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.	61
4.23. Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak GTAP ile yapılan flotasyon çalışmaları.	64
4.24. GTAP ile Na-K feldspat ayırımı için yapılan flotasyon deneylerinde tuzun ayırma olan etkisi.	66
4.25. Farklı boyut aralıklarında yapılan Na-K feldspat flotasyonu.....	68
4.26. Farklı boyut aralıklarında GTAP konsantrasyonunu iki kat arttırarak yapılan Na-K feldspat flotasyonu grafiği.....	70
4.27. Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak ARMAC-T ile yapılan flotasyon çalışmalarında K feldspat konsantrasyondaki değişim grafiği.....	73
4.28. Farklı boyut aralıklarında yapılan flotasyon çalışmalarında K feldspat konsantrasyonundaki değişim grafiği.....	75
4.29. Reaktif (ARMEEN DMCD) miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.....	76
4.30. ARMEEN DMCD ile tuz miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.....	79
4.31. Reaktif (PROPOMEEN T/12) miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.....	80
4.32. Reaktif (ETHONEEN C/12) miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.....	82
4.33. ETHONEEN C/12 ile tuz miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.....	85
4.34. Reaktif (DUOMEEN T) miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim	86
4.35. Reaktif (ARMEEN 12D) miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.	88
4.36. ARMEEN 12D ile tuz miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.	90
4.37. Reaktif (DUOMEET T) miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.	91
4.38. DUOMEET T ile tuz miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.	93

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.39. Farklı kolektörlerin reaktif tüketimine bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.	94
4.40. Farklı reaktif türlerinin tuz miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.	95

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Plajiyoklazların oluşturduğu izomorf seri.....	6
2.2. Bazı saf feldspat minerallerinin kimyasal bileşimi.....	6
2.3. Feldspat mineralleri fiziksel özellikleri.....	7
2.4. Dünya rezervlerinin kıtalara göre dağılımı.....	11
2.5. Potansiyel rezerv tablosu.....	12
2.6. Ülkemizin şirketler bazında Na-feldspat rezervi, (x 10 ³ t).....	12
2.7. Rezerv tespiti yapılmamış ancak bilinen oluşumlar.....	13
3.1. Boyuta göre sınıflandırılan numuneler.....	36
4.1. Manyetik zenginleştirme verileri.....	39
4.2. -2+1 mm boyutundaki malzemenin sınıflandırıldıktan sonraki manyetik zenginleştirme verileri:.....	40
4.3. GTAP ile manyetik zenginleştirme uygulanan ve uygulanmayan deneylerde elde edilen yüzen ve batan ürün miktarları.....	42
4.4. Sabit GTAP (150 g/t) ve değişen HF miktarlarında elde edilen yüzen ve batan ürün miktarları.....	44
4.5. Şlamlı ve şlamsız ortamda sabit HF (1000g/t) miktarında reaktif miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ve batan ürün miktarları.....	46
4.6. Sabit GTAP (150g/t), sabit HF (1000g/t) miktarlarında farklı boyut aralıklarında yüzen ve batan ürün miktarları.....	48
4.7. Şlamlı ve şlamsız ortamda toplayıcı koşullandırma zamanına bağlı olarak sabit GTAP (150g/t) ve sabit HF (1000g/t) miktarlarında yüzen ve batan ürün miktarlarındaki değişim.....	50
4.8. Farklı boyut aralıklarında reaktif miktarındaki artışa bağlı olarak yapılan kademeli flotasyon deneylerinde yüzen ve batan ürün miktarları.....	53
4.9. ARMAC T ile manyetik zenginleştirme uygulanan ve uygulanmayan deneylerde elde edilen yüzen ve batan ürün miktarları.....	55
4.10. Şlamlı ve şlamsız ortamda ARMAC T ile yapılan flotasyon deneylerinde yüzen ürün miktarındaki değişim.....	57
4.11. ARMAC-T'nin farklı boyutlarda yüzen ürün miktarı üzerine etkisi.....	59
4.12. ARMAC-T ile yapılan flotasyon deneylerinde koşullandırma zamanına bağlı olarak elde edilen yüzen ve batan ürün miktarları.....	61
4.13. Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak GTAP ile yapılan flotasyon çalışmaları verileri.....	65
4.14. Farklı boyut aralıklarında GTAP ile yapılan Na-K feldspat flotasyonu.....	67
4.15. Farklı boyut aralıklarında GTAP konsantrasyonunu iki kat arttırarak yapılan Na-K feldspat flotasyonu.....	69

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.16. Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak ARMAC-T ile yapılan flotasyon çalışmaları.	72
4.17. Farklı boyut aralıklarında ARMAC T ile yapılan Na-K feldspat flotasyonu.....	74
4.18. Reaktif (ARMEEN DMCD).tüketiminin saptanması.	76
4.19. Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak ARMEEN DMCD ile yapılan flotasyon çalışmaları.	78
4.20. Reaktif (PROPOMEEN T/12) tüketiminin saptanması.	80
4.21. Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak PROPOMEEN T/12 ile yapılan flotasyon çalışmaları.	81
4.22. Reaktif (ETHONEEN C/12) tüketiminin saptanması.	82
4.23. Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak ETHONEEN C112. ile yapılan flotasyon çalışmaları.	84
4.24. Reaktif (DUOMEEN T) tüketiminin saptanması.....	86
4.25. Reaktif (ARMEEN 312) tüketiminin saptanması.	87
4.26. Reaktif (ARMEEN 12D) tüketiminin saptanması.	87
4.27. Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak ARMEEN 12D ile yapılan flotasyon çalışmaları.	89
4.28. Reaktif (DUOMEET T) tüketiminin saptanması.	91
4.29. Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak DUOMEET T ile yapılan flotasyon çalışmaları.	92
4.30. Renkli manyetik minerallerin ARMEEN 312 ile uzaklaştırılması.....	96
4.31. Farklı boyut aralıklarında ARMEEN 312 ile renkli manyetik minerallerin uzaklaştırılması.....	98
4.32. Na oleat ile renkli manyetik minerallerin uzaklaştırılması.	99

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
HCl	Hidroklorikasit
HF	Hir dof lorikasit
NaCl	Sodyum klorür
K	Potosyum
Na	Sodyum

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
PKO	Pülpte katı oranı

1. GİRİŞ

Yerkabuğunun %60-65'ini oluşturan feldspatlar, yapıları ve özellikleri birbirine oldukça benzeyen, susuz alümina silikatlarıdır. Bu mineraller, endüstride kullanım alanı bulabilen ve 'Endüstriyel Hammadde' olarak adlandırılan, kilden kuvarsa kadar birçok minerali içermektedir. Feldspat mineralleri kimyasal bileşim ve yapıları açısından plajiyoklaz feldspatlar ve alkali feldspatlar olmak üzere iki gruba ayrılır. Albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), ortoklaz/mikroklin (KAlSi_3O_8) ve anortit ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) olmak üzere bileşimindeki Na, K veya Ca'a bağlı olarak adlandırılan bu üç farklı mineral, feldspat grubunun en önemli mineralleridir.

Feldspatlar; cam ve seramik endüstrisinde büyük bir hammadde kaynağı olup; kaynak elektrotları üretiminde, boya ve plastik sanayilerinde de kullanım alanlarına sahiptir. Na feldspat minerali olan albit, alümina kaynağı olarak cam üretiminde, K feldspat minerali olan mikroklin ve ortoklaz ise daha çok porselen ve seramik üretiminde kullanılmaktadır.

Genel olarak feldspat flotasyonu üç kademedен oluşur. Bunlardan birincisi mika flotasyonu, ikincisi; demir oksitler, titanyum mineralleri vb gibi renk verici minerallerin uzaklaştırıldığı ağır mineral flotasyonu ve son aşamada ise feldspat-kuvars ayırımıdır [1]. Cevher içinde bulunan mika minerallerinin az olması durumunda birinci aşama uygulanmayabilir ve mika mineralleri ağır minerallerle birlikte yüzdürülür. Feldspat ve kuvarsın yüzey özellikleri birbirine çok benzemektedir. Flotasyonla bu iki minerali birbirinden selektif olarak ayırmak için genellikle flüorür ile feldspat minerali canlandırılırken kuvars minerali bastırılmaktadır. Hidroflorik asit (HF) ilavesiyle (pH = 2,5-3) feldspat mineralleri çok kolay bir şekilde yüzdürülerek köpük fazında toplanabilir [2,3,4,5,6,7,8,9,10,11]. HF'in yüksek korozyon etkisi ve çevresel zararlardan dolayı birçok araştırmacı HF'siz ortamda feldspat kuvars ayırımı için yıllardır çalışmalar yapılmaktadır [12-17].

Ülkemizde sodyum feldspat kaynakları çok miktarda bulunmakla beraber; potasyum feldspat kaynakları oldukça azdır. Genellikle ihtiyaç duyulan potasyum feldspat yurt dışından ithal edilerek karşılanmaktadır. Bulunan potasyum feldspat kaynakları da genellikle ikincil kaynaklar olmaktadır. Potasyum feldspat içeren bu kaynakların değerlendirilebilmesi için bu çalışma kapsamında Aydın Çine yöresinde faaliyet gösteren Kaltun Madencilik'in sahalarından temin edilen altere gnays cevherlerinden potasyum feldspat flotasyon yöntemi ile kazanılmaya çalışılmıştır. Çalışmalara konu olan altere gnays cevheri içerisindeki manyetik duyarlılığı fazla olan renkli minerallerin manyetik zenginleştirilmesini takiben yapılan tuz flotasyonu sonrasında Na ve K-feldspat mineralleri birbirinden ayrılmaya çalışılmıştır. Bu maksatla ocaktan gelen cevher öncelikle laboratuvar ortamında yıkama ve dağıtma işlemine tabi tutulmuş ve ardından

boyutu -2mm altına kırılıp birbirine yakın boyut aralıklarına sınıflandırıldıktan sonra manyetik zenginleştirme işlemine tabi tutulup, demirli empüritelere uzaklaştırılmıştır. boyutu -180 mikron altına öğütülüp flotasyon deneylerine geçilmiştir.

Flotasyon deneyleri Denver tipi 1 litrelik hücrede %15 katı oranında yapılmıştır. Flotasyon işlemlerinde pH 2.5-3 arasında HF kullanılarak feldspatın canlandırılıp yüzdürülerek, kuvars feldspat ayırımı yapılmıştır. Buradan elde edilen feldspat konsantrasyonuna NaCl ilave edilerek Na ve K-feldspat ayırılmaya çalışılmıştır. Na-K-feldspat ayırımını gerçekleştirmek için farklı ticari amin türü (GTAP, ARMAC T, ARMEEN DMCD, PROMOPET, ETHONEEN C112, DUOMEEN T, ARMEEN 312, ARMEEN 12D, DUOMEET T) reaktiflerden yararlanılmıştır. Öncelikle ticari olarak çok yaygın olarak kullanılan GTAP ve ARMAC-T ile temel çalışmalar yapılarak optimum koşullar belirlendikten sonra bu reaktiflerle Na-K feldspat ayırımı farklı boyut gruplarında yapılmıştır. Çalışmalara temel olan %5.44 Na₂O, %4.133 K₂O içeriğine sahip olan gnays cevherinden ARMEEN DMCD ile yapılan çalışmalarda 5 g/l tuz konsantrasyonunda toplama göre miktarca %21.41 oranında %1.45 Na₂O ve %10.13 K₂O oranında bir K-feldspat konsantrasyonu ve miktarca %33.74 oranında %5.74 Na₂O ve %4.91 K₂O oranında Na-K feldspat konsantrasyonu elde edilmiştir. ETHONEEN C/12 ile 10 g/l tuz konsantrasyonunda miktarca toplamda %14.03 oranında %1.89 Na₂O ve %10.33 K₂O içerikli bir K-feldspat konsantrasyonu ve miktarca %40.14 oranında %6.26 Na₂O ve %5.92 K₂O içerikli Na-K karışık feldspat konsantrasyonu elde edilmiştir. ARMEEN 12D ile yapılan çalışmalarda 15 g/l tuz konsantrasyonunda toplama göre miktarca %10.29 oranında %1.73 Na₂O ve %10.29 K₂O oranında bir K-feldspat konsantrasyonu ve %31.46 oranında %4.54 Na₂O ve %7.63 K₂O oranında Na-K feldspat konsantrasyonu elde edilmiştir. DUOMEET T ile yapılan çalışmalarda 20 g/l tuz konsantrasyonunda toplama göre %31.46 oranında %2.56 Na₂O ve %9.12 K₂O oranında bir K-feldspat konsantrasyonu ve %14.59 oranında %6.09 Na₂O ve %3.88 K₂O oranında Na-K feldspat konsantrasyonu elde edilmiştir. PROPOMEET ile yapılan deneylerde kuvars feldspat ayırımı yapılmış fakat tuz ile Na-K feldspat ayırımı yapılamamıştır. DUOMEEN T ise kuvars feldspat ayırımında etkili olmamıştır. ARMEEN 312 feldspat flotasyonunda etkili olmamış fakat renkli empüritelere yüzdürdüğü görülmüştür. Bundan dolayı malzeme içerisindeki demirli empüritelere diğer reaktiflerin kullanımı öncesinde bu reaktifle uzaklaştırılması yapılarak kalan demir uzaklaştırılmaya çalışılmıştır. Yapılan deneyler ARMEEN 312'nin renkli empüritelere karşı seçimli olduğunu göstermiştir.

2. FELDSPAT MİNERALİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

2.1 Tanımı ve Oluşumu

Yeryüzünü oluşturan minerallerden en önemlilerinden biri olan feldspatlar, bir mineral grubunun genel adıdır. Birçok magmatik ve metamorfik kayacın ana bileşenini oluşturan feldspatlar yüksek sıcaklıklarda ve değişik derinliklerde oluşabilir.

Magmanın kristalleşmesi veya farklı metamorfizma koşulları içerisinde, sıcaklığın, basıncın ve kimyasal bileşimin etkisine bağlı olarak kristalleşen ve kristallenmeyi izleyen zaman sürecinde de kimyasal difüzyon olaylarıyla farklılaşabilen, birçok polimorfu olabilen bu karmaşık mineral grubu üzerindeki çalışmalar halen devam etmektedir.

Diyadohi (bir atom veya iyonun kristal kafes yapısındaki bir başka iyon veya atomla yer değiştirmesi) ve bunun sonucu kristal yapısında elektrostatik olarak nötraliteyi sağlayacak iyonların kafes yapısına girmesi, feldspat minerallerinin oluşumuna neden olan en temel olaydır. Kuvarı oluşturan $(4(\text{SiO}_4)$ veya Si_4O_8) tetraederlerdeki bir Si iyonunun Al iyonu tarafından yer değiştirmesiyle $\text{AlSi}_4\text{O}_8^-$ yapısı oluşmaktadır. Bu yapıya elektrostatik dengeyi sağlamak için Na^+ , K^+ , Rb^+ , Ca^{+2} , Sr^{+2} veya Ba^{+2} katyonlarının katılmasıyla feldspatlar meydana gelir.

Silikatlar atomik ve kristal yapılarına bağlı olarak 6 gruba ayrılır:

1. Tektosilikatlar
2. Fillosilikatlar
3. İnosilikatlar
4. Siklosilikatlar
5. Sorosilikatlar
6. Nezosilikatlar

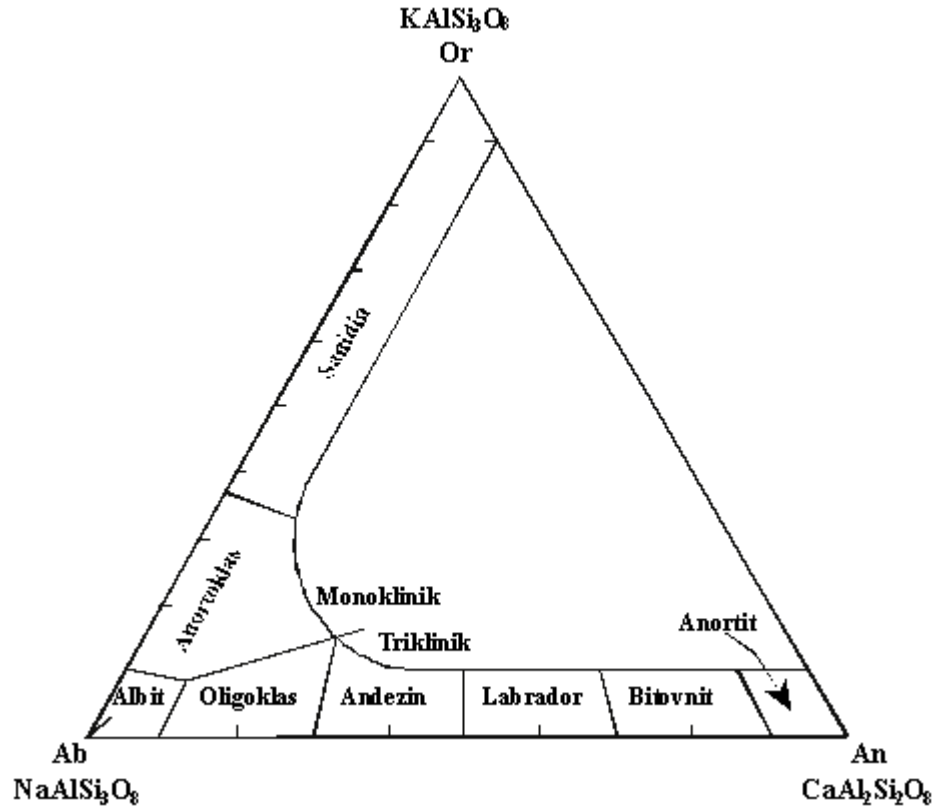
Feldspatlar tektosilikatlar grubuna girer. Feldspat mineralleri SiO_4^{-4} ve AlO_4^{-5} dörtyüzlü yapısının üç boyutlu sürekli diziliminden oluşan alümina silikatlardır. Bu negatif yüklü dörtyüzlü yapı içerisine giren tek ve/veya çift değerlikli katyonlar yük dengeleyici rol oynar.

Genel formül olarak;

$Z, \text{Al}(\text{Al}, \text{Si})\text{Si}_2\text{O}_8$ şeklinde gösterilebilir.

Burada Z, toprak alkali feldspatlar ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) için çift değerlikli kalsiyumu (nadiren baryumu), alkali feldspatlar (AlSi_3O_8) için tek değerlikli sodyum ve potasyumu temsil etmektedir [18].

Birçok magmatik ve metamorfik kayacın ana bileşeni olan feldspatlar yüksek sıcaklıklarda ve çeşitli derinliklerde oluşabilirler. Yüksek sıcaklıklarda bir takım karışım serileri halinde bulunan feldspatların oluşturdukları bu karışım serileri şekilde gösterildiği gibidir.



Şekil 2.1 Yaygın yüksek sıcaklık feldspatların sınıflandırılması [19].

Şekilde görüldüğü gibi, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - KAlSi_3O_8 arasındaki bölge alkali feldspatlardan, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ve $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ arasındaki bölge ise plajiyoklazlardan oluşmaktadır. K içeren alkali feldspatların iki önemli mineralinden biri olan ortoklaz yüksek sıcaklıklarda monoklinik sistemde kristalleşirken, mikroklin düşük sıcaklıkta triklirik sistemde kristalleşir.

2.2 Feldspatların Sınıflandırılması

Yeryüzünü oluşturan minerallerden en önemlilerinden biri olan feldspatlar, bir mineral grubunun genel adıdır. Feldspatlar, izomorf karışımları ve oluşum özellikleri bakımından 2 gruba ayrılırlar [20].

1. Alkali Feldspatlar

- Mikroklin KAlSi_3O_8
- Sanidin KAlSi_3O_8
- Ortoklaz KAlSi_3O_8

2. Kalko-sodik feldspatlar (plajiyoklazlar)

- Albit $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
- Oligoklaz $(\text{Na, Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$
- Andezin $(\text{Na, Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$
- Labrador $(\text{Na, Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$
- Bitovnit $(\text{Na, Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$
- Anortit $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

3. Baryumlu feldspatlar

- Selsiyan $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
- Hyalfon $(\text{K, Ba})\text{KAlSi}_4\text{O}_{12}$

2.2.1 Potasyum Feldspatlar (KAlSi_3O_8)

Bu grupta sanidin, ortoklaz, mikroklin ve adulyria bulunmaktadır. Bu mineraller arasında kristolografik yapı değişiklikleri vardır. Büyük çaplı bir katyon olan K^+ 'un bulunduğu veya çok bulunduğu yapılar monoklinik, Na^+ bakımından zengin olanlar trikliniklerdir.

Alkali feldspatlarda K ile Na feldspatlar arasında katı çözeltiler oluşum alanları çok dar olup, K yerini belirli ölçülerde ve bazı fiziki şartlarda Na alabilir. Tabiatta K Feldspatlar çoğunlukla Na Feldspatlarla birlikte ve daha tali olarak da Ca Feldspatlarla birlikte bulunur. Bu grup içerisinde gerek oluşum gerekse seramik sektörü için en önemli olanı ortoklazdır.

2.2.2 Plajiyoklazlar

a) Sodyumlu Feldspatlar ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$): Yüksek albit ve düşük albit bu grupta bulunmaktadır. Potasyumlu feldspatlara benzer şekilde, lavlar içerisinde bulunan yüksek albitin düzenli içyapısı bulunurken plütonik kayalarda bulunan düşük albit düzensiz bir içyapıya sahiptir. Sodyumlu feldspatlardan, plajiyoklaz grubunun kalsiyum içermeyen üyesi albit olup, formülü $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 'dir. Doğada albit, K feldspat ile katı çözeltiler oluşturmayıp ancak bir miktar K feldspat ile birlikte bulunur. Albitlerin seramik ve cam hammaddesi yönünden önemi çok fazladır.

b) Kalsiyumlu feldspatlar: Kalsiyumlu feldspatların Na ve Ca miktarlarına göre oluşturdukları izomorf seri Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Plajiyoklazların oluşturduğu izomorf seri.

		%Anortit Miktarı
Albit	NaAlSi ₃ O ₈	0-10
Oligoklaz		10-30
Andezin		30-50
Labrador		50-70
Bitovnit		70-90
Anortit	CaAl ₂ Si ₂ O ₈	90-100

Feldspatlar, Ca ve Na içeriklerine göre izomorf bir seri oluştururlar. Feldspatlar doğada çok yaygın bulunmalarına rağmen az sayıda oluşum cam ve seramik sanayine uygun özellikte hammadde içermektedir. Bunun nedeni, feldspat, özellikle K feldspat oluşumlarının büyük çoğunluğunun ince taneli kayaların bileşeni olarak bulunması, demir içeren mineraller tarafından kirletilmiş olmasıdır.

Seramik ve cam sektörü için feldspatların erime derecelerinin büyük önemi olup, büyüklükleri ve erime dereceleri büyük rol oynamaktadır. Yayınlarda kesin rakamlar bulunmakla birlikte çok az miktarlarda da olsa içlerinde diğer feldspat kristallerinin izomorf halde bulunmaları erime derecelerini değiştirmektedir.

1. Potasyum Feldspat: 1200-1250°C
2. Sodyum Feldspat: 1150-1225°C
3. Ca Feldspat: 1500-1550°C

Çizelge 2.2 Bazı saf feldspat minerallerinin kimyasal bileşimi [21].

	Na₂O	K₂O	CaO	Al₂O₃	SiO₂
Albit	11.8			19.4	68.8
Ortoklaz		16.9		18.4	69.7
Anortit			20.1	28.6	43.3

Ticari feldspatlar; potasyum feldspat ve albit, birkaç cins feldspat mineralini içinde bulundurur. Bu nedenlerle teorik formüllere ulaşmak mümkün değildir. Ayrıca bu sektörde hiç istenmeyen mika (muskovit ve biyotit), turmalin, granat vb. mineraller kaliteyi etkileyen en

önemli unsurlar olup, ekonomik bir şekilde flotasyon ve manyetik ayırma suretiyle bunları azaltmak mümkündür.

Çizelge 2.3 Feldspat mineralleri fiziksel özellikleri [22].

Adı	Formülü	Renk Parlaklık	Yoğ	Sert	Sistem Habitüsü	Oluşum
Albit Latince ‘Albus’ ‘Beyaz’ sözcüğünden türemiştir.	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	Renksiz, beyaz akçıl; saydam, yarısaydam, camsı, inci	2.6 2.62	6 6.5	Triklinik, yassı, masif, taneli	Asit ve ortaç magmasal kayalar; Pegmatitler, albitler, Albitize granit, alkilin kayalar, gnays, kristalize şist, andezit, siyenit
Anortit Grekçe ‘Eğik’ sözcüğünden türetilmiştir.	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	Renksiz, beyaz akçıl; pembemsi, kırmızı, saydam, yarı saydam, camsı	2.74 2.76	6 6.5	Monoklinik, Kısa prizmatik, bloksu	Bazik sokulum ve volkanik kayaçalarda Gabro anortozit, norit, Bazik lavlar
Mikrokin Grekçe ‘Mikro’ ‘Küçük’, ‘Eğik’ ‘Klein’ sözcüğünden türemiştir. Dilini eğik olduğundan	KAlSi_3O_8	Beyaz, akçıl, gri, pembemsi, saydam, yarı saydam, camsı	2.56	6 6.5	Triklinik, kısa prizmatik, masif taneli, bloksu	Asit magmasal kayalar, pegmatitle granit, siyenit, kristalin şistler, dokanak kuşakları, hidrotermal aralıklar
Ortoz Grekçe ‘Orto’, ‘dik’, ‘klasis’, kırıklı, dilimlerinin dik olmasından ötürü	KAlSi_3O_8	Renksiz, beyaz, gri, sarı, kırmızımsı, yeşilimsi, saydam, yarı saydam, camsı, inci	2.55	6 6.55	Monoklinik, Kısa prizmatik, bloksu, masif taneli	Asit magmasal kayalar, granit, siyenit, felsit, pegmatit, cevherli aralıklar, feldspatik kumtaşı, arkoz, başkalaşım kayalar

2.3 Feldspatların Kimyasal Bileşimleri

Yaygın feldspatların kimyasal bileşimleri KAlSi_3O_8 (ortoklaz-Or); $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (albit-Ab) ve $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (anortit-An) sisteminde görülmektedir (Şekil 2.2). Bu sistemde, KAlSi_3O_8 ile $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ arasında kalan seriye alkali feldspatlar, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ile $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ arasındaki seriye de plajiyoklazlar denilmektedir. Feldspatların kimyasal bileşimleri örneğin, $\text{Or}_{20}\text{Ab}_{75}\text{An}_{05}$ gibi, bu üçgen sistemde kullanılan Or, Ab ve An cinsinden moleküler yüzdeleriyle verilmektedir. Ab-An-Or sistemindeki feldspatlar için en genel kimyasal formül;



şeklinde verilebilir. Burada, $0 \leq (x+y) \leq 1$ ve x, alkali feldspat mol fraksiyonunu (Or); y, sodik feldspat mol fraksiyonunu (Ab) ve $1-(x+y)$ ise kalsik feldspat mol fraksiyonunu (An), temsil etmektedir.

Teorik olarak bir alkali feldspat içerisinde bulunabilecek en yüksek K_2O değeri %16.9'dur. Oluşum sıcaklığına göre alkali feldspatlar içerisinde %5'e kadar An bulunabilir ve An bileşeni albitçe zengin uca doğru artar. Benzer şekilde, albit içerisinde teorik olarak %11.8 Na_2O ve %19.4 Al_2O_3 , anortit içerisinde de %20.1 CaO ve %36.6 oranında Al_2O_3 bulunur [23].

2.4 Feldspat Minerallerinin Oluşumu ve Bulunuş Şekilleri

Feldspatlar silikatça zengin alkali kayalar olup yer kabuğunun yaklaşık %60'ını teşkil ederler. Bu oranın %60'ını magmatik kayalarda, %30'u metamorfik kayalarda ve %10'u da sedimanter kayalarda bulunur[22]. Endüstriyel feldspat kaynağı olarak halen kullanılan kayalar türleri şunlardır:

2.4.1 Pegmatitler

Potasyum feldspatın hâkim mineral olarak bulunduğu ve ayrıca başka ekonomik mineraller de içerebilen, kaba taneli magmatik bir kayadır. Genellikle granit-ranodiyorit bileşimli kayalarla ilişkili olarak bulunur. Ayrıca metamorfik provenslerde de bulunmaktadır. Pegmatitli feldspatların çoğunda demirli silikatlar bulunmadığından seramik endüstrisinde kullanımı tercih edilmektedir. Feldspatlar pegmatitler içerisinde çatlakların doldurulmasıyla meydana gelen tabular şekiller halinde oluşmaktadır. Sanayide direkt olarak veya zenginleştirildikten sonra kullanılmaktadır.

Carr 1994'e göre Pegmatitlerin karakteristik özellikleri şunlardır:

- Magma çözeltilerinden türerler.
- Magmanın alterasyona uğraması ve yer değişimi sebepleriyle çok sayıda ikincil mineraller içerirler.
- Yatağın şekli ve büyüklüğü çok çeşitli olabilir.
- Mineral oranları ve dağılımları değişmekle birlikte, müşterek merkezli mineral zonları şeklinde bulunurlar. Bu genellikle içe doğru diferansiyel kristalleşmenin bir sonucudur. Böylece mineral birliktelikleri belli bir sıra izler.
- Çoğunlukla ana minerallere granitler eşlik eder [18].

2.4.2 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. En ucuz feldspat kaynaklarıdır. Bunlar da granitik kayaçlarla ilişkili olarak oluşmuşlardır.

2.4.3 Feldspat Filonları

Granitik kayaçların kendi bünyeleri içinde veya kontak halindeki yan kayaçlarda enjeksiyon damarları halinde oluşmuş feldspatça zengin sokulumlardır. Çok zengin tenörlü Na veya K feldspat içerirler, empürite oranları daha düşüktür.

2.4.4 Nefelinli Siyenit

Silisçe fakir kristalin bir kayaç olup albit ve mikroklin türü feldspat ile nefelinden oluşur. Az miktarda mafik silikatlar ve diğer aksesuar mineralleri içerir. Dünyada geniş yayımlıdır. Ancak ticari olarak halen Kanada, Norveç, SSCB ve ABD’de işletilmektedir. Kanada’da 1930’larda, Norveç’te ise 1950’lerde işletilmeye başlanmıştır. Serbest silis içermemesi, yüksek alkali ve alümine içermesi, yüksek ergitme gücü ve dar erime aralığı, cam endüstrisine ideal uyum gösteren karakteristiklerdir. Bu mineralin feldspata kıyasla daha yüksek alümina ve alkali katılımı vardır. Kayacın endüstriyel özelliklerini temin eden nefelin minerali $\text{Na}_3\text{KAl}_4\text{Si}_4\text{O}_{16}$ kimyasal bileşimine sahip, Na/K=3/1 olan, hegzagonal sistemde kristalleşen, Mohs sertliği 5, 5-6 ve özgül ağırlığı 2,5 -2,7 gr/cm^3 olan bir mineraldir. Alterasyon sonucunda 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. Nefelinli siyenit, Türkiye açısından da potansiyel feldspat kaynağı olarak istikbal vaat etmekte olup, Kırşehir masifindeki sodalitli siyenit ve miyaskit türü kayaçlar, zenginleştirme çalışmaları sonucunda Norveç nefelinli siyenitine eşdeğer alkali zenginleşmesi ve demir oksit/karbonat empüriteleri alt limit değerlerinde oldukça iyi verimle kazanılmış bulunmaktadır.

2.4.5 Alaskit

ABD’de Kuzey Carolina’da Spruce Pine’de en yaygın olarak gözlenen belirli bir kayaç türünü ifade eder. Ancak ticari olarak farklı bileşimdeki granitik kayaçlara uygulanır. Granit-pegmatik arası bir kimyasal bileşime sahip olduğu söylenebilir. Ortalama mineralojik bileşimi:%45 plajiyoklaz, %25 kuvars, %20 mikroklin, %10 muskovit şeklindedir.

2.4.6 Grafik granit (Yazı graniti)

K Feldspatın hâkim olduğu, sekonder mineral olarak kuvars içeren ve yüksek K_2O oranı istendiğinde kullanılan bir pegmatitik kayaç cinsidir. Ticari değeri üstte belirtilenler kadar fazla değildir.

2.4.7 Pertit

K Feldspat içinde mikroskobik plajiyoklaz büyümelerinden teşekkül eder. Grafik granit ve pegmatitlerde perlit oluşumu yaygındır ve kayaca belirgin bir dokusal özellik kazandırır.

2.4.8 Feldspatik kumlar

Doğal veya işlenmiş halde feldspat ve kuvars karışımından oluşmuş kumlardır. Feldspatça zengin kayaçların erozyonu ve taşınım depolanması sonucu oldukça zengin plaser yataklar oluşabilir ve büyük rezerv arz edebilir. Bazı pegmatitik metalik maden işletmelerinde zenginleştirme sırasında yan ürün olarak da elde edilmektedir. Bu tür feldspat kumları kaolinlerin yıkanması sırasında da açığa çıkmaktadır.

2.4.9 Altere granitler

Granitik kayaçların atmosferik şartlar altında veya hidrotermal etkilerle belirli ölçüde alterasyonu sonucu, içerdiği feldspatlarda kaolinleşme gelişir ve kayaç bünyesindeki mafik mineraller belirli ölçüde uzaklaştırılarak demir oksit empüritesi azalır. Saf feldspat kaynaklarının son yıllarda rezerv yönünden darboğaza girme eğilimi göstermesi neticesinde söz konusu granitlerin seramik sanayinde değerlendirilmesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Türkiye’de de Çanakkale Seramik Fabrikaları, Karabiga civarında bu tür oluşumlardan, massede kullanılan feldspat/kaolin/kuvars karışımı bir malzeme üretmektedir. Japonya’da ise, bu tür aşırı derecede altere olmuş ve gre halini almış granitik kütlelerden, belirli yıkama/süzme ve sınıflandırma metotlarıyla kaolin, feldspat ve silis kumu ayrı mamuller olarak üretilmektedir. Türkiye açısından, üzerinde önemle durulması gereken potansiyel bir kaynaktır.

2.5 Dünya’da ve Türkiye’ De Feldspat Rezervleri

2.5.1 Dünya’da feldspat rezervleri

Dünya feldspat kaynağı olarak granitler, pegmatitleri, nefelinli siyenitler, feldspatik kumlardan sağlanmaktadır. Bu kaynakların bolluğu nedeniyle dünya feldspat rezervlerinde rakamsal değerler bulmak mümkün olmamaktadır. Dünya literatüründe de bu kaynaklardan bahsedilmekte ve kesin rakamlar verilememektedir. Dünya rezervlerinin kıtalara göre dağılımı çizelgedeki gibidir.

Çizelge 2.4 Dünya rezervlerinin kıtalara göre dağılımı [24].

Kıta Adı	Rezerv (x 10 ⁶ ton)
Kuzey Amerika (Kuzey Carolina)	350 (200)
Güney Amerika	200
Avrupa	250
Afrika	200
Türkiye	239
Asya	500
TOPLAM	1.739

Feldspat üretiminde ve tüketiminde en önde gelen ülkeler İtalya, Amerika Birleşik Devletleri, Tayvan ve Almanya’dır. İhracında ise sırasıyla Tayland, Çin, Hong Kong, Fransa, Türkiye, Norveç ve Hindistan’dır. Başlıca ithalatçı ülkeler ise Tayvan, Hindistan, Hong Kong, İtalya, İspanya, Almanya, İngiltere ve Fransa’dır.

2.5.2 Türkiye’de Feldspat Rezervleri

Türkiye’ de feldspat kaynağı olarak kullanılan yataklar pegmatit, apfit, feldspat filonları ve altere granittir. Türkiye’de feldspat rezervleri konusunda kesin rakamlar vermek mümkün değildir. Bu konuda çalışma yapan; MTA Genel Müdürlüğü’nce yapılan değerlendirmelerde granit, nefelinli siyenit ve feldspatik kum rezervleri verilmektedir. Ancak cevher kalitesi, nihai kullanım amacına bağlı olduğundan, bu kaynaklar üzerinde daha detay çalışmalara ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu nedenle bilinen potansiyel rezervler ile bu konuda üretim yapan kuruluşların, kendi ruhsat sahalarında saptamış oldukları rezervler ayrı ayrı verilecektir. Ancak birçok bölgede potansiyel feldspat kaynakları pazarın isteklerini karşılayabilecek nitelikte rezervlere dönüştürülemediği. Özellikle, K feldspat rezervlerimize ilişkin veriler yok denecek kadar azdır. Ülkemizin ticari rekabete girebilecek nitelikteki yatakları şimdilik, Muğla-Milas,

Aydın-Çine arasındaki pegmatitik, albitik mercek ve aralıklar veya metazomatik şekilsiz yataklardır. Bu yataklar doğrudan, kırma-öğütme, flotasyon gibi işlemlerden geçirildikten sonra pazarlanabilir ürün elde edilmektedir [25].

Çizelge 2.5 Potansiyel rezerv tablosu.

Yer	Kalite ve Cins	Rezerv (x10 ³ ton)
Aydın-Çine	K-Feldspat	5000
Kütahya-Simav	K-Feldspat	2250
Manisa-Gürdeş	K-Feldspat	4075
Ankara-Bey pazarı	K-Feldspat	1150
Kırklareli-Üsküp	K-Feldspat	11
TOPLAM		11281
Bilecik-Söğüt	Aplit-Pegmatit	985
Balıkesir-Bandırma	Aplit-Pegmatit	21
Artvin-Şavşat	Aplit-Pegmatit	369000
TOPLAM		370005
GENEL TOPLAM		381286

Çizelge 2.6 Ülkemizin şirketler bazında Na-feldspat rezervi, (x 10³ t).

Şirket	Yer	Görünür	REZERV		
			Görünür + Muhtemel	Mümkün	Toplam
ESAN	Çine + Milas		100.000		100.000
KALE	Çine + Milas	1.520	3.530	1.710	5.240
ERMAD	Milas	4.400	9.300	5.400	14.700
MATEL	Milas		2.500	1.250	3.750
KALTUN	Çine + Milas		25.000		25.000
TOPRAK	Çine + Milas		12.000		12.000
HİTİT	Milas	90	90		90
POLAT	Çine + Milas		3.000		3.000
M. ÇINAR	Çine + Milas		1.000		1.000
AK MADEN	Çine + Milas		5.000		5.000
KOMED	Çine + Milas		5.000		5.000
TOPLAM		6.010	166.420		174.780

Bu rezerv miktarına granit, alkali kaolen, tüflere ait şirketlerin ellerindeki ruhsatlara ilişkin rezerv miktarları dâhil edilmemiştir. MTA kayıtlarına göre Türkiye'nin görünür+muhtemel feldspat rezervi 239.305.500 tondur.

Çizelge 2.7 Rezerv tespiti yapılmamış ancak bilinen oluşumlar.

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

2.6 Feldspat Mineralinin Kullanım Alanları

2.6.1 Cam sanayi

Cam sanayi halen en büyük feldspat ve nefelinli siyenit tüketicisi olma durumunu muhafaza etmektedir. Feldspatik mineraller, cam reçetesinde esas olarak alümina kaynağı şeklinde yer alırlar. Bununla birlikte eritici (flaks) özellikleri de faydalıdır. Feldspat bünyesindeki alkaliler, erime sıcaklığını düşürecek flaks görevi yaparlar. Alümina ise duyarlılık temin eder ve çarpma, bükülme ve termal şoklara karşı mukavemet kazandırır. Geniş anlamda bir genelleme yapmak gerekirse, yukarıdaki yararlarına ilaveten camın saydamlığını kaybetmesini engelleyen imalat sırasında viskozitesini de arttıran alümina içeriği, konteynır (cam, şişe) ve düz cam mamullerde %1,5-2 oranında mevcuttur. Cam elyafında ise, kullanım amacına bağlı olarak %15'e kadar çıkabilen oranda mevcut olabilir.

Hem feldspat, hem de nefelinli siyenit, yüksek fırın cürufu gibi diğer alümina kaynakları ile rekabet etme durumundadır ve cam üreticilerinin nihai seçimi, bir dizi faktörlere dayanmaktadır. Bunlardan başlıcaları, içerilen birim alüminanın teslim maliyeti, bağıl erime aralıkları, demir oksit gibi (%0.04'ün altında olmalıdır) istenmeyen minerallerin düzeyleridir. Fakat bundan daha önemli olarak üretilecek camın türü seçilecek alümina kaynağının tipini ve miktarını belirler. Örnek olarak düz cam üreticileri alüminayı genellikle "kabul edilebilir bir empürite" olarak değerlendirilmekte ve özel bir tür aranmamaktadır. Çeşitli cam sanayileri, hammaddeleri için farklı spesifikasyonlar ararlar. Örneğin ABD'deki Corning Glass, televizyon ekran camı ve mutfak eşyası gibi uygulamalar için %10,5 (\pm %0,3) K₂O içerikli potasyum feldspat kullanılmaktadır. Ayrıca ekonomik değerlendirmelere dayalı olarak nefelinli siyenitte kullanılmaktadır. Kaliforniya'da cam imalinde kullanılan feldspatik kumlar ise %90-92 SiO₂, %0,05-0,07 Fe₂O₃ ve %5 Al₂O₃ içermektedir.

Nefelinli siyenit, önemli bir silika (%59-60), alümina (%23-24 Al₂O₃) ve alkali (%9,8-10,2 K₂O) kaynağıdır. En önemli kullanım alanı cam sanayi olup, toplam tüketimin %65'ini oluşturur. Tüketim için tane boyu -30 mesh ile -40 mesh olup malzemenin çok az kısmı -200

mesh kadar inceliktedir. Cam yapımında nefelinli siyenit, cam hamurunun eritilmesinde flaks olarak kullanılır ve konteynır (kap) camında hamurun %5 ile %15'ini teşkil eder. Kuzey Amerika'da nefelinli siyenit en büyük ölçüde yiyecek, içecek, kimyasal madde, ilaç şişeleri ve kavanoz gibi muhafaza cam üretiminde, daha tali oranda ise düz cam, preslenmiş ve şişirilmiş cam mamuller yapımında kullanılmaktadır.

Bu alanda dünya çapında "float" prosesi uygulanmakta, nefelinli siyenit ise cam yünü (fiberglass) imalinde kullanılmaktadır. Fiberglass üretimi için aranan hammaddede demir oksit spesifikasyonları nispeten gevşektir ve normal olarak bu alanda "B" ve 2. kalite nefelinli siyenit kullanılır.

Genel olarak feldspat ve nefelinli siyenitin tercih edilmesi maliyete bağlıdır. Nefelinli siyenitin alümina içeriği %23 civarında, buna karşılık feldspatın %16-18 civarındadır. Demir oksit nefelinli siyenitlerde genel olarak daha düşüktür [23]. İngiltere'de nefelinli siyenitin ortalama teslim fiyatı 60-70 sterlin/ton, buna karşılık %5-7 Na₂O içerikli feldspatın fiyatı 50 sterlin/ton civarında olup tercih ekonomik faktörlere dayanır.

Kullanılmış camların yeniden değerlendirilmesi, erime sıcaklığının düşürülmesi nedeniyle, doğal feldspat kullanımına göre avantaj sağlamaktadır. Ayrıca ambalaj malzemelerinin hafifleştirilmesi yolundaki çalışmalar da, cam dışı plastik ve metal kutuları ön plana çıkarmakta, cam sanayinin ve dolayısıyla feldspatın geleceğini tehdit etmektedir.

2.6.2 Seramik sanayi

Feldspatlar seramik reçetesine flakslar (eriticiler), bünye pişirildiğinde sıvı oluşumunu sağlayacak sıcaklığın düşürülmesi amacıyla katılır. Alkali içerikleri, feldspat ve nefelinli siyenite nispeten düşük erime sıcaklığı kazandırır. Böylece kil, feldspat ve kuvarstan oluşan tipik seramik reçetesinde feldspat yumuşar, camsı veya sıvı hale geçer, buna karşılık kil ve kuvars katı halde ıslatır ve gözenekler arasında dereceli olarak dağıtıldıkça, yüzey gerilimi taneleri birbirine çeker. Belirli bir mineralojik bileşime sahip her seramik hamuru, bu mukavemet kazanma ve yoğunlaşma işlemlerinin gerçekleştiği sabit bir pişme sıcaklığına sahiptir ve bu sıcaklık genellikle 1100-1300 °C'lar arasında bulunur. Örneğin porselen, yarı camsı porselen ve sıhhi tesisatta bu sıcaklık 1300 °C, buna karşılık sert porselen imalatında pişirme sıcaklığı 1400 °C civarındadır. Eritici (flaks), pişirme sırasında seramik bünyenin camlaşma derecesini kontrol eder ve ürün fırından istenen camlaşma derecesinde çıkar. Farklı seramik bünyeler değişik camlaşma derecesi gerektirdiğinden belirli bünyelerde kullanılacak flaks miktarı da değişkendir. Yumuşak porselenlerde (düşük ısıda pişirilmiş) feldspat reçete

bileşiminin %25-40'ını, sofrta eşyasında %18-30'unu, elektro porselende %20-28'ini ve kimyasal teknik porselende %17-30'unu teşkil eder. Sodyum ve potasyum feldspat, ya da nefelinli siyenit gibi flakslardan hangisinin ne miktarda kullanılacağına, çok sayıda teknik kriter etki eder ve bu kriterler belirli bir flaksın ilavesiyle kazanılacak özellikleri de kapsar. Bunlara örnek olarak, nihai üründe aranan beyazlık derecesi, kopma mukavemeti, sır tutma veya reddetme, sır dekorasyonları üzerine metal işleme etkisi ve imalatçının geleneksel alışkanlığı gösterilebilir.

Eritici özelliğine etki eden faktörler arasında silika içeriği, bünye bileşimi ve daha önemli olarak toplam alkali içeriği ile Na_2O , K_2O ve LiO_2 gibi alkali oksitlerin oranları sayılabilir. Alkali içeriği yükseldikçe, eritici özellik de artar ve buna bağlı olarak erime noktası düşer.

Beyaz mamul, fayans, sıhhi tesisat ve diğer seramik ürünlerde feldspat, bünye malzemelerinin %15-35'ini sır malzemelerinin %30-50'sini teşkil eder. Feldspat gibi seramik kalitesinde flakslar, diğer bünye bileşenleri ile daha iyi karışabilmeleri için 200-300 mesh civarına öğütülürler.

Kural olarak, seramik sanayinde potasyum feldspat daha yaygındır. Potasyum feldspatın avantajı, yüksek viskoziteye sahip bir eriyik oluşturmalarıdır ve bu eriyiğin sonucu olarak, pişirme sırasında seramiğin şekil bozulmalarına karşı mukavemet temin eder.

Bir seramik üreticisinin flaks türü seçiminde etkili olan faktörler, maliyet, pazarlara yakınlık ve demir empüritesi varlığıdır. Bunlar, aynı zamanda, nefelinli siyenitin bazı seramik uygulamalarında daha popüler hale gelmesini de temin eden unsurlardır. Seramik kaplar ve sırlarda esas olarak feldspat kullanılmakla birlikte, sıhhi tesisat ve karo imalinde flaks olarak nefelinli siyenit tercih edilmeye başlanmıştır. Cam imalinde feldspat ve aplitle rekabet başlamıştır. Cam imalinde feldspat ve aplitle rekabet etmesinin yanında, alümina kaynağı olarak avantajı dolayısıyla camsı beyaz seramik, sır ve mine imalinde de kullanılmaktadır.

Karo imalinde bünye hazırlanmasında, diğer beyaz seramiklere göre farklı prensipler söz konusudur. Örneğin gözenekli karolar, feldspatik flaks kullanımı gerektirmez: bağlayıcı kilin alkali içeriği genellikle yeterlidir. Buna karşılık camsı karo (fayans) üretimi, feldspatik materyaller gerektirir. Ancak hızlı pişirme tekniklerindeki teknolojik gelişmeler, kullanılacak feldspatik flaks türünü etkilemiştir. İki veya üç saatlik tek evrelî pişirme (30 saatlik eski pişirme tekniğine kıyasla), daha düşük maliyetli apilit ve feldspatik kayaçları bazı ülkelerde (özellikle İtalya'da) gittikçe artan oranda feldspat ve nefelinli siyenit alternatifi durumuna getirmiştir.

Nefelinli siyenitin seramik sanayinde kullanımı, 200, 325 ve 400 mesh inceliğinde öğütülmüş ürün şeklindedir. Yukarıda belirtildiği gibi, hem camsı faz oluşturucu, hem de eritici olarak yararlı özellikler sunar. Pişirme sıcaklığı ve zamanını önemli ölçüde düşürür. Saniter seramik reçetesinde %25-30, kimyasal porselende %15-30, yarı vitroz porselende ise %15-55 oranında kullanılır.

Seramik sanayinde feldspat ve nefelinli siyenit kullanımı açısından istikrarlı bir gelecek söz konusudur. Bu ikisinden birinin tercih edilmesi, daha çok ekonomik değerlendirilmelere bağlı olacaktır. Seramik sanayi için feldspat tenörleri $K_2O > \%8$, $Na_2O < \%3$, $Fe_2O_3 < \%0.2$ olmalı ve feldspat $-74\mu m$ 'nin altına öğütülmelidir [23].

2.6.3 Kaynak elektrotları üretimi

Kaynak elektrotları, feldspatlar için geleneksel son kullanım alanlarıdır, çünkü bunların eritici özellikleri, elektrot kaplama malzemesi yapımında ideal bir bileşen olmalarını sağlar. Flakslar, üç tür kaynaklanma işleminde kullanılır ki burada elektrik arkı ısı kaynağıdır.

Karışıma ilave edilen feldspatın iki önemli fonksiyonu vardır: ark stabilizörü olarak davranır ve kaynak çukuru 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. Alternatif akımda kullanım için özellikle potasyum silikatlar uygundur, zira ark kolonunda potasyum iyonları, akım kesildiğinde dahi arkı tekrar alevlendirilebilirler. Buna karşılık sodyum silikatlar da doğru akım uygulamalarında daha yararlıdır. 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 [26].

2.6.4 Boya sanayi

Boyaları genellikle bir pigment (renk verici), bir ortam (bağlayıcı) ve bir solvent (inceltici) ten oluşur. Pigmentlere katkı olarak, birçok boyaya, boya üretim maliyetini düşürmek veya daha pahalı pigmentleri kısmen ikame etmek üzere dolgu maddeleri veya ekstenderler ilave edilir. Bunun ötesinde söz konusu katkıları, boyaya parlaklık ve akma özelliği gibi çeşitli fonksiyonel özellikler de kazandırılabilir. Ekstender olarak feldspat veya nefelinli siyenit kullanılmaktadır.

Günümüzde boya üretiminde daha fazla feldspat ve nefelinli siyenit kullanılmaktadır. Yağ, su, emülsiyon ve toz kaplama tipi boyalarda, 20-30 mikron boyutunda feldspat kullanılır.

Feldspatlar, barit ve kalsiyum karbonat gibi geleneksel boya dolguları ve ekstenderleri karşısında daha yaygın olarak kullanılan alternatif durumuna geçmektedir. Özellikle dış cephe boyları, anti-korozif boyalar, sıva ve plaster gibi aside dirençli mamullerde kalsiyum karbonat yerine ikame edilir. Dış etkenlere karşı renk stabilitesinde avantaj sağlar.

Nefelinli siyenit de bazı ülkelerde gittikçe artan oranlarda dolgu maddesi olarak tüketilmektedir. Kanada'da Indusmin Co. "Minex" ticari adı altında çeşitli tane boyutlarında nefelinli siyenit üretmektedir. Mikronize nefelinli siyenit esas olarak serbest akışlı, toksik olmayan düşük yağ emmeli beyaz ekstender pigmenttir ve susuz potasyum alüminyum silikat formunda özellikler sağlar. Çok parlak boyalarda çok ince ekstender pigmentleri istenir. Bunların tane boyu 1-2 mikron civarında olmalıdır. Saten parlaklığında boyalar için ise 30 mikrona kadar çıkabilen boyutta kaba taneli ekstenderler kullanılabilir.

2.6.5 Plastik sanayi

Plastik üretimi, endüstriyel mineraller için katkı maddesi olarak kullandıkları büyük bir Pazar teşkil eder ki bunlar, dolgu ve ekstender, renk verici ve yanmayı geciktirici olarak uygulanırlar. Bünye dolgusu veya mukavemet kazandırıcı dolgu maddesi olarak mineral kullanımı, önemli araştırmalara konu olmuştur.

Plastikler, polimer yapısına sahip, yumuşak halde döküm yapabilen ve sertleştiğinde katı nihai ürün veren, katkı maddesi içeren veya içermeyen materyaller şeklinde genel bir tanım altında toplanabilirler.

Dolgu maddeleri plastik reçetelerinde maliyet düşürücü veya mukavemet kazandırıcı olarak kullanılır. Plastiklerde dolgu ve mukavemet kazandırıcı olarak kullanılacak minerallerin önemli özellikleri şunlardır:

Düşük yoğunluk (nihai ürünün toplam ağırlığını azaltmak için), tane boyu (düzenli dağılmayı temin edebilmek için mümkün olduğunca ince olmalıdır), tane şekli (lifsi veya levhamsı mineraller daha iyi mukavemet özelliği kazandırır), sertlik, absorpsiyon, (viskoziteyi artırma etkisi gösterdiğinden yararlı veya zararlı olabilir), serbest nem içeriği olmaması, beyazlık ve iyi dağılım özelliği.

Belirli dolgu maddeleri ve ekstenderlerin plastiğe katılması, bunların tane boyu itibarıyla plastiğin özellikleri üzerinde belirgin etkiler meydana getirir. Genel olarak,

hammadeler polimere ilave edildiğinde elastik modülü azalır. Eklenen dolgu miktarı ile orantılı olarak uzama azalır, sert silikatlar ilavesinde şok mukavemeti artar. Barit, talk ve kalsiyum karbonat ilavesinde kompresyon mukavemeti azalır: silikat, mika ve nefelinli siyenit ilavesi elektriksel özellikleri geliştirir, sert silikat ilavesi hem aşınma direncini hem de bozulmaya karşı mukavemetini artırır, talk ve kalsiyum karbonat ilavesi ise bunları düşürür.

Kalsiyum karbonat gibi geleneksel dolgu maddelerinin aksine, feldspat ve nefelinli siyenit az miktarlarda kullanılır. Özel polimerlerde uygulanmaları ise henüz sadece ilgilenme aşamasındadır. Bunların üretim aşamasında sağladığı avantajlar, son derece düşük miktara ihtiyaç göstermesi ve mukavemet kazandırmasıdır. Kanada'da Indusmin'in daha önce bahsedilen Minex serisi içinde %99'u 10 mikrondan küçük ve %90'ı 5 mikronun altında plastik dolgu nefelinli siyeniti üretilmektedir.

Feldspatik dolgular için potansiyel imkânlar mevcut olmakla birlikte bütün plastik mineral maddeleri piyasası, tüm olarak plastik endüstrisinin geleceği ile kontrol edilmektedir ve bu da, metal ve cam gibi daha geleneksel materyallere alternatif olarak plastiklerin kabullenilmesine bağlıdır. Plastik üretimi temelde, petrol ve gaz gibi bir enerji kaynağına bağlı olduğundan, plastik endüstrisinin geleceği petrol fiyatları ile de ilişkilidir.

Sodyum ve potasyum feldspatın en çok kullanıldığı alanlar cam ve seramik sanayidir. Feldspat mineralleri cam hammaddesinde esas olarak; alümina kaynağı olarak yer alır. Alumina, camın saydam bir yapıda kalmasını ve camın kimyasal duraylılığını sağlayarak, çizilme, bükülme, kırılma ve termal şoklara dayanıklılık kazandırır [20]. Ayrıca alkali içeriği erime (sinterleşme) sıcaklığını düşürür ve pişme ya da erime süresinin kısalmasını sağlar. Bunun sonucu olarak da gerekli enerji azalarak üretim kapasitesi artırılmış olur. K-feldspat, Na-feldspata oranla bazı avantajlara sahiptir. Bunun sebebi seramik bünyenin pişmesi sırasında oluşan sıvı fazın viskozitesi K-feldspat kullanıldığında daha yüksektir ve sıcaklığın artmasıyla viskozite düşüşü hızlı olmamaktadır. Bu da seramik ürününün daha az deforme olmasını sağlamaktadır. Ancak Na-feldspat, K-feldspattan daha ucuz olduğundan seramik ürünlerde daha fazla tercih edilmektedir [27].

2.7 Feldspat Üretim Teknolojisi

Dünya feldspat kaynağı olarak üretilen nefelinli siyenitler, altere granitler, granit kumları ve pegmatit damarlar açık işletme olarak genellikle patlamalı olarak üretilmektedir. Bu tür üretimlerde üretim rakamı büyüktür ve selektif madencilik pek yapılmamaktadır. Tüvenan üretilen cevherler kırıcılardan geçirilerek manyetik veya elektrostatik temizleme suretiyle içinde

istenmeyen Fe_2O_3 ve TiO_2 'li minerallerden temizlenir Özellikle albit bakımından zengin applitler ise flotasyon yöntemi ile içerisindeki istenmeyen mika ve demirli kısımlardan ayrılarak zenginleştirilir. Dünyada üretilen feldspatlarda elle selektif madencilik pek yapılmamakta, istenmeyen safsızlıklar yukarıda bahsedildiği gibi tesislerde temizlenmektedir [28,29].

Feldspat yerkabuğunda birçok magmatik, metamorfik ve sedimanter kayacın bileşiminde büyük ölçüde bulunması dolayısıyla ticari olarak çeşitli kaynaklarda üretimi veya feldspat oranı yeterli olduğu takdirde bu kayaçların direkt olarak sanayide kullanımı mümkün olmaktadır [28,29].

Pegmatitler, applitler, feldspat filonları, nefelinli siyenitler, alaskit, grafik granit, perlit, feldspatik kumlar, altere granitler ticari feldspat kaynağı olarak halen kullanılan kayaç türleridir.

Feldspat yatakları yüzeye yakın yerlerde oluştuklarından, uygulanacak en uygun yöntem açık işletme üretim yöntemidir. Kazı sırasında genelde delme-patlatma metodu kullanılır. Yükleme nakliye sistemi ise ekskavatör-kamyon şeklinde olmaktadır. Feldspat içinde istenmeyen empüriteler ise zenginleştirme tesislerinde temizlenir

Zenginleştirme yöntemiyle mika, ağır mineraller ve bunun gibi istenmeyen empüriteler uzaklaştırılır. Ticari feldspatların büyük çoğunluğu %0.04-0.15 arası demir oksit ve eser miktarda MgO bulundurur.

2.8 Altere Granitlerin Zenginleştirme Yöntemleri

2.8.1 Elle ayıklama ile zenginleştirme

Bu yöntem mineraller arasındaki renk ve parlaklık farklarından yararlanmak suretiyle gerçekleştirilir. Maden ocağında, diğerlerine göre gözle görülebilen fiziksel farklılıklar gösteren cevher, bir ürün halinde toplanabileceği gibi istenmeyen safsızlıklar da aynı farklılıklara dayanılarak ayıklanmaktadır. Bu zenginleştirme yöntemi ucuz olması nedeniyle ülkemizde oldukça yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Ancak bu yöntemin ince boyutlarda ve ince dağılım gösteren minerallere sahip cevherlere uygulanması söz konusu olmamaktadır.

2.8.2 Boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme

Bu yöntemde cevheri oluşturan minerallerin dayanıklılık, kırılış şekli, dilinim ve ısı ile dağılıma gibi yapısal özelliklerindeki farklılıklardan faydalanılarak zenginleştirme işlemi yapılmaktadır [30]. Granitler içerisinde feldspatların birlikte bulunduğu levha veya iğne şeklinde kırılan mikalara göre daha ince boyutta kalması nedeniyle belirli boyut aralığında sınıflandırılmalarında bu yöntemden faydalanılabilir. Boyuta göre sınıflandırma ile

zenginleştirmede kademeler, kırma-eleme-öğütme ve klasifikasyonu içermektedir. Bu yöntemle zenginleştirme yapan en önemli tesis Consolidated Feldspar Corp. (ABD)'dir.

2.8.3 Elektrostatik ayırma ile zenginleştirme

Kayaçlar çeşitli mineraller iletkenlik özellikleri ve voltaj farklılıklarına göre elektrostatik ayırma ile ayrılabilir. Elektrostatik ayırmanın endüstriyel düzeyde uygulanmasında, beslenecek cevherin kurutma, ısıtma, tozdan ayırma ve boyuta göre sınıflandırma gibi ön işlemlere tabi tutulması gerektiğinden bu yöntem ancak son yıllarda gelişme göstermiştir. Elektrostatik ayırma tek başına uygulanabildiği gibi daha çok diğer yöntemler ve bilhassa flotasyonu yöntemi ile beraber tesis düzeyinde uygulanmaktadır. Feldspat ve kuvars mineralleri çok zayıf iletkenlerdir. Bu yüzden, HF kullanılarak feldspat minerallerinin yüzeyleri F- iyonları ile daha büyük negatif yük değeri kazanırlar. Böylece feldspat ve kuvars mineralleri arasında negatif yük bakımından büyük farklılıklar doğar ve elektrostatik ayırma yöntemi ile zenginleştirilebilirler [31].

2.8.4 Manyetik ayırma ile zenginleştirme

Önal, 1994'e göre farklı manyetik duyarlılıktaki mineral tanelerinin uygun bir alan içinde, öncelikle manyetik kuvvet olmak üzere, çeşitli kuvvetleri (yerçekimi, sürtünme, vs.) bileşke etkilerine dayanılarak, birbirlerinden ayrılması yoluyla gerçekleştirilen zenginleştirmeye manyetik ayırma ile zenginleştirme denir[32]. Granitik kayaçlar, feldspat ve kuvarstan yanı sıra çeşitli demirli mineralleri içermektedir. Bu çeşit minerallerin manyetik duyarlılıklarına göre ayrılmasında manyetik ayırıcılar, düşük ve yüksek alan şiddetli olarak kullanılabilir gibi kuru ve yaş olarak da kullanılabilir. Cam ve seramik sanayinin talep ettikleri ürün spesifikasyonunda demir oranının en fazla %0,5 olması gerektiğinden manyetik ayırma diğer yöntemler ile birlikte kullanılmaktadır. Ayrıca granitlerdeki feldspat ve kuvarstan yararlanmak amacıyla yapılan çalışmalarda da manyetik ayırma yöntemi uygulanmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Kuru manyetik ayırmanın verimli olabilmesi için cevherin belirli boyut aralıklarında sınıflandırılmış olarak beslenmesi gerekmektedir.

2.8.5 Flotasyon yöntemi ile zenginleştirme

Feldspatların genel zenginleştirme akım şeması, kırma-kapalı devre öğürmeyi takiben renk verici safsızlıkların manyetik ayırma ile uzaklaştırılması ve manyetik olmayanların şlam atıldıktan sonra flotasyonu kademelerini kapsar. Uygulamada,

- Kuru Manyetik Ayırma+Flotasyon,
- Flotasyon+Kuru/Yaş Manyetik Ayırma,
- Kuru Manyetik Ayırma+Flotasyon+Yaş Manyetik Ayırma

gibi birçok farklı akım semasıyla karşılaşmak mümkündür [33]. Flotasyon yönteminin feldspat/kuars ayırımının yanı sıra mika minerallerinin ve demir, titan gibi renk verici safsızlıkların da ortamdan uzaklaştırılmasında kullanıldığını görmekteyiz (Şekil 2.+1). Prensip olarak ilk aşamada mika mineralleri ve Fe-Ti gibi renk verici safsızlıklar uzaklaştırıldıktan sonra ikinci aşamada feldspat/kuars ayırımı yapılmaktadır.

2.9 Feldspat Flotasyonu

Feldspat konsantresi üretimi, başlıca flotasyon yöntemi kullanılarak, feldspatın kuvars, mika ve diğer demirli safsızlıklardan ayrılmasıyla gerçekleşir. Kırma, öğütme ve genellikle zorunlu olan şlam atma işlemlerinden geçirildikten sonra cevherde bulunan renk verici içerikler (turmalin, hornblend, ilmenit, mika vs.) özelliklerine bağlı olarak ya manyetik ayırma ile ya da flotasyon ile ayrılabilir. Kuvars-feldspat ayırımı ise ancak flotasyon ile mümkün olmaktadır [34,35].

Feldspat cevherlerinin zenginleştirilmesinde ilk işlem mikanın uzaklaştırılması aşamasıdır. Mika flotasyonunda en çok kullanılan yöntemlerden birisi düşük pH 'larda (pH 2.5-3.5) toplayıcı olarak az miktarda aminler kullanılarak yüzdürülmesidir. Bir diğer yöntem ise daha az kullanılan yüksek pH 'larda (pH 9-10) katyonik-anyonik toplayıcı karışımları ile yüzdürülmesidir. Bu yöntemde lignin sülfonat ve sodyum karbonat kullanılarak feldspat ve kuvars mineralleri bastırılmaktadır.

Feldspat cevherinin zenginleştirilmesinde ikinci aşama ise demir içeren renk verici minerallerin (turmalin, gröna ve demir oksitler) uzaklaştırılmasıdır. Bu aşamada mika minerallerinin uzaklaştırılmasıyla zenginleşmiş olan feldspat cevherinden pH-5.5'da Na-oleat kullanılarak ya da pH-4'de sülfonatlar kullanılarak renk vericiler yüzdürülerek uzaklaştırılır [19,36-45]. Demir oksit flotasyonunun düşük pH'larda yapılmasıyla hem demir oksit yüzeyleri temizlenmekte ve flotasyon başarısı artmakta hem de silikatların yüzeyi negatif işaretli olduğundan dolayı silikatların flotasyonu engellenmektedir.

Feldspatların flotasyonunda mika ve demirli safsızlıklar uzaklaştırıldıktan sonraki üçüncü ve son kademe feldspatın kuvarstan yüzdürülerek ayrılmasıdır. Feldspatların kuvarstan seçimli olarak flotasyonla yüzdürülerek zenginleştirilmeleri, asidik pH'da (2.5-3) katyonik toplayıcılar ile (amin) birlikte HF (hidroflorik asit) kullanılarak mümkün olmaktadır. Bu

ortamda feldspat ve kuvars yüzeyleri negatif işaretli olduğundan F⁻ iyonları feldspatların negatif potansiyelini arttırarak amin adsorbsiyonu uygun duruma getirmektedir. HF'in feldspatı canlandırıcı etkisinin yanında kuvarsı da bastırıcı bir etkisi görülmektedir. Ancak, HF'in yüksek maliyeti, aşırı koroziyifliği ve çevresel zararları nedeniyle uzun süredir HF dışı yeni yöntemler üzerinde çalışılmaktadır.

Gerekli HF miktarı işlenen cevher tipine bağlıdır. Eğer feldspat altere olmamış ise çok az miktarda HF ile canlandırılabilen, ancak altere olmuş ise canlanmanın gerçekleşebilmesi için daha büyük miktarlarda HF kullanımı gerekmektedir.

Feldspat-kuvars flotasyonunda kimyasal tüketimini etkileyen faktörler şunlardır:

- **Toplayıcı olarak kullanılan aminin türü:** En uygun amin türü birincil aminler olup, hidrokarbon zincirindeki karbon atomu sayısı 12 ile 14 arasındadır.
- **Beslemedeki kil miktarı:** Kil mineralleri içeriği %0,2'den fazla ise kullanılması gereken toplayıcı miktarı önemli ölçüde artacaktır.
- **Beslemedeki ince kuvars tanelerinin miktarı:** Tane boyu 20 µm'den küçük olan kuvars taneleri, kullanılması gereken HF miktarını büyük oranda arttırmayı gerektirir.
- **Beslemedeki en iri tane boyu:** İyonik olmayan kimyasal kullanılmasına gerek kalmaması için en iri tane boyu 500 µm'yi geçmemelidir.
- **Feldspat tanelerinin yüzeylerinin fizikokimyasal durumu:** Feldspatlar, hidroliz prosesleri ve asidik doymuş çözeltilerde iyon değiştirme reaksiyonları [46].

2.10 Feldspat-Kuvars Flotasyonu ile İlgili Çalışmalar

- A. HF kullanılarak yapılan feldspat-kuvars flotasyonu
- B. HF kullanılmadan yapılan feldspat-kuvars flotasyonu
 1. Katyonik toplayıcılar ile feldspat-kuvars flotasyonu
 2. Anyonik toplayıcılar ile feldspat-kuvars flotasyonu
 3. Anyonik-katyonik toplayıcı karışımları ile feldspat-kuvars flotasyonu
 4. Noniyonik toplayıcılar ile feldspat-kuvars flotasyonu

2.10.1 HF kullanılarak yapılan feldspat-kuvars flotasyonu

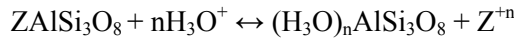
HF kullanılarak yapılan feldspat-kuvars flotasyonu, çok düşük pH' larda feldspatın flüorür iyonu ile canlandırılması ve uzun zincirli alkali katyonik toplayıcılar ile yüzdürülmesi esasına dayanır. Bu verilere dayanarak O'Meara vd. (1939). yaptıkları bir çalışmada HF içeren

asidik ortamda toplayıcı olarak amin kullanmışlar ve flüorür iyonlarının feldspat yüzeylerine adsorplanarak feldspatı canlandırabildiğini belirtmişlerdir [47]. Bununla birlikte HF yerine HCl kullanıldığında verimin düştüğünü tespit etmişlerdir. Flüorür iyonunun feldspat yüzeyini nasıl bir mekanizma ile canlandığı ise hala netleştirilememiştir.

Flüorür iyon çapı, elektriksel yükü ve polarize edilebilirliği açısından hidroksil iyonu ile aynı değeriğe sahiptir [48,49,50]. Bu nedenle flüorür iyonu içeren sulu çözelti ile temasta olan feldspat yüzeylerindeki hidroksil ve/veya oksijen iyonlarının en azından bir bölümün yerine, flüorür yer değiştirme yolu ile girebilmektedir [51].

Dean ve Ambrose (1944)'nin çalışmasından günümüze, flüorür içermeyen ortamlarda feldspat-kuvars ayırımının amin toplayıcılar ile mümkün olmayacağı kesinlikle anlaşılmış ve bu canlandırma işleminde flüorür iyonunun etkisi pek çok araştırmacının ilgisini çekmiştir [52]. Zira değişebilir alkali/toprak alkali metal iyonları sulu çözeltiye geçerek feldspata, çok düşük pH değerleri hariç, tüm Ph'larda negatif bir yük kazandırır [53]. Feldspatlar su (veya asit) ortamında kararsızdırlar ve katyonlarını çözeltiye vererek hidrate olmuş alümina silikatlar haline dönüşürler.

Feldspat yüzeyindeki tepkime şu şekilde ifade edilebilir;



Z^{+n} , 'n' yüklü Ca, K ve Na gibi katyonları temsil etmektedir [54].

Bu konuda öne sürülen görüşler; Manser (1975), Aplan ve Fuerstenau (1962), Lindström (1965) ile Smith ve Akhtar (1976) tarafından özetlenmiş olup şöyle sıralanabilir[19,55-57]:

1. Yüzeylerindeki amorf tabakanın çözülüp uzaklaştırılması yoluyla mineral yüzeylerinin temizlenmesi [52],
2. Çözeltide SiF_6^{-2} veya SiF_6^{-2} amin karmaşalarının oluşarak feldspat yüzeyinin alüminyum atomları üzerine adsorplanması [58,59],
3. Mineral yüzeylerinde negatif yüklü alüminyum flüorür komplekslerinin oluşması[60,61],
4. Çözeltideki çok değerlikli potansiyel belirleyici katyonların flüorür ile kompleksler oluşturması [19],
5. Mineral yüzeyinde potasyum veya sodyum silikoflorür tabakasının oluşması [19].

2, 3, 4 ve 5'teki mekanizmaların feldspat yüzeyindeki negatif zeta potansiyelinin miktarındaki bir artışa neden olduğu ve katyonik toplayıcıların adsorpsiyonunu arttırdığı düşüncesini desteklemektedir.

2.10.2 HF kullanılmadan yapılan feldspat-kuvars flotasyonu

Flotasyon ile feldspatın kuvarstan ayırımında önemli miktarlarda HF kullanımı gerekmektedir. HF kullanılarak gerçekleştirilen flotasyon yönteminin çeşitli olumsuzlukları bulunmaktadır. Flüorür iyonun özellikle asit ortamlarda hem zehirli hem de aşırı korozif bir madde olup gerek yatırım gerekse işletme masraflarını olumsuz yönde etkilemektedir. Çevresel etkileri bakımından son derece zararlı olan HF kullanımı birçok ülkede sınırlandırılmıştır. Son yıllarda araştırmacılar flüorürsüz ortamda feldspat-kuvars flotasyonunu araştırmaktadırlar.

2.10.2.1 Fluorürün zararlı etkilerini azaltmaya yönelik çalışmalar

Hidroflorik asitten kaynaklanan zehirliliği azaltmak ve aynı zamanda da feldspat ürün kalitesini iyileştirmek için, katyonik toplayıcı ve HF ile koşullandırmasından sonra cevherin yüzdürme işleminde HF yerine HCl ya da H₂SO₄ kullanılmasını önermiştir [62]. Daha sonra feldspat minerallerinin tetradasil amin ile yüzdürülmeleri sırasında %85 NH₄F.HF ve %15 NH₄F içeren karışımın %30'luk çözeltisinin, eşdeğer miktardaki HF ile aynı etkiyi gösterdiğini öne sürmüştür [63].

2.10.2.2 Katyonik toplayıcılar ile feldspat-kuvars flotasyonu

Malghan (1981), HF kullanılmadan feldspat-kuvars flotasyonu için ticari isimleri Duomeen TDO ve Armac T olan toplayıcılar ile sülfürik asit kullanılmıştır [64]. Bu çalışmalarda kesikli flotasyon deneyleri yaparak, sülfürik asit varlığında toplayıcı olarak 'N'tallow 1.3-propilen daimin dioleat' kullanıp HF'siz olarak feldspat flotasyonu yapmıştır. HF'li flotasyonda ise toplayıcı olarak Armac T kullanmıştır. Malghan (1981) değişik kimyasal ve fiziksel kompozisyona sahip feldspat cevherine uyguladığı HF'li ve HF'siz flotasyon testleri sonuçlarını karşılaştırmıştır. Konsantre verimi ve tenörünün; besleme tane boyutuna, kondisyonlarına süresine, pülp yoğunluğuna, pH'ya, toplayıcı ve asit konsantrasyonuna ve kondisyonlama öncesi pülp Ph'sına bağlı değişimler incelenmiştir. Feldspat konsantresi tenörü ve verimi HF'siz flotasyonda oldukça yüksek olmasına karşın HF kullanılan yöntemle karşılaştırma yapıldığında verim ve tenör değeri %2-3 oranında daha düşüktür. Feldspat verimindeki bu azalmanın HF'siz yöntemin iri taneleri yüzdürmedeki yetersizliğinden, feldspatın tam serbestleşmemesinden ve bağlı tanelerin yüzdürmemesinden kaynaklandığı sanılmaktadır.

HF'siz yöntemde kullanılan amin türü toplayıcının feldspat flotasyonundaki soğurum mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır. Ancak, düşük toplayıcı derişimlerinde ve düşük pH'da toplayıcı feldspat yüzeyine soğurulurken kuvars yüzeyine soğrulmamaktadır. Feldspat yüzeyine olan bu yüksek soğurum intermoleküler ve iyonmoleküler komplekslerin oluşmasına bağlanmaktadır. Bu kompleksler minerale yüksek bir hidrofobiklik kazandırmaktadır. Burada oluşan iki fonksiyonlu kompleksler, kompleksleri oluşturan türlerden çok daha yüksek yüzey aktivasyonuna sahip olduğundan flotasyon verimini arttırmaktadır. Ancak, birincil ve ikincil aminin, oleik asitin ve buna karşılık gelen iyonların kararlı kompleksler oluşturma hipotezi araştırılmamıştır.

2.10.2.3 Anyonik toplayıcılar ile feldspat-kuvars flotasyonu

Flotasyonda kurşun nitrat ile birlikte Na-oleat kullanılarak feldspatın kuvarstan seçimli olarak ayrılabilirliğini araştırmıştır [65]. Flotasyonda %5-10 biyotit, %65-75 ortoklaz, %20-25 kuvars içeren cevher ile çalışılmıştır. Mikayı feldspat-kuvars flotasyonundan önce Wilfley laboratuvar ölçekli sallantılı masa ile ayırmıştır. Geriye kalan feldspat-kuvars numunesi bir miktar biyotit içermektedir. Biyotiti aynı kimyasalların daha az miktarda kullanımı ile ayırmıştır. Bu sırada az miktarda feldspat ve kuvars da biyotit ile birlikte yüzmüştür. Ardından kurşun nitrat ve Na-oleat miktarını artırarak feldspatı yüzdürmüş ve kuvarstan seçimli olarak ayırmıştır. Flotasyon çalışmalarını Gates ve Jacobsen tarafından tasarlanan bir hücrede ve 50 gr numune kullanılarak gerçekleştirmiştir.

Na feldspat ve K feldspatın kuvarstan flotasyonla zenginleştirilmesinde, anyonik toplayıcı olarak sabunlar, kuvarsi canlandırmak için pH 10,5-11,0'de CaCl_2 ve feldspatı bastırmak için de nişasta ve sülfite alkol kullanılmıştır. Bu yöntemle ekipmanları korozyona karşı korumak gerekmemekte ve atık suyun temizlenerek tekrar kullanılması amin-flüorür yöntemindeki atık suya göre çok daha kolay olmaktadır [66].

Bazı çok değerlikli metal katyonlarının varlığında kuvarsin ve feldspatın SDS ile flotasyonu üzerine çalışmışlardır [67,68]. Kuvarsin ve feldspattan ayrılması için yüksek pH'larda canlandırıcı olarak Ca^{+2} , Ba^{+2} ve Sr^{+2} gibi toprak alkali metalleri kullanılmasının teorik olarak mümkün olduğunu öne sürmüştür. Kuvarsin canlanma mekanizması hemimisel oluşumuna ve $\text{Ca}(\text{OH})\text{RSO}_3$ gibi nötr katyon sülfonat kompleksinin yüzeyde çökmesine bağlanmaktadır. Bu sistemde feldspatın bastırılması ise yüksek bazik ortamda feldspat yüzeyinde oluşan hidrate olmuş tabakaya bağlanmıştır [67,68].

2.10.2.4 Anyonik-katyonik toplayıcı karışımları ile feldspat-kuvars flotasyon

Flotasyonda anyonik ve katyonik toplayıcıların birlikte kullanılmasına ilişkin ilk patent Bunge tarafından alınmış ve primer amin veya primer amin tuzunun etoksitlenmiş veya propoksillenmiş yağ asidi, yağ amid veya yağ aminin koşullandırma sırasında birlikte kullanılmasını önermişlerdir [69].

Revnitsev and Peskov (1967), anyonik ve katyonik toplayıcıların karışımlarını kullanarak feldspat-kuvars ayrımını gerçekleştirmeye çalışılmıştır. Feldspatı, içerisinde bulunan safsızlıklardan temizlemek için, pülpu HClO veya onun tuzu ile koşullandırılmıştır [70].

Verheyden and Hartman (1972), amonyum ya da amin tuzlarının, ester sülfonatların, esteramin tuz sülfonotları karışımlarının veya amonyum ve amin sülfonat tuzları karışımlarının yüzdürmede kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir [71].

Katayanagi (1973), flotasyon reaktifin olarak petrol sülfonat ve yüksek molekül ağırlıklı alifatik amin tuzlarının karışımlarını kullanmıştır. Flotasyon, pH' nın ya H_2SO_4 ya da HCl ile 2,5 altına düşürüldüğü pülpe bu toplayıcı karışımı eklenerek yapılmaktadır. Bu yöntemin başlıca sakıncaları yüksek kimyasal madde maliyeti ve yüksek tenörlü feldspat cevherlerinden feldspatın yeterli verimlerle kazanılamamasıdır [72].

Katayanagi (1974), daha sonra aynı işlemin, pH değeri HCl kullanılarak 2'ye ayarlanmış ortamda, alkil sülfonik asit tuzları ile birlikte (yüksek alkil amin içeren ya da içermeyen) yüksek alkil-alkilen daimin karışımı kullanılarak da yapılabileceğini öne sürmüştür. Katayanagi, feldspatın HF'siz flotasyonundaki mekanizmaları açıklamak için yaptığı çalışmalarda, alifatik aminin yalnız başına feldspat yüzeyine soğurulmasının asit devrelerde flotasyonu sağlamak için yeterli olmadığını, petrol sülfonatın birlikte kullanılmasının toplayıcı soğurumunu pekiştirerek feldspat flotasyonunu sağladığını belirlemiştir [73].

Hanumantha and Forsberg (1993), ayırımda katyonik ve anyonik toplayıcıların karışımlarının sistem üzerindeki etkisini, yüzey gerilimi ve zeta potansiyeli ölçümleri ile flotasyon testleri yaparak belirlemeye çalışmıştır. Sonuçlar, yükleri nötralize etmek için zıt yüklü toplayıcı iyonlarının bir araya gelerek molekül kompleksleri oluşturduklarını göstermektedir. Bu molekül komplekslerini oluşturan moleküllerin her birinin yüzey aktifliği, bunların bir araya gelerek oluşturduğu molekül komplekslerinin yüzey aktifliğinden daha düşüktür. Molekül komplekslerini oluşturan bileşenlerin mol oranları flotasyonda büyük önem taşır. Eğer kullanılan anyonik toplayıcının mol miktarı, katyonik toplayıcının mol miktarından küçük ise flotasyon verimi artar. Eğer kullanılan anyonik toplayıcının mol miktarı, katyonik

toplayıcının mol miktarından büyük ise o zaman flotasyon gerçekleştirilememektedir. Flotasyonda seçimlilik, temel olarak pH 2’de feldspat ve kuvars arasındaki doğal yüzey yükü farklılığına bağlıdır. Toplayıcı karışımlarının bu mineraller üzerinde adsorblanma davranışlarına bağlı olarak zeta potansiyeli ölçümü ve flotasyon testleri sonuçları değişmektedir [74].

Liu et al., (1993), feldspat-kuvars ayırımında yeni bir flotasyon tekniği olan, çift koşullandırılmalı flotasyon işlemini araştırmıştır. Bu yöntem hafif asidik ortamda (pH=5-6), feldspatı kuvarstan etkili bir biçimde ayırmayı sağlamaktadır. Birinci koşullandırma aşamasında, sodyum heksamerfosfat varlığında, Na oleat feldspatın selektif olarak yüzmesini sağlamaktadır. Feldspat-kuvars ayırımının ikinci aşamasında dodesilamin hidroklorür toplayıcı olarak kullanılmaktadır. Flotasyon testlerinin sonuçları saf minerallerde olduğu gibi bunların yapay karışımlarında da olumlu sonuçlar vermiştir [75].

Sousa et al. (1997), feldspatlar üzerinde pH düzenleyici olarak HF veya H₂SO₄ kullanılmış ve her iki yöntemi karşılaştırmıştır. Amin asetat türü bir toplayıcı olan Armoflote 820 ve Armoflote 523’ü denemiştir. Armoflote 820 ile HF’li, Armoflote 523 ile de H₂SO₄ flotasyonu gerçekleştirmiştir. HF’li yöntemde Al₂O₃ tenörü %17.6 iken HF’siz yöntemde %16.1 olarak tespit edilmiştir. Verimler karşılaştırıldığında H₂SO₄ kullanılan yöntemin daha az verimli olduğu görülmüştür. Ancak HF’li yöntemin yarattığı çevre problemleri düşünüldüğünde H₂SO₄ kullanılan yöntemin daha yararlı olduğu sonucuna varılmıştır [76].

Shehu and Spaziani (1999), düzenleyici olarak EDTA (etildiamintetraasetat) kullanılarak feldspat ve kuvarsın flotasyonla birbirlerinden ayrılabilirliklerini araştırmışlardır. Toplayıcı olarak alkil-1.3-propandiamin tuzları 2-propanol (PDP) ile petrol sülfonatu (PS) kullanmışlardır. Flotasyonda EDTA’nin kuvars bastırıcı bir etkiye neden olduğu anlaşılmıştır. Çalışmanın sonunda EDTA kullanıldığında Ph 2’de ve katyonik-anyonik toplayıcı oranı 3:1 olduğunda feldspat ve kuvarsın ayrılabilirliği belirlenmiştir [77].

Kalyon ve Gülsoy (2005), feldspat-kuvars flotasyonunda HF kullanılmayan yöntemleri karşılaştırmışlardır. Bu çalışmalarında HF kullanılan yöntemi ve HF’siz yöntemlerden katyonik, anyonik, anyonik-katyonik toplayıcı karışımları kullanılarak yapılan flotasyon yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak en iyi sonucu HF kullanılarak yapılan feldspat-kuvars flotasyonunda elde etmişlerdir. HF’siz yöntemler içerisinde ise en iyi sonucu pH 1,75-2’de Duomeen TDO kullanılan anyonik-katyonik toplayıcı karışımında elde etmişlerdir. Bu sonuçlara göre %5.49 K₂O, %1.27 Na₂O tenörlü cevherden %10.27 K₂O, %2.42 Na₂O tenörlü konsantreyi %66.18 K₂O ve %67.42 Na₂O verim ile elde ettiklerini bildirmişlerdir [78].

2.10.2.5 Noniyonik toplayıcılar ile feldspat-kuvars flotasyonu

El-Salmawy (1993), kuvars ve feldspatın flotasyon davranışlarını incelemek için iyonik olmayan bir toplayıcı olan setiletherpolioksietilen ($C_{16}H_{33}(OCH_2CH_2)_{20}OH$) (ticari ismi Brij 58)'i kullanmışlardır. Ayrıca bu toplayıcının katı sıvı ara yüzeyine adsorplanmasının etkisi de araştırılmıştır. Sonuçlar, kuvarsın maksimum oranda yüzmesi için oldukça düşük konsantrasyonda toplayıcı kullanılmasının yeterli olduğunu göstermektedir. HCl ile liç yapıldıktan sonra feldspat flotasyonu sonucunda feldspatın flotasyon davranışının kuvarsın flotasyon davranışına yaklaştığı görülmüştür. Feldspat yüzeyi üzerindeki alkali katyonların uzaklaştırılmamasının, feldspat yüzebilirliği üzerinde etkisi bu çalışmada ortaya çıkarılmıştır[79].

El-Salmawy (1997), sodyum oleat ile birlikte iyonik olmayan bir toplayıcı olan oksietilenik alkil fenol ($(C_8H_{17}-C_6H_4-(OCH_2CH_2)_n-OH)$ n=9-10) diğer adıyla Triton X100'ü kullanılarak kuvars ne mikroklin ayrımı üzerine çalışmıştır. İyonik olmayan toplayıcı kullanılarak yapılan flotasyonda ilave edilen az miktarda Na-oleat etkisi incelenmiştir. Bu durumda kuvarsın yüzebilirliği artarak geniş bir pH aralığına yayılırken mikroklin yüzmemiştir. Yüksek dozda Na-oleatın kullanıldığında ise Na-oleat katı-sıvı ara yüzeyine adsorblanarak misel oluşumuna neden olmaktadır [80].

2.11 Na- K ayrımı İçin Yapılan Çalışmalar

Na-Feldspat ile K-Feldspatın seçimli ayırma konusunda Manser (1975) şu görüşleri ortaya koymaktadır [19].

- Mikroklin ve albitin, zengin olarak bulunukları kayalardan ayrı ayrı kazanılmaları nedeniyle birbirlerinden ayrılmalarına gerek yoktur.
- Plajioklaslar, sodyum ve potasyumlu feldspatlara oranla daha zor yüzdüklerinden kaba yüzdürme devrelerinden çok süpürme devrelerinde elde edilmektedirler.
- Plajioklaslardan albit, HF ile kalsiyumlu feldspata oranla daha kolay canlandırılabilir.

Yanis ve Gorelik (1973) mikroklin ve albit üzerine amin konsantrasyonuna bağlı çözeltilerde yaptıkları adsorpsiyon çalışmalarında;

- Aynı şartlarda mikroklin üzerine albite nazaran daha az amin adsorplandığını fakat mikroklinin yüzebilirliği daha fazla olduğunu,
- Yüksek potasyum içerikli feldspatların daha az ıslanabilir olduğunu ancak çok yakın kimyasal içerik ve kristal yapıya sahip olan farklı feldspatlardan kollektörler

varlığında, K-Feldspatı (mikroklin) Na-Feldspatlardan veya plajioklaslardan ayırmanın zor olduğunu,

- Amin ile yüzdürmede K^+ iyonunun potasyumlu feldspatlar için, Na^+ ile Ca^{+2} iyonlarının da sodyumlu feldspatlar için bastırıcı etki gösterdiklerini bulmuşlardır.

Revnicev vd., (1968) kimyasal bileşim olarak saf feldspatla aynı olan sentetik cam flotasyonunda K^+ , Rb^+ , Cs^+ ve Ba^{+2} iyonlarıyla potasyum alümina silikatları, Ca^{+2} , Na^+ , Sr^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarıyla da sodyum ve kalsiyum alümina silikatları bastırdıklarını öne sürmüşlerdir. Dolayısıyla kristal yapıdaki aynı iyonlar (Albit için Na^+ ve Mikroklin için K^+) selektiviteyi düşürmekte, buna karşılık NaCl çökeltisinde Mikroklin ve KCl çözeltisinde albitin selektivitesi hızlı ve etkili bir şekilde artmaktadır [84].

Ociepa'nın (1994) Polonya feldspatları üzerine yapmış olduğu çalışma sonuçları şöyledir;

- Amin konsantrasyonuna bağlı zeta potansiyel ölçümlerinde mikroklinin daha hızlı ve daha fazla etkilenecek negatifliğinin azaldığını, albit ile oligoklazın ise fazla etkilenmediğini (Na-Feldspat yüzeylerinde amin iyonlarının düşük reaksiyon gösterdiği) bulmuştur.
- pH= 5,8' de mikroklinin albite oranla amin konsantrasyonuna bağlı olarak daha iyi yüzdüğünü bulmuş, bunu şöyle açıklamıştır;
 - Potasyum, sodyum ve kalsiyum iyonlarının feldspat yüzeylerinde hidrasyon farklılıkları,
 - Potasyum katyon çapı ile RNF_3^+ amin iyon polar gruplarının çapının hemen hemen aynı olması ve bu yüzden potasyum katyonlarının yerine RNH_3^+ amin polar gruplarının geçmesi ve K-Feldspatın daha yüksek yüzme yeteneğine sahip olması sağlamaktadır.
- Hava kabarcığı-feldspat tane konfigürasyonunun dayanıklılığının sadece dodesilamin hidrokloride çözeltisine bağlı olmadığını aynı zamanda NaCl ve KCl çözeltilerine, feldspatların kimyasal içeriklerine ve kristal yapılarına bağlı olduğunu iddia etmiştir [85].

Ayrıca, 1980 yılında alınan bir Sovyet patenti (Yanis, 1968) cevherin HF ortamında katyonik bir reaktif ile kıvamlandırılmasından sonra Na-K Feldspatların yüzdürüldüğünü ve bu süreçte seçimliliğin, katyonik bir reaktifin daha önceden cam suyu (sodyum silikat) ile 2,5:1 ile

20:1 oranında karıştırılması ile arttığını belirtmektedir. Ancak buradaki seçimliliğin feldspat mineralleri ile kuvars arasında olduğu sanılmaktadır [86].

Bayraktar ve diğ. (1999) Manisa, Demirci, Gördes yöresinden aldıkları pegmatitik cevherle yapmış oldukları çalışmalar sonucunda, K-Feldspatı Na- Feldspattan ayırarak bir akım şeması önermişlerdir. Bu akım şemasına göre önce mika ve oksit flotasyonu yapılmakta, sonra renk verici empüritelere arındırılmış cevherden K-Feldspatı yüzdürmek için, pH= 2,5' da HF, NaCl (5-20 g/l) ve amin (50-150 g/l) kullanılmaktadır. Daha sonra aynı miktardaki amin ile Na-feldspat kazanılarak kuvarstan ayrılmaktadır. Bu yöntemle %4,8 K₂O ve %2,40 Na₂O içeren cevherden %13,10 K₂O ve %3,30 Na₂O içeren K-Feldspat konsantresi ile %6,40 Na₂O ve %4,70 K₂O içeren Na-Feldspat konsantresi elde etmişlerdir. Şekil 2.5'te Bayraktar tarafından önerilen akım şeması verilmiştir [87].

Demir (2001) Na Feldspat ile K-Feldspatı seçimli olarak birbirinden ayırmış ve şu görüşleri ileri sürmüştür;

- Na⁺ ve K⁺ iyonları kullanarak yapılan zeta potansiyel çalışmalarında, albit ve mikroklin kafes yapısındaki ortak iyonların albit ve mikroklinin negatif yüzey yükünü düşürmekte, zıt iyonların minerallerin yüzey yüklerinde değişiklik yapmamakta ve bu durumda iyon değiştirme mekanizması gerçekleşmemektedir.
- NH₄ iyonları albitin yüzey potansiyelini düşürmekte, Li iyonları ise her iki mineralin de zeta potansiyeline etki etmemektedir. Ayrıca Mg, Ca, Sr, Ba ve Al iyonları artan miktarlarıyla beraber her iki mineralin yüzey yükünü mutlak değer olarak düşürmekte ve pozitif değerlere getirmektedir.
- 5x10⁻²M NaCl konsantrasyonunda ve 0,267mg/lit G-TAP miktarında albit ve mikroklin arasındaki maksimum seçimlilik elde edilmektedir. Aynı miktar KCl ve G-TAP varlığında seçimlilik sağlanamamakta, hatta KCl her iki mineral için bastırıcı etki göstermektedir. İlginç olanı ise albit üzerinde bu etkinin daha fazla olması nedeniyle K⁺ iyonlarının seçimli flotasyon da kullanılamayacağını iddia etmesidir.
- Nötr pH, florürlü (F⁻) ortam ve 5x10⁻²M NaCl konsantrasyonunda yapılan adsorpsiyon çalışmalarında mineral yüzeyine adsorplanan G-TAP miktarında bir maksimum ve minimum tespit edilmiştir.

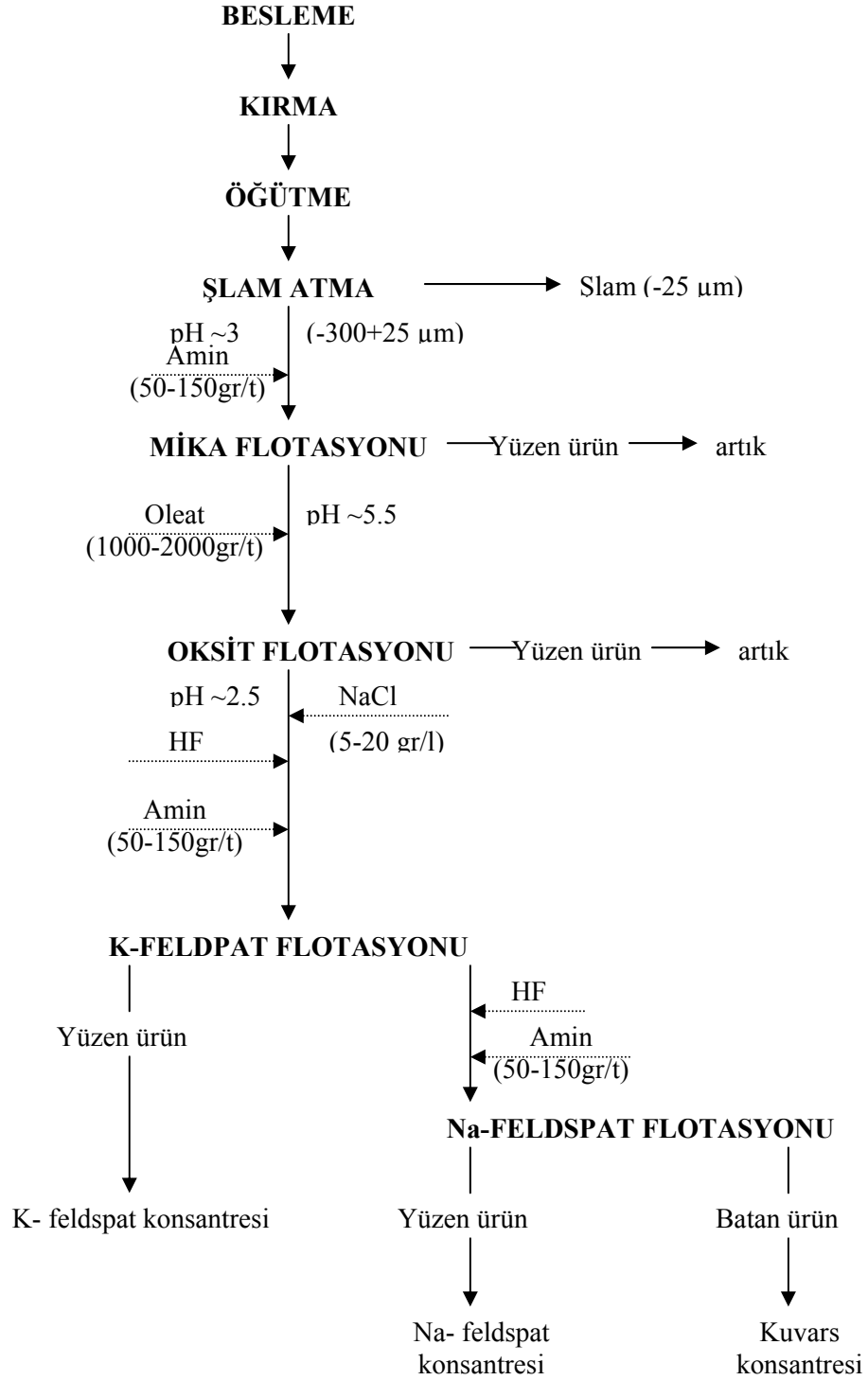
Demir tarafından yapılan aynı çalışmada, doğal pH' da albit mikroklin seçimli ayrılmasında Ca⁺² ve Ba⁺² iyonlarının etkisi incelenmiştir. Ca⁺² iyonları albiti bastırırken, mikroklin üzerinde etkili olmamıştır. Ba⁺² iyonları ise her iki mineral üzerinde etki

göstermemiştir. Dolayısıyla sadece Ca iyonlarının seçimli flotasyonda kullanılabilceği önerilmektedir. Denver tipi flotasyon hücrelerinde yapılan deneylerde hem doğal pH' da hem de HF içeren düşük pH'lar da Na iyonları varlığında, seçimli olarak K-Feldspat ile Na-Feldspat ayrılmıştır [88].

Gülgönül (2004) Na Feldspat ile K Feldspatın seçimli olarak birbirinden ayrımı konusunda yapmış olduğu çalışmada;

Yapılan çözünürlük ölçümlerinde, saf su varlığında mikroklinde çözeltiye geçen K^+ iyon miktarları ile albitten ortama geçen Na^+ iyon miktarlarının birbirine eşit olduğu, albitten ortama geçen K^+ iyon miktarlarının mikroklinde çözeltiye geçen Na^+ iyon miktarlarından fazla olduğu bulunmuştur.

Mikroklin ve albitten ortama geçen zıt iyon miktarlarının NaCl ve KCl konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı ve bu artışların saf su değerlerine nazaran 10 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu da çözeltideki iyonların mikroklin veya albittteki zıt iyonlar ile yer değiştirdiğini göstermektedir. [89].



Şekil 3.1 K-feldspat zenginleştirme akım şeması.

Yapılan çözünürlük ölçümleri sonucunda albit ve mikroklinin K_2O ve Na_2O içeriklerine bağlı olarak saf su ve tuz ($NaCl$, KCl , $LiCl$, NH_4Cl ve $CaCl_2$) ortamında çözeltiye verdikleri Na^+ ve K^+ iyon miktar sıralamalarının;

albitten ortama geçen Na^+ iyon miktarları;

$CaCl_2 > KCl > LiCl = NH_4Cl > Saf Su$

albitten ortama geçen K^+ iyon miktarları;

$NH_4Cl > NaCl > CaCl_2 > LiCl > Saf Su$

mikroklinden ortama geçen Na^+ iyon miktarları:

$CaCl_2 > LiCl = KCl = NH_4Cl > Saf Su$

ve mikroklinden ortama geçen K^+ iyon miktarları:

$NH_4Cl > LiCl = CaCl_2 = NaCl > Saf Su$

şeklinde olduğu ve Ca^{+2} iyonunun her iki mineralden en fazla Na^+ iyonunu, NH_4^+ iyonunun ise K^+ iyonunu çözeltiye geçirdiği bulunmuştur.

Na^+ ve K^+ iyonları kullanılarak yapılan adsorpsiyon deneyleri sonucunda albit ve mikroklinin kristal kafeslerindeki zıt iyonların iyon değiştirme, benzer iyonların ise iyon adsorpsiyonu şeklinde adsorplandığı bulunmuştur. Ayrıca albit/ KCl ve mikroklin/ $NaCl$ sistemlerinde etkin olan iyon değiştirme mekanizmasının varlığı desorpsiyon deneyleri ile desteklenirken mineral yüzeylerinde var olan diğer iyonların da mekanizmada etkin olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Yapılan zeta potansiyel çalışmalarında albit, mikroklin ve ortoklaz mineralleri için sıfır yük noktaları bulunamamıştır. Ayrıca bu minerallerin Na_2O ve K_2O içerikleri yüzey yük değişimlerini direk etkilemediği, kristal kafeslerindeki K ve Na 'nın yerine Ca , Ba gibi katyonların geçtiği ve dolayısıyla yüzey yüklerini etkilediği belirlenmiştir. İyon varlığında yapılan yüzey yük ölçümlerinde, albit ve mikroklin için 1×10^{-2} M tuz konsantrasyonu kritik bir değer olurken yüzey yükleri, bu konsantrasyona kadar sabit kalarak iyon değiştirmeyi, bu konsantrasyondan itibaren sıfıra yaklaşarak da iyon adsorpsiyonunun var olduğunu göstermektedir.

Farklı Na_2O ve K_2O içeren mikroklin ve ortoklaz numuneleri ile yapılan zeta potansiyel ölçümlerinde Na_2O ve K_2O içeriklerinin yüzey yük değişimlerini direk etkilemediği ortaya çıkmıştır.

Çok değişik yörelerden alınan farklı kimyasal ve mineralojik içeriğe sahip mikroklin ve ortoklaz numuneleriyle yapılan mikroflotasyon deneyleri sonucu; düşük amin konsantrasyonlarında tüm minerallerin aynı flotasyon verimleri ile yüzdüğü, ancak 0.1 mg/l G-TAP miktarından itibaren flotasyon verimlerinde farklılaşmalar meydana geldiği ve her numunenin değişik yüzme eğilimine sahip olduğu bulunmuştur. Bu farklı yüzebilirlik yetenekleri, tek değerlikli tuzlarla yapılan deneylerde de iyon değiştirme ile açıklanmaktadır. Yine albitin yüzey yükünün tek değerlikli iyonlar varlığında mikrokline oranla daha negatif olması nedeniyle bu iyonların varlığında albitin yüzme veriminin mikrokline oranla daha fazla düştüğü görülmüştür.

Yüzey karakterizasyonu için yapılan ESCA yüzey ve SEM/EDS prob analizleri ile yaş analizler arasında büyük farklılıklar meydana gelmiştir. Bu farklılıkların mikroklin yüzeylerinde Cu, Mn, Ba, Cr, Fe, ve Ni içeren empüritelerin varlığına bağlı olduğu SEM görüntüleri ile desteklenmiştir. Ayrıca bu empüritelerin öğütme ortamından gelmediği, tane yüzeylerinde biriktiği, leke ve/veya benek şeklinde ve büyük bir olasılıkla silikat minerali (Ni, Cr, Cu gibi) veya mika türü empürite olabileceği ileri sürülmüştür.

Yapılan çözünürlük, adsorpsiyon, desorpsiyon, zeta potansiyel ve mikroflotasyon deneyleri ile yaş kimyasal, ESCA yüzey ve SEM/EDS prob analizleri sonucu, Na ve K Feldspatların selektif ayrılmasının birincil derecede yüzeylerinde var olan empüritelere bağlı olduğu bulunmuştur. Bu empüriteler tanelerin zayıf yüzeyleri boyunca oluşan kırılmalar sonrası flotasyon ortamına girerek şartları değiştirmektedirler. Bu bağlamda Na ve K Feldspatın seçimli ayrımı için yaş analizlerinin yeterli olmadığı, bunun yanında ESCA yüzey ve SEM/EDS prob analizlerinin de yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu sonuçlar uygulamada her cevher sisteminin kimyasal analizlerinin yanı sıra ESCA yüzey ve SEM/EDS analizlerinin yapılarak optimum ayırma stratejisinin önemini vurgulamaktadır.

Günümüzde saf veya safa yakın Na-Feldspat veya K-Feldspat yatakları tükenmiş olup, Na-Feldspat veya K-Feldspatın birlikte bulunduğu rezervlerin işletilmesi söz konusudur. Dolayısıyla Manser'in ilk görüşü güncelliğini yitirmiştir. Dünya ve özellikle ülkemiz Na ve K-feldspatın beraber bulunduğu çok geniş maden yataklarına sahiptir. Ayrıca teknolojinin gelişmesi ve üretilen ürünlerde belli standartların istenmesi bu rezervlerin değerlendirilmesini

zorunlu kılmaktadır Ancak feldspat minerallerinin fiziksel, kimyasal ve fiziko-kimyasal özelliklerinin birbirine yakın olması selektif ayrımı zorlaştırmaktadır.

Bu amaçla, Demir (2001) tarafından “Sodyum ve Potasyum Feldspatların Flotasyonla Ayrılmasında İnorganik Tuzların Etki Mekanizması” adlı doktora tezi kapsamında, özellikle tek değerlikli inorganik tuzların optimum ayırma şartlarının tesbitine çalışılmış ve etki mekanizması ile ilgili önemli ipuçları elde edilmiştir. Gülgönül (2004) tarafından “Sodyum ve Potasyum Feldspatların Katyonik Flotasyon Yöntemiyle Ayrımında Tek ve Çift Değerlikli İyonların Etki Mekanizmaları” adlı doktora tezi kapsamında ise, özellikle mineral yüzeylerinde tespit edilen empüritelerin flotasyonu etkilediği ortaya konulmuştur. Ancak bu ayırmanın yüzey kimyası açısından detaylarının ortaya konulması ve pratik cevherlerden bu minerallerin kazanılmasına yönelik araştırmanın yapılması gereklidir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Deneyisel çalışmalarda Aydın Çine yöresinde faaliyette bulunan Kaltun Madencilige ait ocaklardan alınan altere gnays cevheri kullanılmıştır. Ocaktan getirilen cevher doğal halde -4mm boyutu altında olup içerisinde kil ve toprak içerdiği için deneyisel çalışmalar öncesinde yıkama ve dağıtma yapılarak -45 mikron kısmı uzaklaştırılmış ve ardından +45 mikron cevher (+2. -2+1. -1+0.5. -0.5+0.25. -0.125mm) boyutlandırılmıştır. +2mm cevher merdaneli kırıcıdan geçirilerek boyutu -2mm altına indirilerek (-2+1, -1+0.5. -0.5+0.25. -0.25mm) tekrar boyutlandırılmıştır. Boyuta göre sınıflandırılan numunelerin her biriyle yüksek alan şiddetli kuru permoll tipi manyetik ayırıcı ile manyetik zenginleştirme deneyleri yapılarak cevher içerisinde yer alan ve amnyetik duyarlılığı yüksek olan renkli empriteler uzaklaştırılmaya çalışılmıştır.

Çizelge 3.1 Boyuta göre sınıflandırılan numuneler

Boyut Aralığı (mm)	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	Fe ₂ O ₃
-2+1	5.43	4.974	69.48	0.39
-1+0.5	2.41	4.228	68.39	0.34
-0.5+0.25	2.22	3.78	62.83	0.35
-1+0.125	5.44	4.133	60.02	0.38

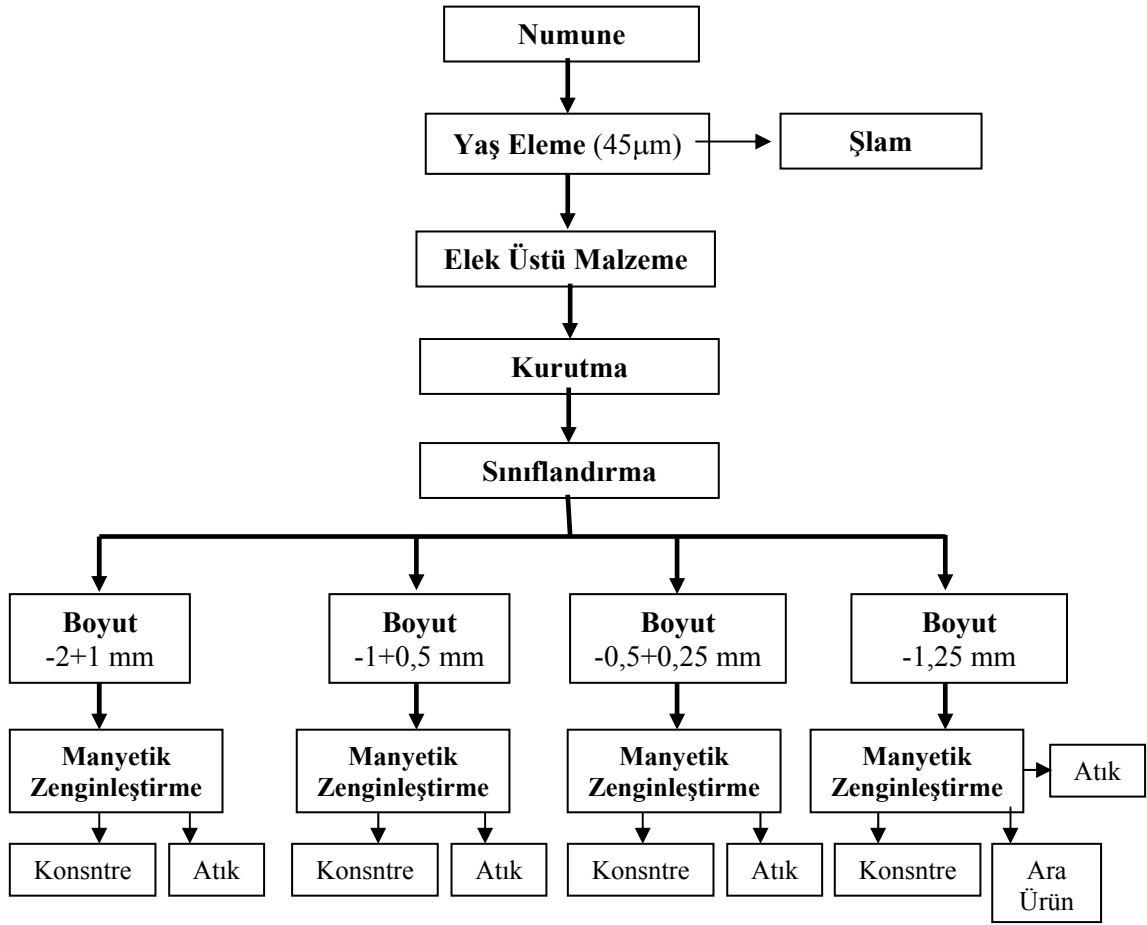
Manyetik zenginleştirme ile minimum demir içeriği sağlandıktan sonra flotasyon çalışmalarına geçilmiştir. Flotasyon deneyleri Denver tipi 1 lt hücrede şamlı da %20. şlamsızda %15 pülpte katı oranında yapılmıştır. Flotasyon işlemlerinde pH 2.5-3 arasında HF kullanılarak feldspat canlandırılıp yüzdürülerek, kuvarsında bastırılmasıyla feldspat kuvars ayrımı yapılmıştır. Buradan elde edilen feldspat konsantresine NaCl ilave edilerek Na ve K Feldspat ayrılmaya çalışılmıştır. Optimum flotasyon koşulları ticari olarak yaygın kullanılan GTAP ve ARMAC TD ile belirlenmiştir. Daha sonra ise ARMEEN DMCD, PROMOPET, ETHONEEN C112, DUOMEEN T, ARMEEN 312, ARMEEN 12D, DUOMEET T reaktiflerinden yararlanılmıştır. Elde edilen Na ve K konsantrelerinin renklerini görmek amacıyla 1260°C'deki fırında 45 dk pişirilerek renklerine bakılmıştır.

4. DENEYSEL YÖNTEM

Bu tez kapsamında, ilk aşamada manyetik zenginleştirme ile altere gnays cevherinden manyetik duyarlılığı olan renkli mineral yüzdesinin en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Ardından Flotasyon çalışmalarına geçilerek kuvars feldspat ayırımı için optimum HF, kolektör (GTAP) konsantrasyonu belirlenmiştir. Kuvars feldspat flotasyonu sonrası elde edilen feldspat konsantrasyonundan tuz (NaCl) kullanılarak Na ve K Feldspat ayırımı gerçekleştirilmiştir. Tüm bu çalışmalar sonrası ticari farklı cinslerin Na-K Feldspat ayırımına olan etkisi araştırılmıştır.

4.1 Manyetik Zenginleştirme Çalışmaları

Tüm deneysel çalışmalarda Aydın Çine yöresinde faaliyette bulunan Kaltun Madencilik'e ait ocaklardan alınan altere gnays cevheri kullanılmıştır. Ocaktan getirilen cevher doğal halde -4mm boyutu altında olup içerisinde kil ve toprak içerdiğinden deneysel çalışmalar dağıtma ve yıkama yapılarak -45 mikron kısım uzaklaştırılmış ve ardından +45 mikron cevher (+2, -2+1, -1+0.5, -0.5+0.25, -0.25mm) boyutlandırılmıştır. +2mm cevher merdaneli kırıcıdan geçirilerek boyutu -2mm altına indirilerek (-2+1, -1+0.5, -0.5+0.25, -0.25mm) tekrar boyutlandırılmıştır. Boyuta göre sınıflandırılan numunelerin her biriyle yüksek alan şiddetli kuru permoll tipi manyetik ayırıcı ile manyetik zenginleştirme deneyleri yapılarak cevher içerisinde yer alan ve manyetik duyarlılığı yüksek olan renkli empüriteler uzaklaştırılmaya çalışılmıştır. Manyetik zenginleştirme deneyleri Şekil 4.1'akım şemasına uygun olarak yapılmıştır. Zenginleştirme sonrası elde edilen ürünlerin miktarları ve yüzdeleri Çizelge 4.1'de görülmektedir.



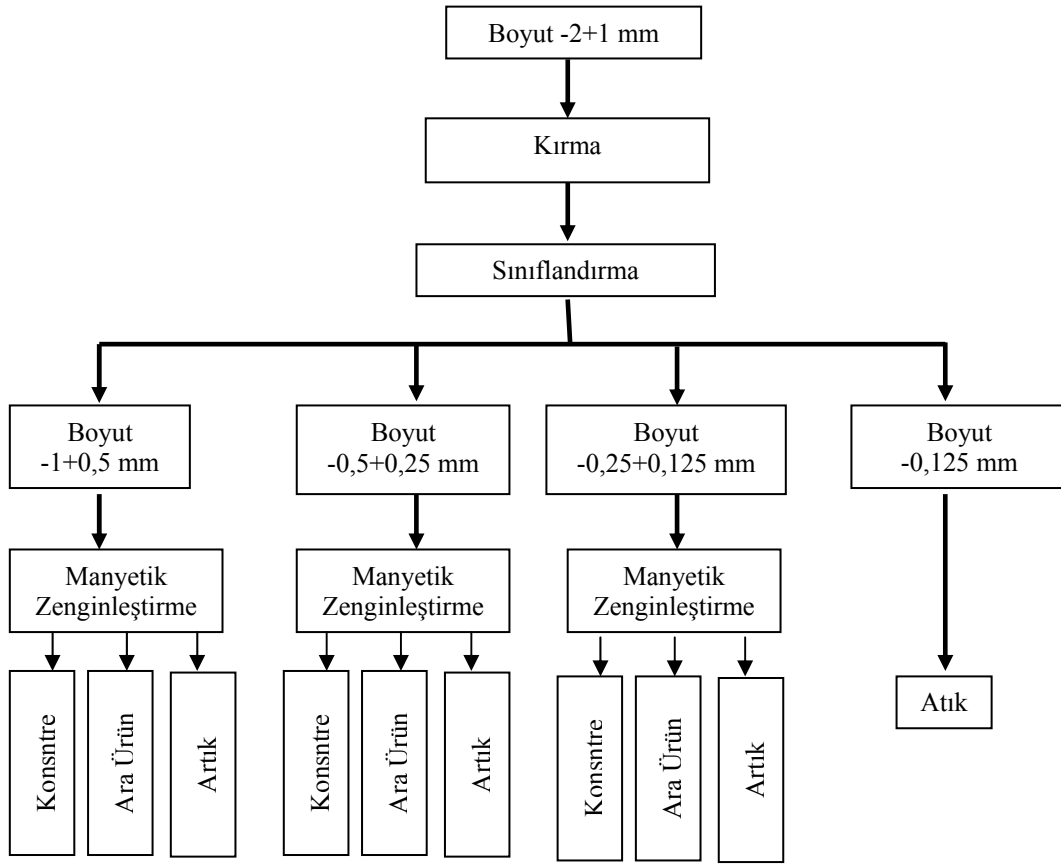
Şekil 4.1 Manyetik zenginleştirme akım şeması

Manyetik ayırma sonucu elde edilen veriler şöyledir:

Çizelge 4.1 Manyetik zenginleştirme verileri.

Kırılmadan Önceki Ürünler						
Boyut (mm)	Ürünler	Bıçak aralığı	Devir	Miktar (g)	Miktar (%)	Miktar (%)
-2+1	Konsantre	90 ⁰	30	4892	84.62	12.69
	Artık	90 ⁰	30	889	15.38	2.31
	Toplam	–	–	5781	100	15
-1+0.5	Konsantre	91 ⁰	30	2233	83.45	5.79
	Artık	91 ⁰	30	443	16.55	1.15
	Toplam	–	–	2676	100	6.94
0.5+0.25	Konsantre	99 ⁰	30	3437	74.28	8.92
	Artık	99 ⁰	30	1190	25.72	3.09
	Toplam	–	–	4627	100	12.01
-0.25	Konsantre	105 ⁰	75	3008	58.02	7.80
	Ara Ürün	105 ⁰	75	1237	23.86	3.21
	Artık	75 ⁰	75	939	18.11	2.44
	Toplam	–	–	5184	100	13.45
Kırılmadan Sonraki Ürünler						
-2+1	Konsantre	90 ⁰	30	7183	91.17	18.63
	Artık	90 ⁰	30	696	8.83	1.81
	Toplam	–	–	7879	100	20.44
-1+0.5	Konsantre	94 ⁰	30	4592	94.39	11.91
	Artık	94 ⁰	30	273	5.61	0.71
	Toplam	–	–	4865	100	12.61
0.5+0.25	Konsantre	99 ⁰	30	3678	94.40	9.54
	Artık	99 ⁰	30	218	5.60	0.57
	Toplam	–	–	3896	100	10.11
-0.25	Konsantre	105 ⁰	75	2337	64.20	6.06
	Ara Ürün	120 ⁰	75	404	11.10	1.05
	Artık	120 ⁰	120	899	24.70	2.33
	Toplam	–	–	3640	100	9.44
	G.Toplam	–	–	38548	–	100

-2+1mm boyutundaki malzeme flotasyon koşullarına uygun olmadığından (iri kaldığından) çeneli kırıcıda kırılıp tekrar sınıflandırma (-1+0.5, -0.5+0.25, -0.25+0.125, -0.125) işlemine tabi tutulmuştur. Sınıflandırılan numunelere ayrı ayrı manyetik ayırma gerçekleştirilerek demirli safsızların uzaklaştırılması amaçlanmıştır.



Şekil 4.2 -2+1 mm boyutundaki malzemenin sınıflandırıldıktan sonraki manyetik zenginleştirme genel akım şeması.

Çizelge 4.2 -2+1 mm boyutundaki malzemenin sınıflandırıldıktan sonraki manyetik zenginleştirme verileri:

Boyut (mm)		Bıçak açıklığı	Miktar (g)	Miktar (%)	
-1+0.5	Konsantre	-2.5°	1891	62.43	16.74
	Ara ürün	0°	844	27.86	7.47
	Artık	0°	294	9.71	2.603
	Toplam	–	3029	100	26.82
-0.5+0.25	Konsantre	2.5°	2922	63.38	25.87
	Ara ürün	10°	689	14.95	6.11
	Artık	10°	999	21.67	8.85
	Toplam	–	4610	100	40.82
-0.25+0.125	Konsantre	7.5°	1377	67.20	12.19
	Ara ürün	7.5°	518	25.28	4.59
	Artık	7.5°	154	7.52	1.36
	Toplam	–	2049	100	18.14
-0.125	Artık	–	1606	–	14.22
	G. Toplam	–	11294	–	100

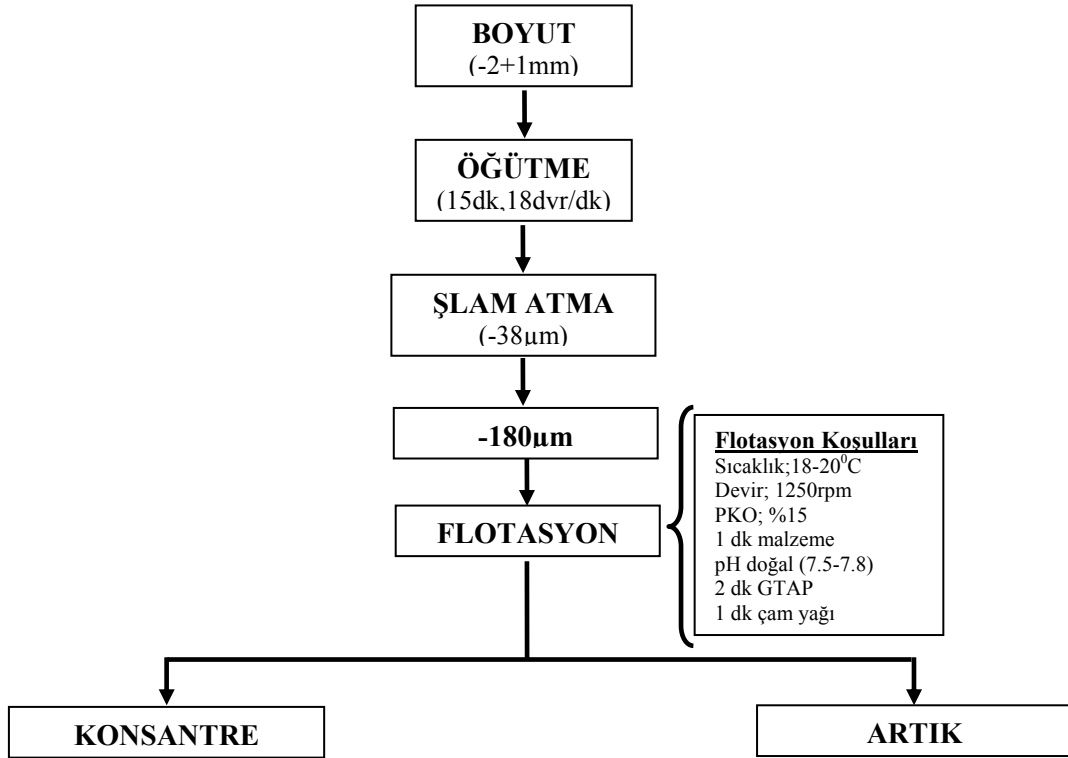
4.2 Flotasyon Çalışmaları

Flotasyon çalışmaları öncesi manyetik zenginleştirme konsantrelerinin boyutu flotasyon boyutu olan -180 mikrona seramik bilyalı değirmende %50 pülpte katı oranında 15 dakika öğütülmüştür. Öğütme sonrası şlam etkisini minimize etmek için -38 mikrondan malzeme elenerek sistemden uzaklaştırılmıştır. Çünkü şlam feldspat flotasyonunu negatif olarak etkilemektedir. Bu etki Karagüzel, 2005 tarafından yapılan doktora çalışmasıyla ortaya açık bir şekilde konmuştur. Flotasyon deneyleri 1 litrelik Denver flotasyon hücresinde 1250 dvr/dk sabit karıştırma hızında yapılmıştır. Köpük alınırken flotasyon hava musluğu tamamen açık bırakılmıştır. Konsantre köpük boşalınca kadar devam edilerek alınmıştır. Flotasyon deneylerinde kuvars-feldspat ayırımı HF'li ortamda pH 2.5-3 arasında farklı amin türü kolektörler (GTAP, ARMAC T, ARMEEN DMCD, PROMOPET, ETHONEEN C112, DUOMEEN T, ARMEEN 312, ARMEEN 12D, DUOMEET T) kullanılarak yapılmıştır. Deneylerde köpürtücü olarak çam yağı kullanılmıştır. Kullanılan çam yağı 0.0139625 g'dır. Alınan feldspat konsantresinden Na-K Feldspat ayırımı için NaCl tuzu kullanılmıştır ve bu esnada pH 2.5-3 arasında sabit tutulmuştur. Deneylerde ortam pH'sının 2.5-3 arasında ve HF kullanılarak yapılma nedeni bu pH'da kuvarsin bastırılıp feldspatın HF'le canlandırılmasıdır.

4.2.1 Toplayıcı olarak GTAP kullanılan flotasyon deneyleri

4.2.1.1 Manyetik zenginleştirme uygulanan ve manyetik zenginleştirme uygulanmayan flotasyon deneyleri

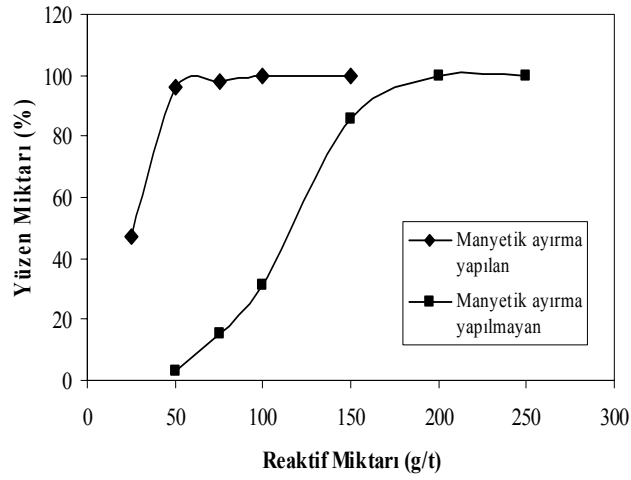
Feldspat-kuvars flotasyonunda manyetik ayırmanın önemini vurgulamak amacıyla Şekil 4.3'teki akım şemasına uygun olarak aynı boyut aralığına sahip manyetik ayırma yapılmış ve manyetik ayırma yapılmamış numunelerden alınan 200g malzeme ile flotasyon deneyleri yapılmıştır. Flotasyon deneyleri öncesi -180 mikron altına öğütülen malzemeden şlam -38µm'den uzaklaştırılmıştır. Yapılan bu flotasyon çalışmalarında doğal pH'da (pH=7,58-7.90) çalışılmış olup, feldspat-kuvars ayırımı için HF amin kullanılmamıştır. Kademeli olarak GTAP ile gerçekleştirilen bu çalışmanın verileri Çizelge 4.3 ve Şekil 4.4'te gösterildiği gibidir. Feldspat kuvars ayırımında manyetik zenginleştirme yapılmayan deneyde reaktif tüketimi daha fazla olmuştur. Bu da renkli empüritelere flotasyonda yüzen ürün miktarını olumsuz yönde etkilediğini açıkça ortaya koymaktadır. Çizelge 4.3'den de görüldüğü üzere manyetik ayırma yapılan flotasyon çalışmasında maksimum yüzebilirlik 100g/t kolektör miktarında sağlanmışken diğerinde 200g/t'da elde edilmiştir.



Şekil 4.3 GTAP ile manyetik zenginleştirmeye tabi tutulan ve tutulmayan flotasyon deneylerinde uygulanan akım şeması

Çizelge 4.3 GTAP ile manyetik zenginleştirme uygulanan ve uygulanmayan deneylerde elde edilen yüzen ve batan ürün miktarları

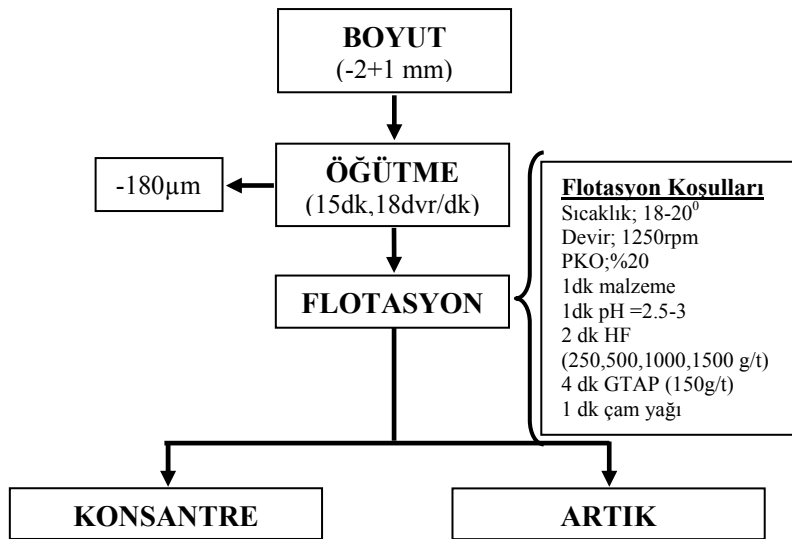
Manyetik ayırma yapılan		
Reaktif Miktarı (g/t)	Miktar (g)	Miktar (%)
25	60.31	47.1
50	122.97	96.04
75	125.04	97.66
100	128.04	100
150	128.04	100
Toplam	128.04	
Manyetik ayırma yapılmayan		
25	0	0
50	3.78	2.799
75	20.53	15.199
100	42.2	31.24
150	115.41	85.45
200	135.07	100
250	135.07	100
Toplam	135.17	



Şekil 4.4 Reaktif (GTAP) miktarındaki artışa bağlı olarak manyetik ayırma yapılan ve yapılmayan flotasyon deneylerinde yüzen ürün miktarındaki değişim.

4.2.1.2 HF miktarının yüzen ürün miktarı üzerindeki etkisi

Feldspat flotasyonuna HF miktarının etkisini araştırmak için sabit GTAP (150 g/t) miktarında ve farklı HF miktarlarında (250, 500, 1000 ve 1500 g/t) Şekil 4.5'teki akım şemasına uygun olarak flotasyon deneyleri yapılmıştır.



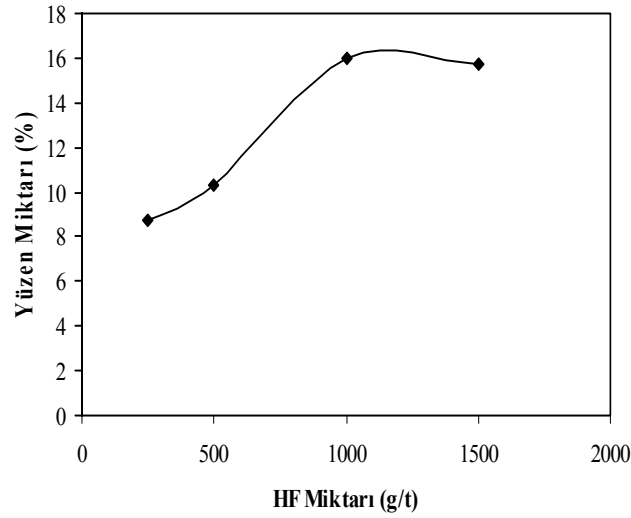
Şekil 4.5 Sabit GTAP miktarında (150 gr/ton) ve değişen HF miktarına bağlı olarak yapılan flotasyon deneylerinde uygulanan akım şeması.

HF'in feldspat flotasyonunda yüzen ürün miktarı üzerine olan etkisi Çizelge 4.4 ve Şekil 4.6'da görüldüğü gibidir. HF miktarı 1000 g/t miktarına kadar artırıldığında yüzen ürün miktarı sürekli olarak artmakta 1500 g/t miktarına çıkıldığında ise bir değişim olmamaktadır. Bundan dolayı optimum HF miktarı 1000 g/t olarak belirlenmiş ve bundan sonraki deneylerde bu miktar sabit olarak alınmıştır.

HF miktarına bağlı olarak yapılan deneylerden elde edilen ürünlere pişirme testi uygulanmıştır. Bunun amacı feldspat-kuvars ayırımında optimum HF miktarının belirlenmesini gözle de görmektir. 1260°C'de yapılan bu pişirme testi sonrası kuvars ergimemekte; fakat feldspat ergiyerek camsı bir yapı kazanmaktadır. Bu da bize kuvars feldspat ayırımı hakkında bilgi vermektedir. 1000 g/t HF miktarında pişirme testiyle de açıkça kuvars feldspat ayırımı görülmüştür.

Çizelge 4.4 Sabit GTAP (150 g/t) ve değişen HF miktarlarında elde edilen yüzen ve batan ürün miktarları.

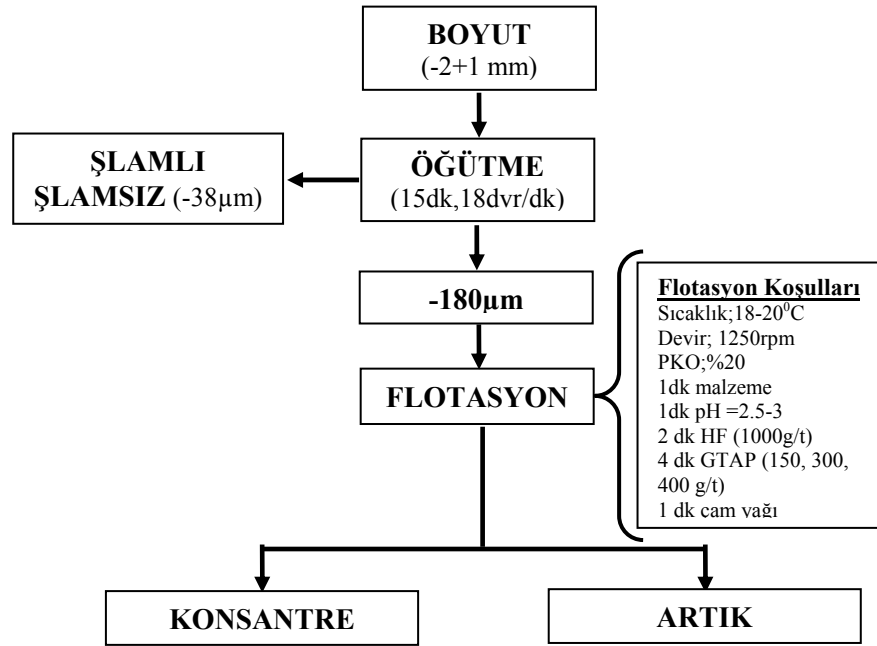
HF Miktarı (g/t)	Ürünler	Miktar (g)	Miktar (%)
250	Konsantre	16.15	8.704
	Artık	169.39	91.296
	Toplam	185.54	100
500	Konsantre	20.31	10.28
	Artık	177.23	89.67
	Toplam	197.64	100
1000	Konsantre	30.48	16.01
	Artık	159.88	83.98
	Toplam	190.36	100
1500	Konsantre	31.12	15.73
	Artık	166.75	84.27
	Toplam	197.87	100



Şekil 4.6 Sabit GTAP (150 g/t) miktarında yüzen ürün miktarı üzerine HF miktarının etkisi.

4.2.1.3 Reaktif (GTAP) miktarının flotasyonda yüzen ürün miktarı üzerine olan etkisi

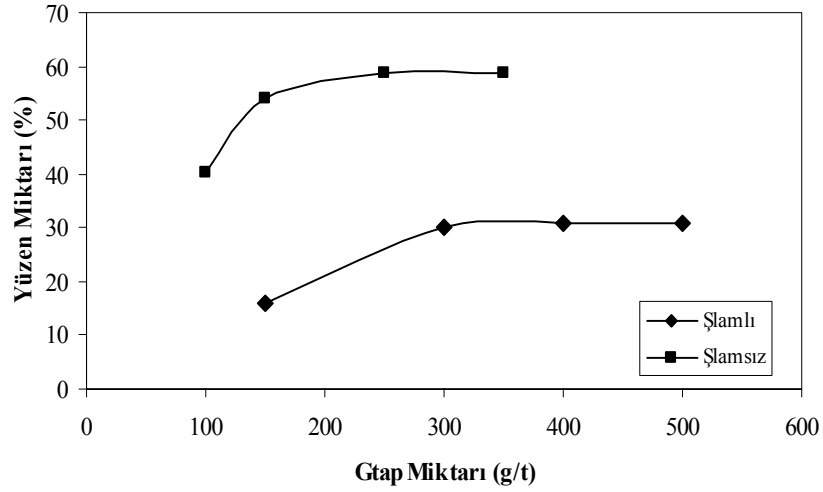
Feldspat flotasyonuna kolektör miktarının etkisini görmek amacıyla GTAP miktarındaki değişime bağlı olarak sabit HF (1000 g/t) miktarında Şekil 4.7’de görülen akım şemasına uygun olarak flotasyon deneyleri yapılmıştır. Flotasyon deneyleri öncesi -180 mikron altına öğütülen malzemede şlam uzaklaştırılmamıştır. Bu deneyler sonrası Çizelge 4.5 ve Şekil 4.8’de görülen sonuçlar elde edilmiştir. GTAP miktarındaki artışa bağlı olarak 300 g/t miktarına kadar bir artış olmuş bundan sonra ise; artışın önemli bir etkisi olmamıştır. Aynı deneyler şlam uzaklaştırılarak yapıldığında (Şekil 4.8) hem yüzen ürün miktarı artmış hem de tüketilen GTAP miktarı yarı yarıya azalmıştır. Bu da açıkça göstermektedir ki, feldspat flotasyonunda şlam flotasyonu negatif olarak etkilemektedir.



Şekil 4.7 Şlamlı ve şlamsız ortamda sabit HF miktarında farklı reaktif (GTAP) miktarlarına bağlı olarak feldspat kuvars ayırımı için uygulanan flotasyon akım şeması.

Çizelge 4.5 Şlamlı ve şlamsız ortamda sabit HF (1000g/t) miktarında reaktif miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ve batan ürün miktarları.

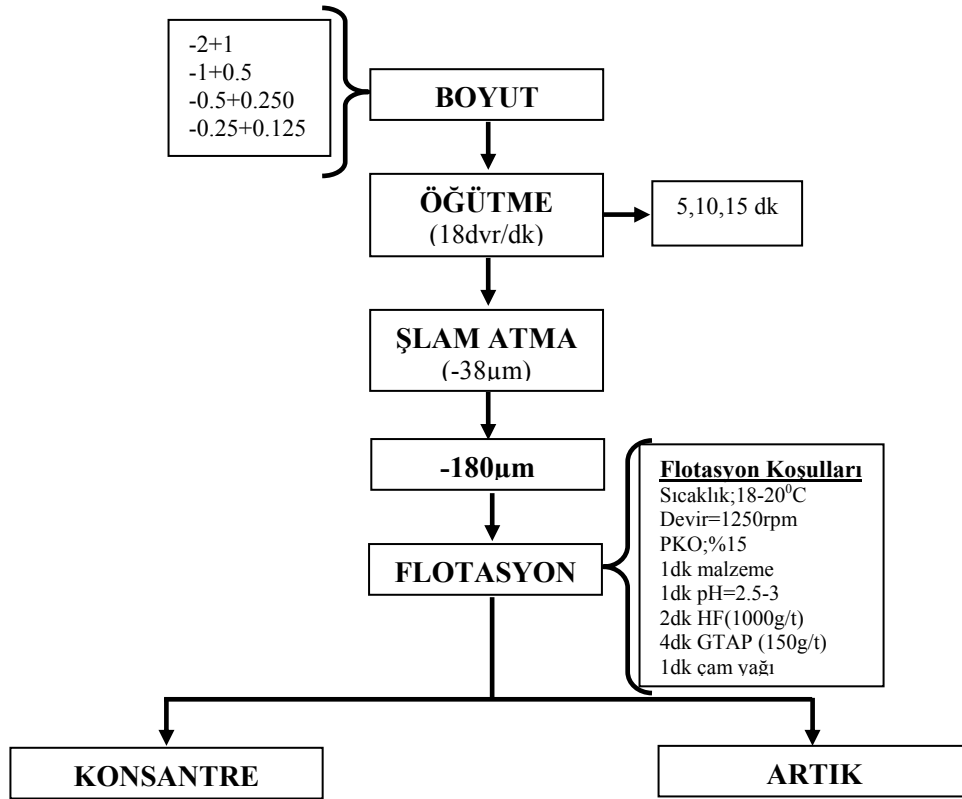
ŞLAMLİ			
GTAP Miktarı (g/t)	Ürünler	Miktar (g)	Miktar (%)
150	Konsantre	30.48	16.01
	Artık	159.88	83.98
	Toplam	190.36	100
300	Konsantre	55.99	30.22
	Artık	129.27	69.78
	Toplam	185.26	100
400	Konsantre	56.07	30.88
	Artık	125.53	69.12
	Toplam	181.6	100
ŞLAMSIZ			
100	Konsantre	58.58	40.37
	Artık	86.51	59.63
	Toplam	145.09	100
150	Konsantre	78.39	54.03
	Artık	66.70	45.97
	Toplam	145.09	100
250	Konsantre	85.14	58.68
	Artık	59.95	41.32
	Toplam	145.09	100



Şekil 4.8 1000 g/t sabit HF konsantrasyonunda feldspat kuvars ayırımı için reaktif miktarındaki değişime bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

4.2.1.4 Farklı boyut aralıklarında GTAP ile yapılan flotasyon deneyleri

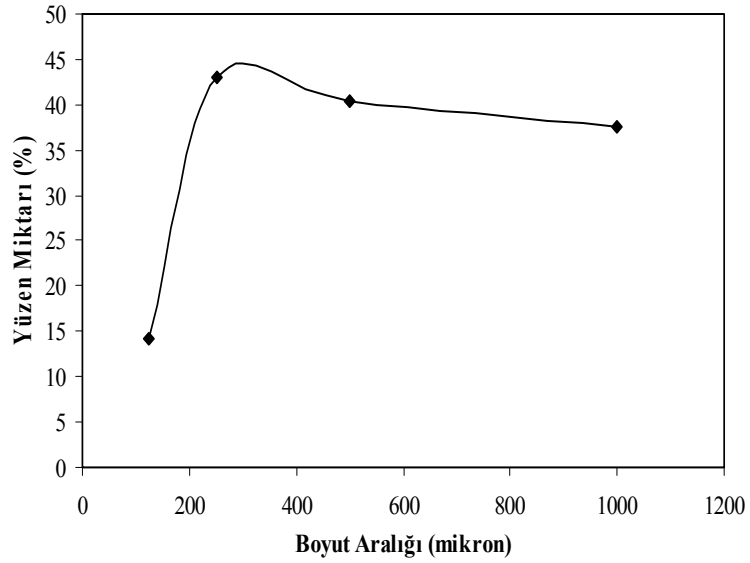
Feldspat-kuvars flotasyonunda farklı boyut aralıklarının flotasyona etkisini görmek amacıyla Şekil 4.9'da belirtilen akım şemasına uygun olarak sabit GTAP (150g/t) ve sabit HF (1000g/t) miktarlarında flotasyon deneyleri yapılmıştır. Flotasyon deneyleri öncesi tüm numunelerin boyutu -180 mikron olacak şekilde seramik bilyalı değirmende iri boyuttan ince boyutta doğru sırasıyla; 15, 10, 5 ve 3 dakika olacak şekilde öğütülmüştür. Öğütme sonrası tüm boyutlarda -38 mikron altı şlam olarak uzaklaştırılmıştır. Çizelge 4.6 ve Şekil 4.10'dan da açıkça görüleceği üzere feldspat içeriği en yüksek olan boyut aralığının -1+0.5mm olduğu ve bu boyutun altına inildikçe feldspat içeriğinin giderek azaldığı kuvars içeriğinin arttığı görülmektedir.



Şekil 4.9 Sabit GTAP (150g/t) ve sabit HF (1000g/t) miktarlarında farklı boyut aralıklarında yapılan flotasyon çalışmalarında uygulanan akım şeması.

Çizelge 4.6 Sabit GTAP (150g/t), sabit HF (1000g/t) miktarlarında farklı boyut aralıklarında yüzen ve batan ürün miktarları.

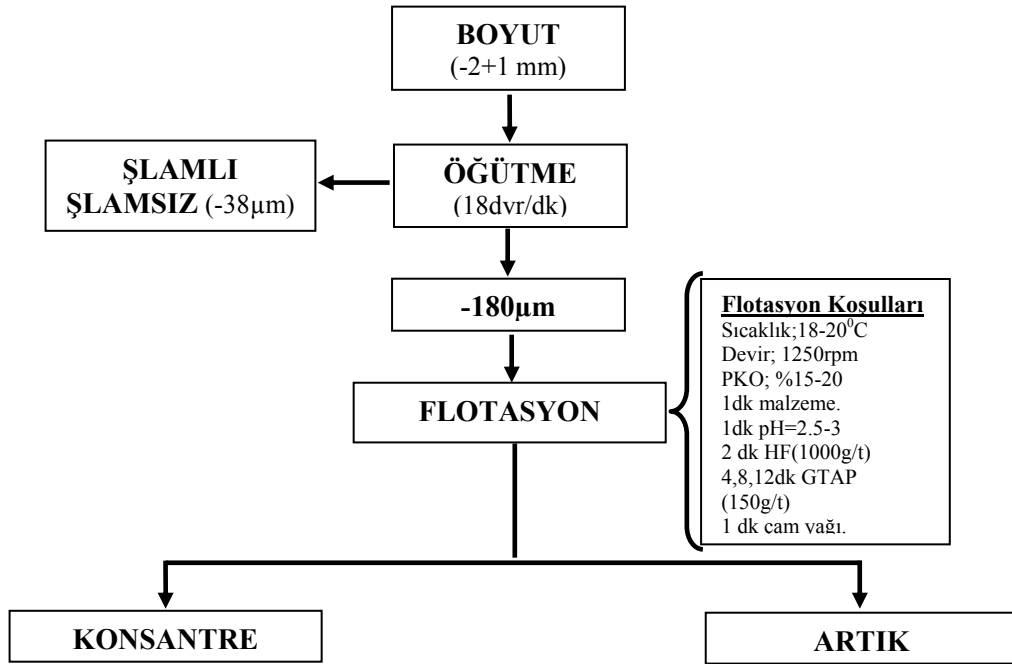
Boyut (mm)	Ürünler	Miktar (g)	Miktar (%)
-2+1	Konsantre	47.98	37.53
	Artık	79.86	62.47
	Toplam	127.84	100
-1+0,5	Konsantre	60.27	40.49
	Artık	88.59	59.51
	Toplam	148.86	100
-0,5+0,25	Konsantre	58.04	43.09
	Artık	76.65	56.91
	Toplam	134.69	100
-0,25+0,125	Konsantre	19.26	14.10
	Artık	117.3	85.896
	Toplam	136.56	100



Şekil 4.10 Sabit GTAP (150g/t) ve sabit HF (1000g/t) miktarlarında farklı boyut aralıklarına bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

4.2.1.5 Reaktif (GTAP) koşullandırma zamanının belirlenmesi

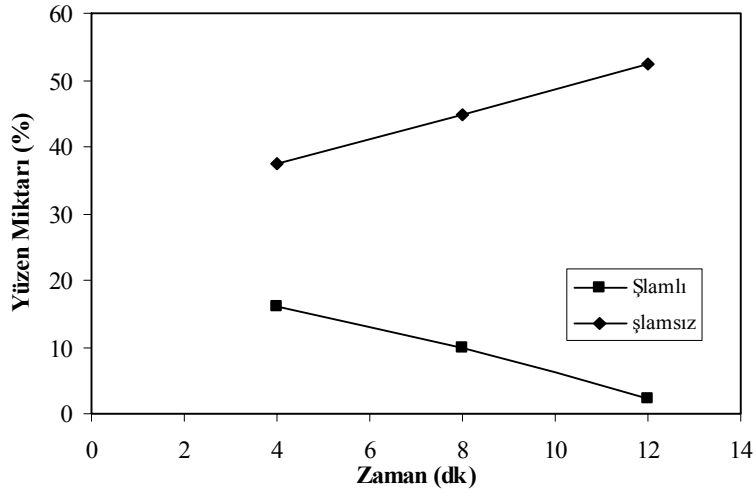
-2+1mm boyutundaki malzeme ile feldspat flotasyonuna reaktif koşullandırma zamanının etkisini görmek amacıyla yapılan flotasyon çalışmaları Şekil 4.11’de belirtilen akım şemasına uygun olarak yapılmıştır. Bu çalışmalarda GTAP (150 g/t) ve HF (1000 g/t) miktarı sabit olarak alınmıştır. Çizelge 4.7 ve Şekil 4.12’den de görüldüğü üzere kolektörle koşullandırma süresi şlam içeren numunelerde arttırıldıkça yüzen ürün miktarında bir azalma meydana gelmekte, 12. dakikada yüzen ürün miktarı %2.23 gibi çok küçük değerlere kadar düşmektedir. Şlamı uzaklaştırılan numunelerle yapılan deneylerde ise; koşullandırma süresindeki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarının önemli miktarda arttığı ve 12. dakikada bu değer %52.41 ulaştığı görülmektedir. Bu çalışmalarda göstermektedir ki; şlamlı deneylerde koşullandırma süresi arttırıldıkça şlamın iri malzemelerin yüzeyini kaplayarak yüzmesini ve aynı zamanda ortamdaki reaktifi tüketerek onun iş yapmasını engellediği görülmektedir. Şlamı uzaklaştırılan numunelerle yapılan deneylerle de koşullandırma süresi arttırıldıkça kolektörün etkinliğinin arttığı ve mineral yüzeyine daha iyi adsorbe olduğu görülmektedir.



Şekil 4.11 Reaktif koşullandırma zamanına bağlı olarak sabit GTAP (150g/t) ve sabit HF (1000 g/t) miktarlarında yapılan flotasyon çalışmalarında uygulanan akım şeması.

Çizelge 4.7 Şlamlı ve şlamsız ortamda toplayıcı koşullandırma zamanına bağlı olarak sabit GTAP (150g/t) ve sabit HF (1000g/t) miktarlarında yüzen ve batan ürün miktarlarındaki değişim.

ŞLAMLİ			
Zaman (dk)	Ürünler	Miktar (g)	Miktar (%)
4	Konsantre	30.48	16.01
	Artık	159.88	83.98
	Toplam	190.36	100
8	Konsantre	18.65	9.81
	Artık	171.44	90.19
	Toplam	190.09	100
12	Konsantre	4.37	2.23
	Artık	191.5	97.77
	Toplam	195.87	100
ŞLAMSIZ			
4	Konsantre	47.98	37.53
	Artık	79.86	62.47
	Toplam	127.84	100
8	Konsantre	60.15	44.85
	Artık	73.97	55.15
	Toplam	134.12	100
12	Konsantre	70.14	52.41
	Artık	63.7	47.59
	Toplam	133.84	100



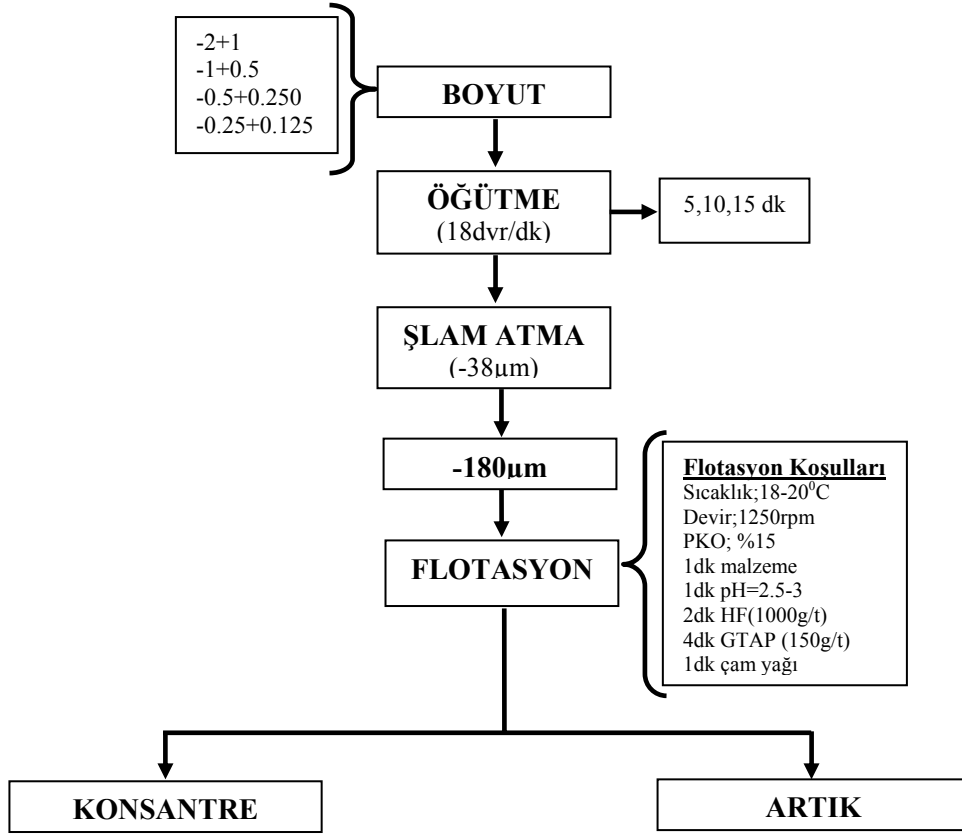
Şekil 4.12 Şlamlı ve şlamsız ortamda toplayıcı (GTAP) koşullandırma zamanına bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

4.2.1.6 Farklı boyut aralıklarında GTAP ile yapılan kademeli flotasyon deneyleri

Farklı boyut aralıklarında sabit HF (1000g/t) miktarında yapılan flotasyon deneyleri Şekil 4.13'deki akım şemasına uygun olarak yapılmıştır. Bu çalışma 4.2.1.4 başlığı altında boyuta göre sabit HF (1000 g/t) ve sabit GTAP (150 g/t) miktarında yapılan flotasyon çalışmalarında yüzen ürün miktarının aynı işlem kademeli olarak yapıldığında 150 g/t GTAP miktarına karşılık gelen yüzen ürün miktarının tüm boyutlarda fazla olmasının nedeninin karıştırma süresindeki artıştan kaynaklandığını ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Yapılan flotasyon çalışmaları öncesinde malzeme ince boyuttan iri boyuta doğru sırasıyla seramik bilyalı değirmende %50 pülpte katı oranında (PKO) 5,10,15 dakika -180 mikron altına öğütülmüş ve ardından -38 mikronluk elekten elenerek şlamı uzaklaştırılmıştır. Şlamı uzaklaştırılan malzemelerle değişen reaktif miktarlarında Çizelge 4.8'de görülen farklı boyut gruplarında feldspat kuvars ayırımı için flotasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu deneylerde optimum kolektör tüketimini bulmak için GTAP miktarı artırılarak yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8 ve Şekil 4.14'te görüldüğü gibidir. Görüldüğü üzere yaklaşık tüm boyutlarda 200-300 g/t arasında kolektör tüketimine kadar yüzen ürün gelmekte fakat bu dozajın üzerine çıktığında yüzen malzeme olmamaktadır. Tüm boyutlarda malzemenin 200-300 g/t GTAP miktarında yaklaşık %50-60 yüzen ürün olarak alınmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma göstermiştir ki GTAP'ın koşullandırma süresine karşı hassas olduğunu göstermiştir. Fakat başka bir amin türü olan ve ileride detayları verilecek çalışmada

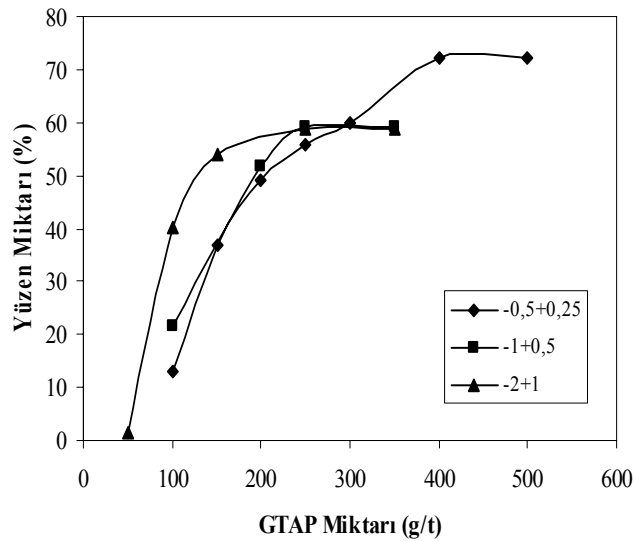
ARMAC T ile yapılan deneylerde kondisyonlanma süresinin artırılmasının ters etki yaptığı görülmüştür.



Şekil 4.13 Farklı boyut aralıklarının kademeli flotasyon uygulanan deneylerin akım şeması.

Çizelge 4.8 Farklı boyut aralıklarında reaktif miktarındaki artışa bağlı olarak yapılan kademeli flotasyon deneylerinde yüzen ve batan ürün miktarları.

Boyut (mm)	GTAP Miktarı (g/t)	Miktar (g)	Miktar (%)
-2+1	50	2	1.38
	100	58.58	40.37
	150	78.39	54.03
	250	85.14	58.68
	350	85.14	58.68
	Artık	59.95	41.32
	Toplam	145.09	100
-1+0,5	100	27.13	21.74
	200	64.59	51.75
	250	73.68	59.03
	350	73.68	59.03
	Artık	51.13	40.97
	Toplam	124.81	100
0,5+0,25	100	19.5	12.86
	150	55.75	36.77
	200	74.7	49.27
	250	84.56	55.77
	300	90.67	59.81
	400	90.67	59.81
	Artık	42.05	40.19
	Toplam	151.62	100

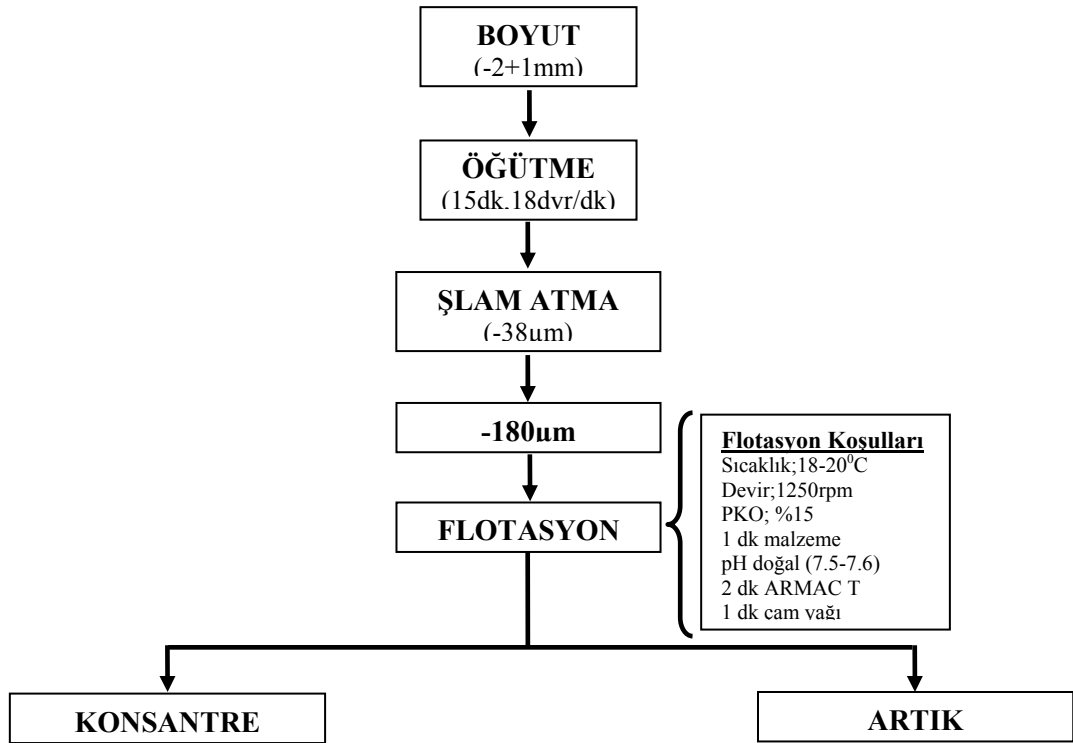


Şekil 4.14 Farklı boyut aralıklarının kademeli flotasyon uygulanan malzemelerde yüzen ürün miktarındaki değişim.

4.2.2 Toplayıcı olarak ARMAC-T kullanılan flotasyon deneyleri

4.2.2.1 Manyetik zenginleştirme uygulanan ve manyetik zenginleştirme uygulanmayan flotasyon deneyleri

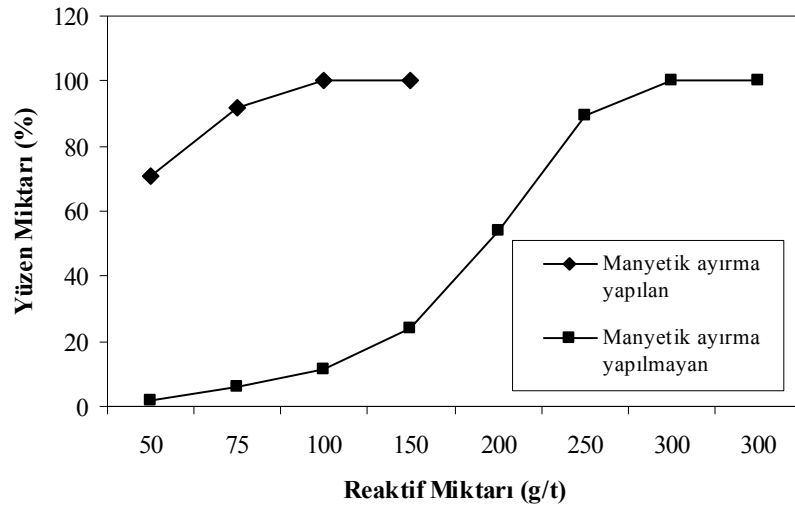
3.2.1.1 konu başlığı altına GTAP ile yapılan flotasyon çalışması ARMAC T için de Şekil 4.15'deki akım şemasına uygun olarak yapılmıştır. Flotasyon öncesi demirli empürileri uzaklaştırmak için yapılan manyetik zenginleştirmenin önemini vurgulamak amacıyla ARMAC T ile de bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu flotasyon çalışmalarında -180 mikron altına öğütülen malzeme ile; HF amin kullanılmadan ve doğal Ph'da (7.5-7.6) gerçekleştirilmiş olup; elde edilen veriler Çizelge 4.9 ve Şekil 4.16'da gösterildiği gibidir. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi renkli empürilerin flotasyonu olumsuz yönde etkilediği açıkça görülmektedir. Manyetik zenginleştirmeye tabi tutularak gerçekleştirilen flotasyon çalışmasında 125 g/t reaktif miktarı yeterli gelirken, manyetik zenginleştirme yapılmamış olan flotasyon çalışmasında bu miktarın oldukça yetersiz kaldığı açıkça görülmektedir.



Şekil 4.15 ARMAC T ile manyetik zenginleştirmeye tabi tutulan ve tutulmayan flotasyon deneylerinde uygulanan akım şeması.

Çizelge 4.9 ARMAC T ile manyetik zenginleştirme uygulanan ve uygulanmayan deneylerde elde edilen yüzen ve batan ürün miktarları.

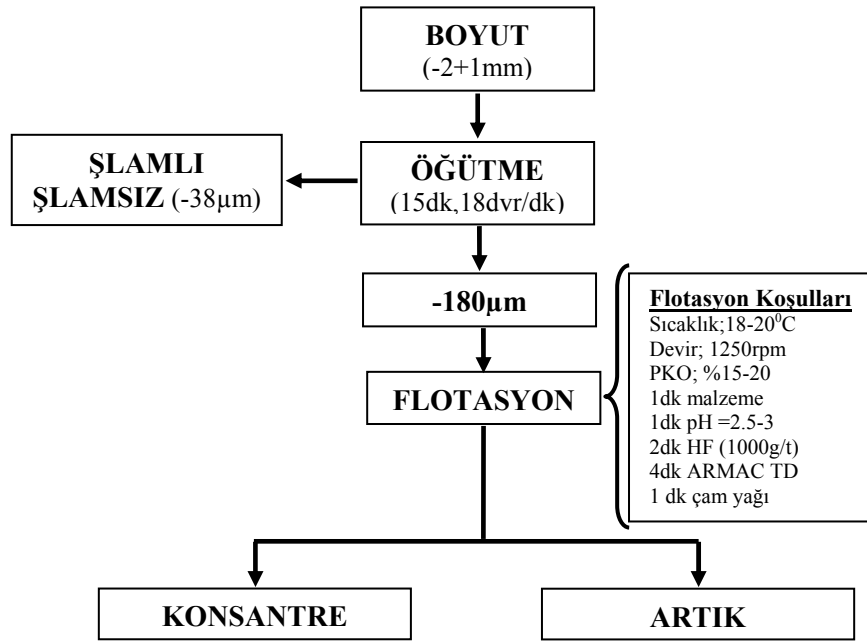
Manyetik ayırma yapılan		
Reaktif Miktarı (g/t)	Miktar (g)	Miktar (%)
75	109.98	70.96
100	142.23	91.77
125	154.98	100
150	154.98	100
Toplam	154.98	
Manyetik ayırma yapılmayan		
25	0	0
50	3	1.94
75	9.46	6.12
100	17.34	11.22
150	37.39	24.199
200	83.3	53.91
250	138.19	89.44
300	154.51	100
350	154.51	100
Toplam	154.51	



Şekil 4.16 Reaktif (ARMAC T) miktarındaki artışa bağlı olarak manyetik ayırma yapılan ve yapılmayan flotasyon deneylerinde yüzen ürün miktarındaki değişim.

4.2.2.2 ARMAC T varlığında şlamın feldspat kuvars flotasyonuna olan etkisi

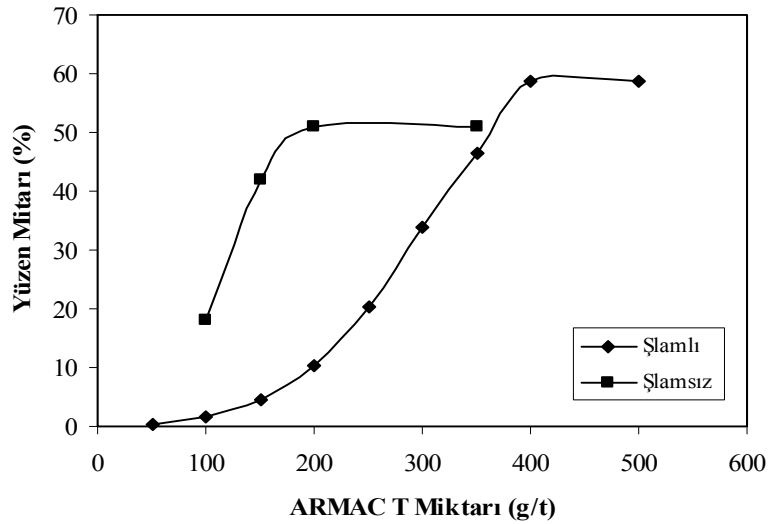
-2+1mm boyut aralığında GTAP ile yapılan flotasyon deneylerinde olduğu gibi şlamın etkisini görmek amacıyla ARMAC-T ile de şlamlı ve şlamsız ortamda Şekil 4.17'deki akım şemasına uygun olarak flotasyon deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.10 ve Şekil 4.18'de görüldüğü gibidir. Yapılan bu flotasyon çalışmalarında reaktif olarak ARMAC T kullanılmış olup HF (1000g/t) sabit alınmıştır. Şlamlı ve şlamsız ortamda reaktif miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim incelenmiştir. Çizelge 4.10 ve Şekil 4.18'den de görüldüğü gibi şlamlı varlığında reaktif tüketimi şlamsız ortama göre iki kat fazla olmuştur. Benzer sonuçlar GTAP'la yapılan deneylerde görülmüştür.



Şekil 4.17 Şlamlı ve şlamsız ortamda ARMAC-T ile yapılan flotasyon deneylerinde uygulanan akım şeması.

Çizelge 4.10 Şlamlı ve şlamsız ortamda ARMAC T ile yapılan flotasyon deneylerinde yüzen ürün miktarındaki değişim.

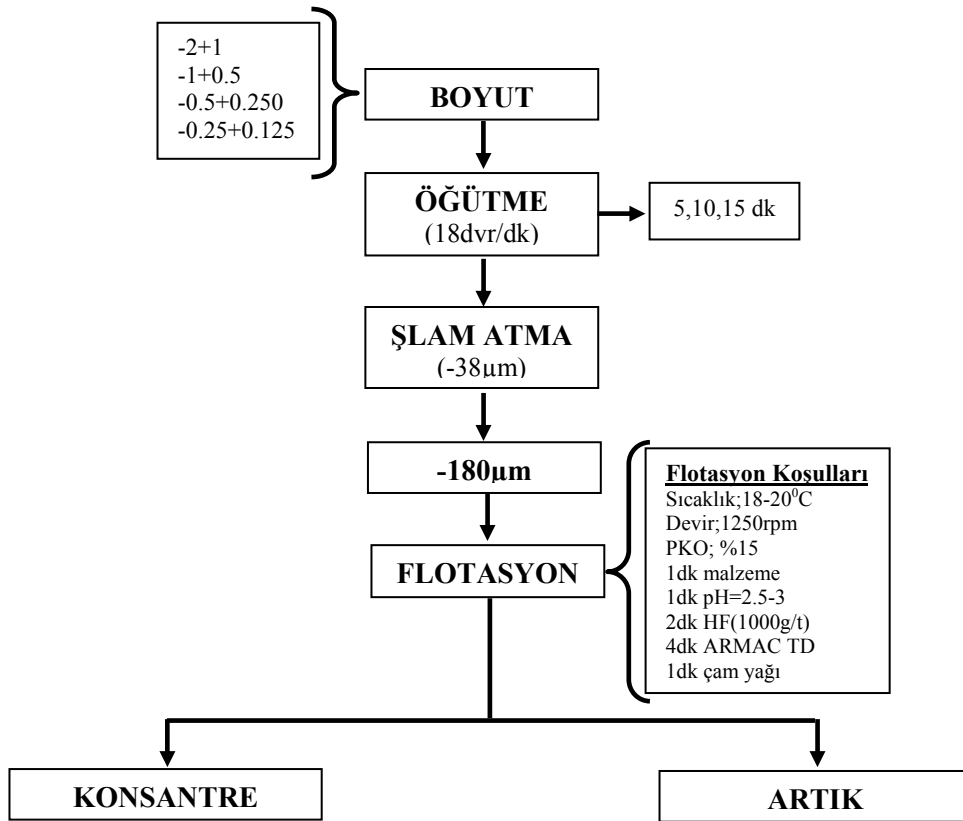
	ARMAC-T Miktarı (g/t)	Miktar (g)	Miktar (%)
Şlamlı	50	0.51	0.27
	100	3.2	1.72
	150	8.71	4.67
	200	19.34	10.38
	250	37.92	20.35
	300	63.08	33.86
	350	86.82	46.6
	400	109.43	58.73
	500	109.43	58.73
	Artık	76.89	41.27
	Toplam	186.32	100
Şlamsız	100	23.49	17.91
	150	55.06	41.98
	200	66.79	50.92
	350	66.79	50.92
	Artık	64.38	49.08
	Toplam	131.17	100



Şekil 4.18 Şlamlı ve şlamsız ortamda yapılan flotasyon deneylerinde ARMAC-T miktarındaki değişime bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

4.2.2.3 Farklı boyut aralıklarının kademeli flotasyonda reaktif tüketimine etkisi

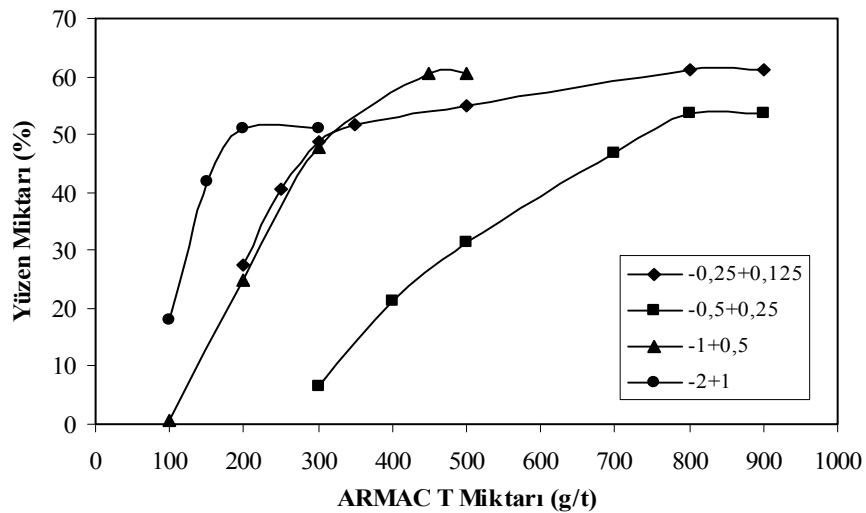
GTAP ile boyutlarda yapılan deneyler ARMAC-T ile de Şekil 4.19'daki akım şemasına doğrultusunda yapılarak fark görülmeye çalışılmıştır. Yapılan flotasyon deneyleri sonrası ARMAC-T tüketiminin GTAP'a göre yaklaşık 1.5-2 kat daha fazla olduğu görülmüştür. Çizelge 4.11 ve Şekil 4.20'de görülen sonuçlara göre boyut küçüldükçe ARMAC-T tüketiminde aynı miktar reaktif tüketimi baz alındığında yüzen ürün miktarı azalmakta, bu da Karagüzel vd., 2009 tarafından yapılan çalışmada da değinildiği üzere ARMAC-T'nin malzeme içerisindeki renkli empüritelere daha hassas olmasından ve bu empüritelere reaktif tüketimini artırmasından kaynaklanmaktadır. Bu da malzeme içerisinde renkli empüritelerin boyut incelidikçe arttığını göstermektedir. Sonuç olarak malzeme içerisinde ki bu empüriteler hem reaktif tüketimini artırmakta hem de flotasyon hızının yavaşlamasına neden olmaktadır.



Şekil 4.19 ARMAC-T ile boyuta göre yapılan kademeli flotasyon deneylerinde uygulanan akım şeması.

Çizelge 4.11 ARMAC-T'nin farklı boyutlarda yüzen ürün miktarı üzerine etkisi.

Boyut (mm)	ARMAC-T Miktarı (g/t)	Miktar (g)	Miktar (%)
-2+1	100	23.49	17.91
	150	55.06	41.98
	200	66.79	50.92
	Artık	64.38	49.08
	Toplam	131.17	100
-1+0,5	100	1	0.74
	200	33.58	25.00
	300	64.2	47.8
	450	81.14	60.41
	Artık	53.17	39.59
	Toplam	134.31	100
-0,5+0,25	300	10.49	6.60
	400	33.82	21.29
	500	49.94	31.44
	700	74.1	46.66
	800	84.99	53.51
	Artık	73.83	46.49
	Toplam	158.82	100
-0,25+0,125	200	36.67	27.37
	250	54.35	40.57
	300	65.3	48.75
	350	69.14	51.61
	500	73.74	55.05
	800	81.76	61.03
	Artık	52.2	38.97
	Toplam	133.6	100

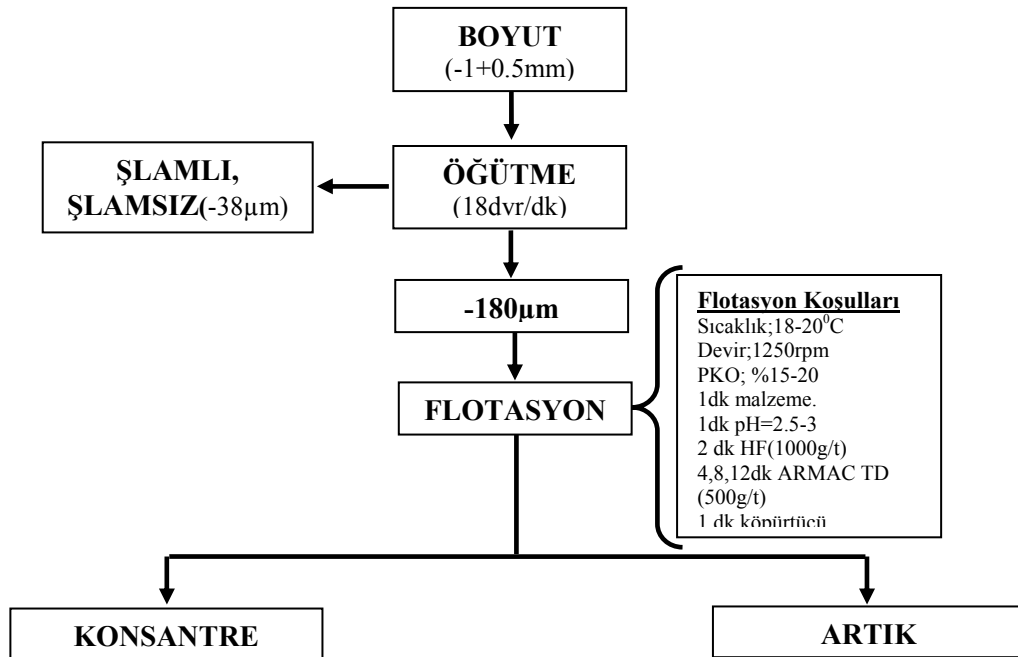


Şekil 4.20 Farklı boyut aralıklarında ARMAC-T miktarındaki değişime bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

4.2.2.4 Reaktif (ARMAC-T) koşullandırma zamanının belirlenmesi

GTAP ile aynı şartlarda yapılan kondisyonlama süresinin flotasyona olan etkisini görmek amacıyla Şekil 4.21'deki akım şemasına uygun olarak ARMAC-T ile de flotasyon deneyleri yapılmıştır. Yapılan flotasyon deneyleri göstermiştir ki GTAP ile elde edilen sonuçların tam aksine ARMAC-T ile Çizelge 4.12 ve Şekil 4.22 'de görülen sonuçlar elde edilmiştir. GTAP'la şıamlı ve şıamsız ortamda koşullandırma süresi artırıldıkça yüzen ürün miktarı şıamlı ortamda azalırken şıamsız ortamda artmaktaydı; fakat ARMAC-T'de koşullandırma süresindeki artışa bağlı olarak şıamlı ortamda hemen hemen yüzen ürün hiç olmamakta, şıamsız ortamda ise süreyle yüzen ürün miktarı azalmaktadır. Bu durum ARMAC-T'nin ortamdaki şlam varlığına GTAP'a göre daha hassas olduğunu göstermektedir. Şıamsız ortamda ARMAC-T'nin koşullandırma süresindeki artışa bağlı olarak flotasyonda yüzen ürün miktarında GTAP'a göre azalma olması onun çok hızlı bir şekilde çözünerek malzeme yüzeyine adsorbe olduğunu ve koşullandırma süresi artırıldığında asidik ortamdan dolayı hızlı bir şekilde bozunmaya başladığını göstermektedir.

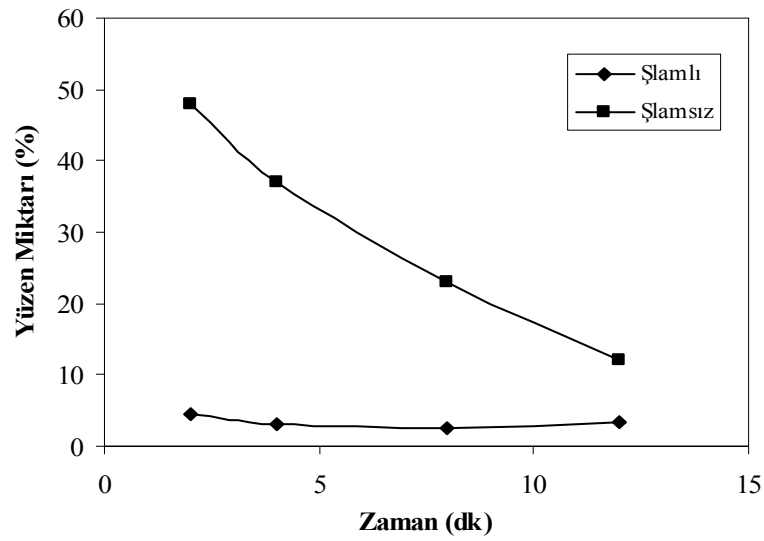
Sonuç olarak tüm bu veriler göstermektedir ki ARMAC-T ile yapılan feldspat flotasyonunda koşullandırma süresinin çok önemli olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.21 Reaktif koşullandırma zamanına bağlı olarak sabit ARMAC T (500g/t) ve sabit HF (1000 g/t) miktarlarında yapılan flotasyon çalışmaları akım şeması.

Çizelge 4.12 ARMAC-T ile yapılan flotasyon deneylerinde koşullandırma zamanına bağlı olarak elde edilen yüzen ve batan ürün miktarları.

ŞLAMLİ			
Zaman (dk)	Ürünler	Miktar (g)	Miktar (%)
2	Konsantre	8.01	4.39
	Artık	174.32	95.61
	Toplam	182.33	100
4	Konsantre	5.9	3.01
	Artık	190.01	96.99
	Toplam	195.91	100
8	Konsantre	4.8	2.46
	Artık	190.43	97.54
	Toplam	195.23	100
12	Konsantre	6.48	3.35
	Artık	186.75	96.65
	Toplam	193.23	100
ŞLAMSIZ			
2	Konsantre	66.01	47.88
	Artık	71.86	52.12
	Toplam	137.87	100
4	Konsantre	51.45	36.98
	Artık	87.68	63.02
	Toplam	139.13	100
8	Konsantre	32.38	23.07
	Artık	107.95	76.93
	Toplam	140.33	100
12	Konsantre	17.25	12
	Artık	126.55	88
	Toplam	143.8	100



Şekil 4.22 Şlamlı ve şlamsız ortamda toplayıcı (ARMAC T) kondüsyonlama zamanına bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

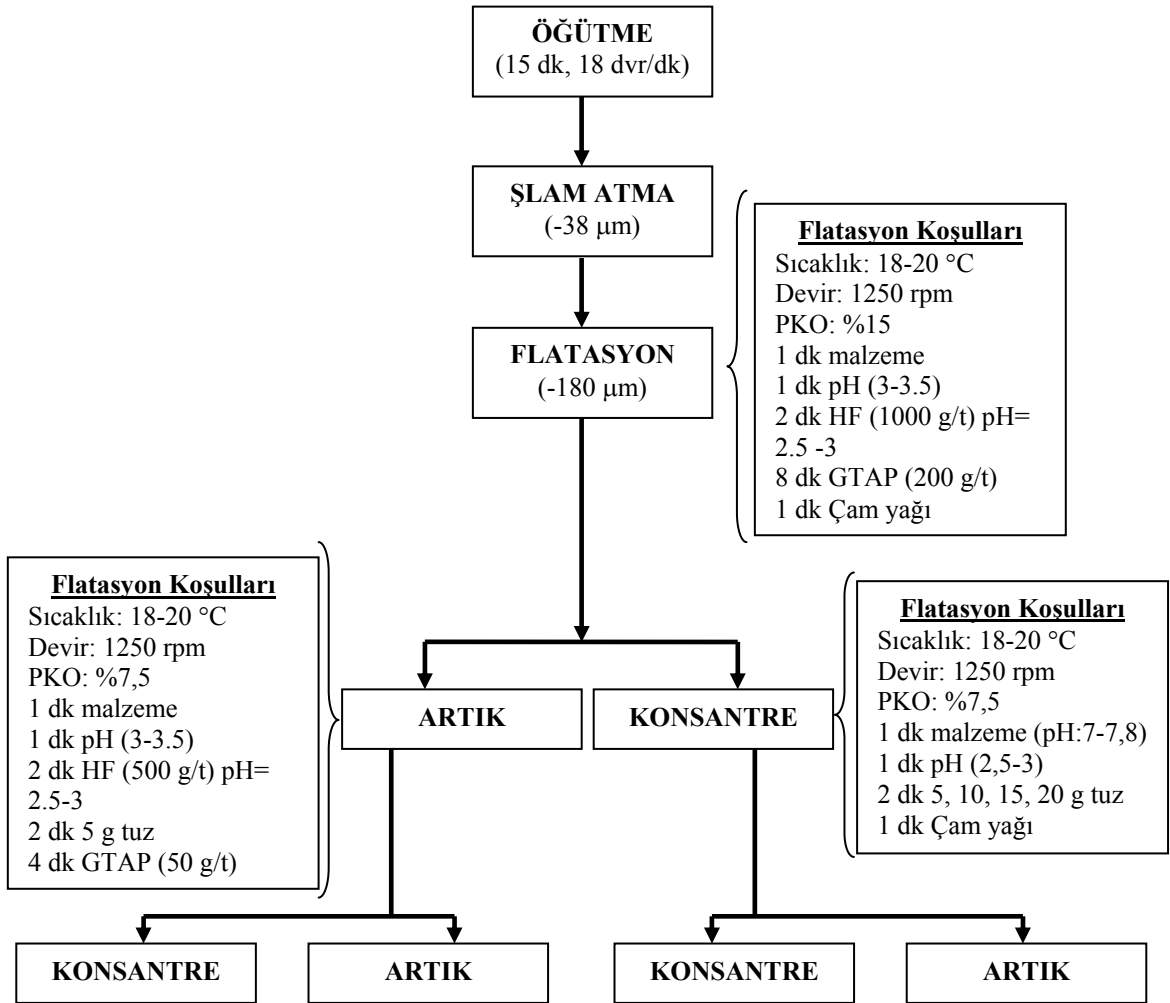
4.2.3 Na Feldspat ve K Feldspat ayırımı gerçekleştirilmek amacıyla yapılan flotasyon çalışmaları

4.2.3.1 Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak GTAP ile yapılan flotasyon çalışmaları

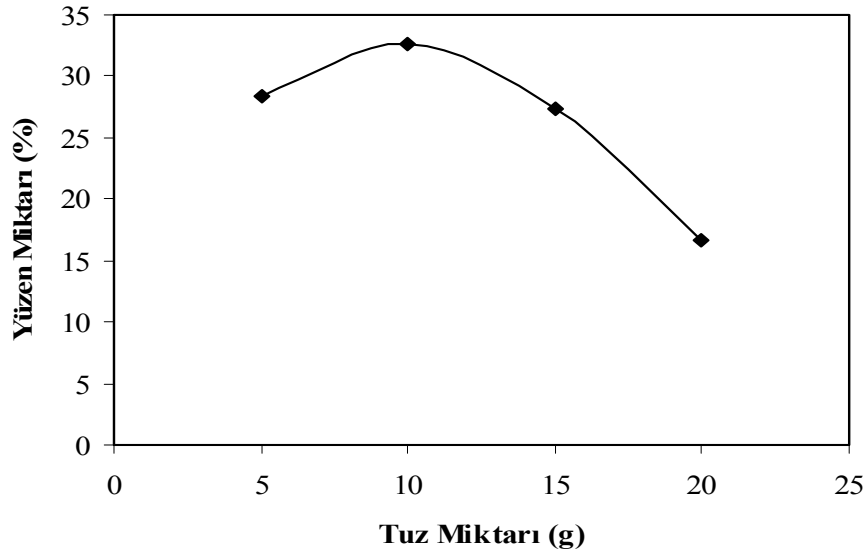
Şekil 4.23'deki akım şemasına uygun olarak Na-K Feldspat ayırımı yapılmıştır. Flotasyon deneyleri, Denver D12 tipinde laboratuvar ölçekli flotasyon makinesinde 1 litrelik hücrede yapılmıştır. Flotasyon deneyleri iki aşamada yapılmış olup; ilk aşamada kaba flotasyon (feldspat-kuvars ayırımı), ikinci aşamada ise konsantre ve artığa sırasıyla temizleme ve süpürme (Na-K feldspat ayırımı, kuvars-Na K Feldspat ayırımı) flotasyonları yapılmıştır. Kaba konsantreye uygulanan temizleme flotasyonu Na ve K Feldspat ayırımı gerçekleştirilmek istenmiştir. Tüm kaba flotasyon deneylerinde deney şartları GTAP 200 g/t ve HF 1000 g/t olarak sabit olarak alınmıştır. Ayrıca tüm deneylerde flotasyon makinesinin çalışma parametreleri de önceki deneylerde olduğu gibi aynı ve sabit olarak alınmıştır. Kaba konsantreye uygulanan temizleme flotasyonunda, flotasyon ortamına sadece değişen miktarlarda tuz ilave edilerek flotasyon deneyleri yapılmıştır. Ortama ilave edilen tuz Na-Feldspatın bastırılması amacıyla daha önce yapılan çalışmalar Karagüzel 2006 yılında yapılan çalışmalar temel alınarak yapılmıştır. Kaba artığa ise süpürme flotasyonu uygulanarak artıktaki kalan feldspat kazanılmaya çalışılmıştır. Süpürme flotasyonunda kalan feldspatı canlandırmak amacıyla 500 g/t HF ve feldspatı yüzdürmek için 50 g/t GTAP kolektör ve köpürtücü olarak 0.0139625g çam yağı kullanılmıştır. Çalışmalarda tuz miktarındaki değişime bağlı olarak Na-K Feldspat ayırımının gerçekleşip gerçekleşmediğine odaklanılmış ve elde edilen tüm ürünlere 1260°C'de pişme testleri ve bazı ürünlere XRF analizleri yapılmıştır. Öncelikle elde edilen ürünlere daha kolay olması nedeniyle pişme testi uygulanmış ve gözle seçilen bazı ürünlere XRF analizi yapılmıştır.

Na-K ayırımı için kullanılan malzeme Na₂O %5.43, K₂O %4.974, SiO₂%69.48, Fe₂O₃ %0,39 içermektedir. Şekil 4.24'den görüldüğü üzere kaba konsantreye uygulanan temizleme flotasyonu sonucu tuz miktarındaki değişime bağlı olarak yüzen ürün miktarında 10 g/l tuz konsantrasyonuna kadar artış olmakta ve bu tuz konsantrasyonundan yüksek konsantrasyonlarda yüzen ürün miktarında giderek azalma olmaktadır. Bu deneyler de dikkate değer bir hususta tuz ilavesi ile malzeme içerisindeki renkli empüritelerin yüzen ürünle gelmesidir. 5 g/l ve 10 g/l tuz konsantrasyonlarında elde edilen ürünlere yapılan XRF sonuçları sonucu Çizelge 4.13 ve Şekil 4.24'de görülen sonuçlar elde edilmiştir. 5 g/l ve 10 g/l tuz konsantrasyonunda elde edilen ürünlerin içerikleri Çizelge 4.13'den de görüldüğü üzere benzer olmakla beraber sadece yüzen ürün miktarlarında bir değişim olmaktadır. Bu sonuçlara göre kaba konsantrenin 10 g/l tuz

konsantrasyonunda yüzdürülmesi sonucu kaba konsantrenin %32.61'i yüzen ürün olarak alınmış ve alınan ürün içerisinde Na₂O, K₂O ve Fe₂O₃ içerikleri sırasıyla 5.14, 10.87 ve 0.27 şeklindedir. Bu değerlerde göstermektedir ki yüzen ürün içerisinde K-Feldspat içeriği 10.87 gibi oldukça yüksek değerlere çıkarılmıştır. Bu rn içerisinde TiO₂'ye rastlanmamıştır. Aynı şekilde batan üründe %67.39 oranında elde edilmiş ve bu ürünün Na₂O, K₂O ve Fe₂O₃ içerikleri sırasıyla 6.60, 7.67 ve 0.15 oranında olmuştur. Aynı şekilde bu üründe de TiO₂'ye rastlanmamıştır. Batan üründe hala yüksek oranlarda K-Feldspat içerdiği analiz sonuçlarından görülmekte fakat bu ürüne tekrar flotasyon yapılarak kalan potasyum kazanılmaya çalışılmamıştır. Bu ürünlere yapılan pişme testleri sonucu Ek 1,2,3'te görülen ürünler elde edilmiştir. Batan rnlerin pişme testinin oldukça beyaz olduğu buna karşılık yüzen ürünün yani K-Feldspatın renginin biraz içerisindeki renkli empüritelerden dolayı koyu olduğu grlmştir. Ancak XRF sonuçlarına bakıldığında 5 g/l ve 10 g/l tuz konsantrasyonu için K₂O/Na₂O oranı sırasıyla 2,47'den 2,11'e düşmüş olup 5g/l tuz konsantrasyonunda bu seçicilik endüstrinin bazı alanları için yeterli bir ayırım şeklindedir. 5g/l tuz konsantrasyonunda Na₂O içeriği %5,43 ten %4,30'a düşürülmüş ve K₂O içeriği ise %4,974'ten %10,63'e yükseltilmiştir. Birinci kademe flotasyon sonucu elde edilen artıktaki kalan feldspatın kazanılması için Şekil 4.23'de görülen Şartlarda süpürme flotasyonu uygulanmış fakat %8 gibi çok az oranda yüzen ürün geldiği ve yapılan pişirme testleriyle de gelen ürünün daha çok kuvars içerdiği grlmştir.



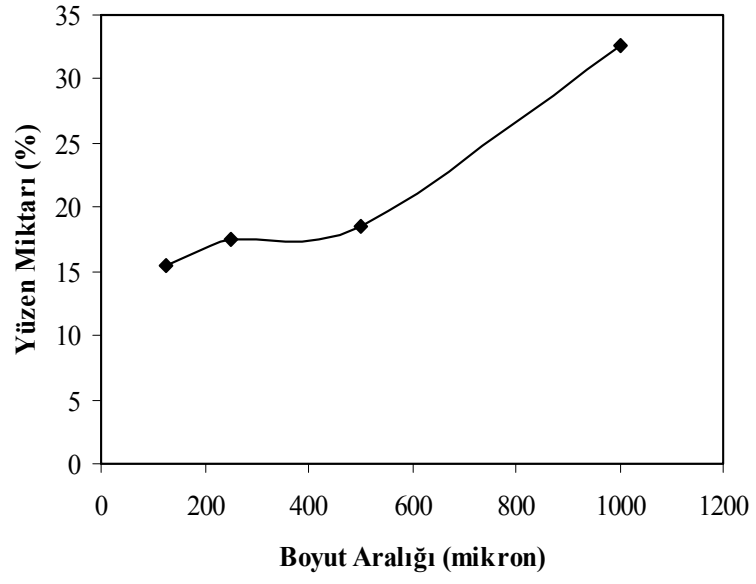
Şekil 4.23 Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak GTAP ile yapılan flotasyon çalışmaları.



Şekil 4.24 GTAP ile Na-K feldspat ayırımı için yapılan flotasyon deneylerinde tuzun ayırma olan etkisi.

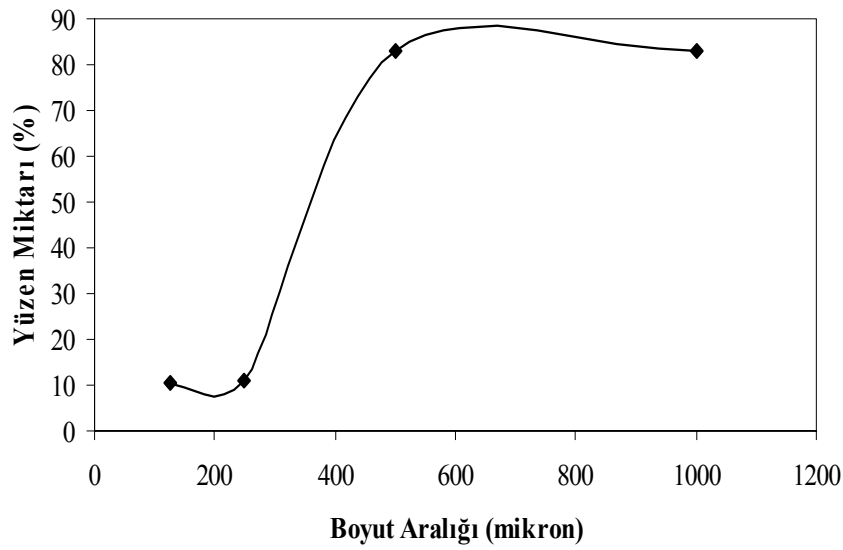
4.2.3.2 Farklı boyut aralıklarında GTAP ile yapılan Na-K feldspat flotasyonu

-2+1 mm boyutunda yapılan GTAP ile flotasyon deneylerinde seçimliliğin en fazla olduğu 10 g/l tuz konsantrasyonunda diğer boyutlarda da (-1+0.5, -0.5+0.25, -0.25+0.125mm) yukarıdaki şartlar baz alınarak ayrı ayrı flotasyon deneyleri yapılmıştır. Çizelge 4.14 ve Şekil 4.25'ten de görüldüğü gibi iri boyuttan ince boyuta doğru gittikçe K-Feldspat olarak alınan yüzen ürün oranı ve içeriği giderek azalmaktadır. Bu nedenden dolayı yüksek potasyum içerikli konsantre eldesi giderek zorlaşmıştır. Bu ürünlerle yapılan pişirme testlerinden de bu durumu açıkça görülmüştür (Ek 4). Bu sonuçlarda göstermektedir ki iri boyuttan ince boyuta doğru gidildikçe numune içerisinde K-Feldspat oranı azalırken Na-feldspat oranı artmaktadır. Yani K-Feldspat içeriği en yüksek boyut -2+1mm boyutu olduğu görülmektedir. Bu sonuçları yapılan XRF analizleri de doğrulamaktadır. -1+0,5mm boyutundaki malzemenin Na₂O %2.41, K₂O %4.228, SiO₂ %68.38, Fe₂O₃ %0.3402 içerdiği ve bu değerlerin tuz flotasyonu sonrasında elde edilen konsantrede Na₂O'in %1.40 düştüğü, K₂O'in %9.024'e ve Fe₂O₃'in %0.67 yükseldiği buna karşılık batan üründe bu değerlerin sırasıyla 5.91, 6.87 ve 0.21 olduğu görülmüştür.



Şekil 4.25 Farklı boyut aralıklarında yapılan Na-K feldspat flotasyonu.

-2+1, -1+0.5. -0.5+0.25. -0.25+0.125mm boyut gruplarında GTAP miktarı 200g/t'dan 400 g/t çıkarılıp Na-K Feldspat ayırımı 10 g/l tuz konsantrasyonunda yapıldığında yüzen ürün miktarı tüm boyut gruplarında Çizelge 4.15'te görüldüğü oldukça fazla olmakta buda seçimliliğin azalmasına neden olmaktadır. Bu durum göstermektedir ki kullanılan tuz miktarı 400 g/t reaktif miktarı için 200 g/t reaktif miktarında olduğu gibi yeterli olmamaktadır. Yani seçimli bir ayırım için 400 g/t GTAP 200 g/t GTAP miktarına göre seçimliliğin olması için daha fazla tuza ihtiyaç duymaktadır.

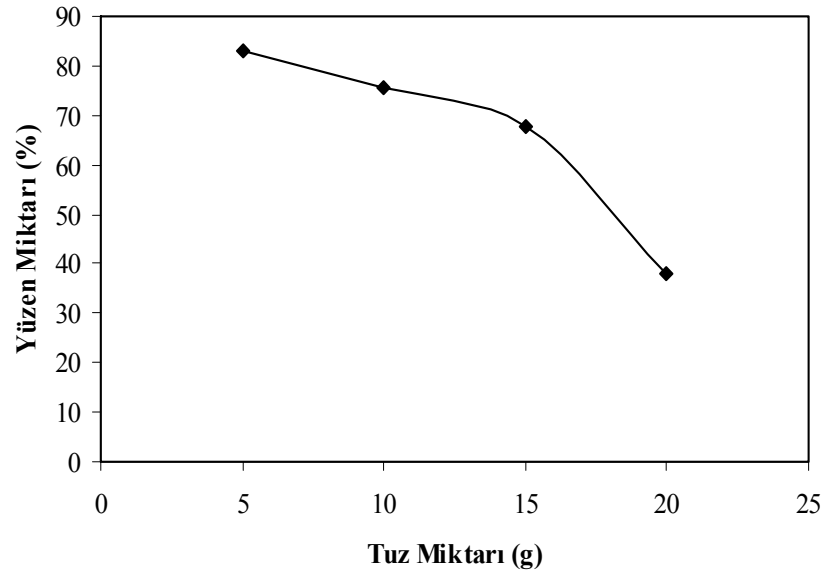


Şekil 4.26 Farklı boyut aralıklarında GTAP konsantrasyonunu iki kat arttırarak yapılan Na-K feldspat flotasyonu grafiği.

4.2.3.4 Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak ARMAC-T ile yapılan flotasyon çalışmaları

GTAP'la yapılan ve ticari olarak ve literatürde yaygın olarak kullanılan ARMAC-T'nin feldspat-kuars ayırımına ve arkasından tuzlarla beraber Na-K Feldspat ayırımı üzerine olan etkisini araştırmak amacıyla -1+0.5mm boyutundaki manyetik zenginleştirme sonrası manyetik empüritelerinin uzaklaştırıldığı ve 10 dakika seramik bilyalı değirmenle %50 pülp te katı oranında (PKO) -180 mikron altına öğütülen şlamı uzaklaştırılan malzemeye flotasyon deneyleri yapılmıştır. Flotasyon deneylerinde tüm şartlar ve çalışma parametreleri GTAP ile yapılan çalışmaların benzeridir. Tüm deneysel çalışmalarda HF miktarı 1000 g/t olarak sabit alınmış, köpürtücü olarak çam yağı ve tuz olarak NaCl kullanılmıştır.

Yapılan flotasyon çalışmalarında K ve Na Feldspatın renklerini görmek amacıyla 1260°C 'deki fırında 45 dk pişirilmiştir. Bu pişirme testleri sonucu elde edilen ürünler Ek 6, Ek 7 ve Ek 8'de açıkça görülmektedir. 5g tuz miktarında %82.95 flotasyon verimine sahip olmasına rağmen K-Na Feldspatın arasında seçimli bir ayırımın olmadığı gözlemlenmiştir. Konsantrenin artığında kalması gereken Na Feldspatın içinde ise kuvars varlığı saptanmıştır. Renk analizi dışına XRF analizleri yapılmıştır. Yapılan XRF sonuçlarına göre -1+0.5mm boyutundaki malzemede Na₂O %2.41, K₂O %4.228 içermektedir. Ancak tuz miktarındaki değişime göre ARMAC T'nin XRF sonuçlarına bakıldığında ise seçimli bir ayırım söz konusu değildir. 15g/t tuz konsantrasyonunda K₂O/Na₂O oranı 1.56 olduğundan seçimli bir ayırım gerçekleşmemiştir.



Şekil 4.27 Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak ARMAC-T ile yapılan flotasyon çalışmalarında K feldspat konsantrasyondaki değişim grafiği.

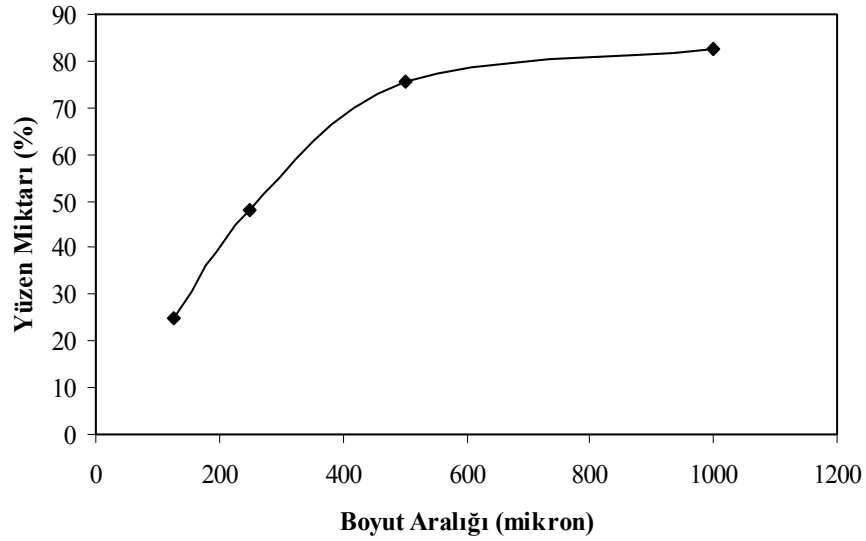
4.2.3.5 Farklı boyut aralıklarında ARMAC-T ile yapılan Na-K feldspat flotasyonu

-1+0.5mm boyutunda tuz konsantrasyonundaki değişime bağlı olarak yapılan flotasyon çalışmalarında en yüksek flotasyon verimine sahip 5g tuz konsantrasyonu olmasına karşın seçimliliğin olmadığı gözlemlendiğinden; 10g tuz konsantrasyonunda farklı boyut aralıklarında da flotasyon çalışmaları yapılmıştır. Aynı tuz konsantrasyonuna sahip flotasyon çalışmaları boyutun flotasyon verimi üzerindeki etkisini görmek amacıyla yapılmıştır.

Yapılan flotasyon çalışmalarında K ve Na Feldspatın pişme renklerini görmek amacıyla 1260°C 'deki fırında 45 dk pişirilmiştir. Bu pişirme testleri sonucu elde edilen ürünler Ek 9 ve Ek 10'da açıkça görülmektedir. Yapılan bu flotasyon çalışmalarında iri boyutlarda feldspat içinde kalan kuvars miktarı ince boyuta göre daha fazladır.

Çizelge 4.17 Farklı boyut aralıklarında ARMAC T ile yapılan Na-K feldspat flotasyonu.

Boyut (mm)	Ürünler	Ürünler	Miktar (g)	Miktar (%)	Miktar (%)
-2+1	Konsantre	K Feldspat	58.15	46.42	82.54
		Na Feldspat	12.30	9.82	17.46
		Toplam	70.45	56.24	100
	Artık	Na+K Feldspat	1.73	1.38	3.16
		Kuvars	53.08	42.38	96.84
		Toplam	54.81	43.76	100
	G.Toplam	125.26	100	–	
-1+0,5	Konsantre	K Feldspat	53.59	42.83	75.76
		Na Feldspat	17.15	13.71	24.24
		Toplam	70.74	56.54	100
	Artık	Na+K Feldspat	5.82	4.65	10.70
		Kuvars	48.55	38.81	89.30
		Toplam	54.37	43.46	100
	G.Toplam	125.11	100	–	
-0,5+0,25	Konsantre	K Feldspat	37.27	23.94	48.04
		Na Feldspat	40.31	25.89	51.96
		Toplam	77.58	49.83	100
	Artık	Na+K Feldspat	4.05	2.60	5.19
		Kuvars	74.04	47.56	94.81
		Toplam	78.09	50.16	100
	G.Toplam	155.67	100	–	
-0,25+0,125	Konsantre	K Feldspat	11.39	6.62	25.02
		Na Feldspat	34.13	19.83	74.98
		Toplam	45.52	26.45	100
	Artık	Na+K Feldspat	126.57	73.55	–
		Kuvars			
Toplam	172.09	100	–		



Şekil 4.28 Farklı boyut aralıklarında yapılan flotasyon çalışmalarında K feldspat konsantrasyonundaki değişim grafiği.

4.2.4 Farklı Amin türü reaktiflerin feldspat flotasyonunda olan etkisi

Farklı amin türü (ARMEEN DMCD, PROMOPET, ETHONEEN C112, DUOMEEN T, ARMEEN 312, ARMEEN 12D, DUOMEET T) reaktiflerle feldspat flotasyonu yapılarak bu reaktiflerin Na-K Feldspat ayırımında seçimlilik üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Öncelikle bu reaktiflerle feldspat kuvars ayırımı üzerinde etkin olan miktar saptanmaya çalışılmış ve ardından tuz miktarına göre flotasyona geçilmiştir. Elde edilen tüm numunelere pişirme testi ve bazı numunelere de XRF analizi yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçları bu şekilde yorumlanmaya çalışılmıştır. Deneylerde kullanılan numune deneyler öncesinde boyutu -1mm altına indirildikten sonra boyutlandırılıp -1+0.5, -0.5+0.25 ve -0,25+0.125mm boyutlarına ayrılıp manyetik zenginleştirme işlemine tabi tutulmuş ve manyetik ürünler uzaklaştırıldıktan sonra tüm boyutlardaki konsantreler birleştirilip harmanlanmış ve bu numuneyle (%5.44 Na₂O, %4.133 K₂O içeriğine sahip) flotasyon deneyleri yapılmıştır. Flotasyon deneyleri öncesi -1+0.125mm numune seramik bilyalı değirmende 15 dakika %50 PKO'nda öğütülerek boyutu -180 mikrona öğütülüp -38 mikron malzeme şlam olarak atılmıştır.

4.2.4.1 ARMEEN DMCD kullanılan flatsyon çalışmaları

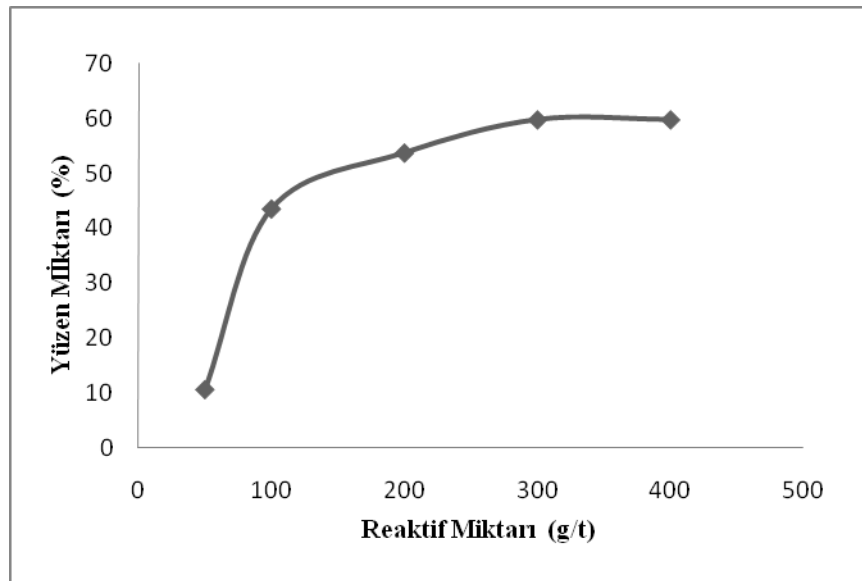
a) Reaktif tüketiminin saptanması

ARMEEN DMCD ile flotasyon deneylerinde öncelikle feldspat-kuvars ayırımı için gerekli olan reaktif miktarının saptanması amacıyla Çizelge 4.18'de görülen farklı reaktif

miktarlarında kademeli flotasyon deneyleri yapılmıştır. Flotasyon deneylerinde 1000 g/t HF sabit olarak alınmıştır. Flotasyon deneyleri önceki deneylerde olduğu gibi aynı şekilde yapılmıştır. Deneylerde köpürtücü olarak 0.0139625g çam yağı kullanılmıştır. Çizelge 4.18'den de görüldüğü gibi feldspat minerallerinin maksimum yüzebilirliğinin 300 g/t toplayıcı miktarında olduğu ve bu miktarın üzerine çıkıldığında yüzen ürün miktarında bir artış olmamaktadır. 300 g/t toplayıcı miktarında beslenen malzemenin %59.77'si yüzen ürün olarak alınmaktadır. Bundan dolayı tuz flotasyonu deneylerinde bu toplayıcı miktarı baz alınarak tuz ile flotasyon deneyleri yapılarak Na-K Feldspat ayırımı gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.18 Reaktif (ARMEEN DMCD).tüketiminin saptanması.

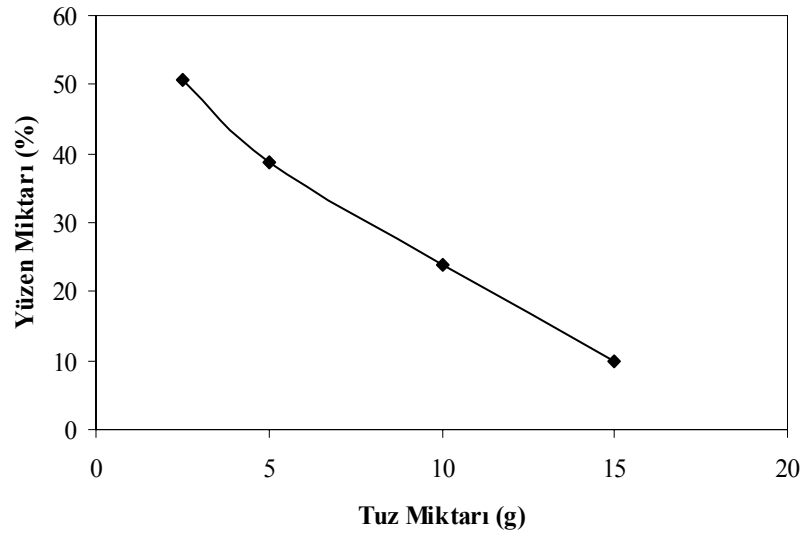
Reaktif miktarı (g/t)	Miktar (g)	Miktar (%)
50	15.05	10.56
100	62.01	43.51
200	76.56	53.72
300	85.19	59.77
400	85.19	59.77
Artık	57.33	40.23
Toplam	142.52	100
Şlam	41.41	—
Toplam	183.93	—



Şekil 4.29 Reaktif (ARMEEN DMCD) miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

b) Belirlenen Reaktif Tüketimine Göre Na-K feldspat Ayrımı

Kademeli flotasyon çalışmasında yapılan deneyde belirlenen 300g/t kollektör tüketimine bağlı olarak; farklı tuz konsantrasyonlarında deneyler yapılarak optimum tuz konsantrasyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil 4.30 ve Çizelge 4.19'dan da görüldüğü gibi tuz miktarı arttıkça yüzen ürün miktarında düşüş olmaktadır. Fakat bu düşüş K_2O içeriğinde önemli bir artışa neden olmamaktadır. Yapılan flotasyon çalışmalarında K ve Na Feldspatın renklerini görmek amacıyla $1260^{\circ}C$ 'deki fırında 45 dk pişirilmiştir. Bu pişirme testleri sonucu elde edilen ürünler Ek11, Ek12, Ek13 ve Ek14'te gösterildiği gibidir. Bu ürünlerin pişme renkleri K-Feldspat konsantresi için iyi, Na-Feldspat konsantresi için oldukça iyi olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca 15g/l tuz konsantrasyonunda yapılan renk analizi sonuçlarına göre; K Feldspat ve Na Feldspatın sırayla beyazlık dereceleri 64.47,87.01'dir. K Feldspat +0.15 kırmızıya ve +5.92 sarıya bakmakta iken; Na Feldspat -0.41 yeşile ve +2.88 sarıya bakmaktadır. Bu da Na Feldspatın birinci derece kalitede K Feldspatın ise 2. derece kalitede olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.30 ARMEEN DMCD ile tuz miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

ARMEEN DMCD ile yapılan flotasyon çalışmalarında feldspat ve kuvars ayırımının 300 g/t toplayıcı miktarında gerçekleştiği elde edilen artıktaki ürünlerin pişmemesi ve XRF sonuçları da bunu doğrulamaktadır. ARMEEN DMCD ile 5g/l ve 10 g/l tuz konsantrasyonlarında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. En iyi sonuç ise 5 g/l tuz konsantrasyonunda elde edilmiştir. Çünkü yüzen ürün miktarı %38.8 oranındadır ve Na-Feldspat bu tuz konsantrasyonunda daha verimli bir şekilde bastırılmıştır. Daha yüksek tuz konsantrasyonlarına çıkıldıkça yüzen ürün miktarında azalma olmaktadır.

Sonuç olarak, %5.44 Na₂O, %4.133 K₂O içeriğine sahip numuneden 5 g/l tuz konsantrasyonunda toplama göre %21.41 oranında %1.45 Na₂O ve %10.13 K₂O oranında bir K-Feldspat konsantresi ve %33.74 oranında %5.74 Na₂O ve %4.91 K₂O oranında Na-K Feldspat konsantresi elde edilmektedir. ARMEEN DMCD ile yapılan flotasyon çalışmalarında 2.5, 5, 10 g/l tuz konsantrasyonunda K₂O/Na₂O oranı sırasıyla 3.64, 6.99 ve 2.60 olmaktadır.

4.2.4.2 PROPOMEEN T/12 kullanılan flatasyon çalışmaları

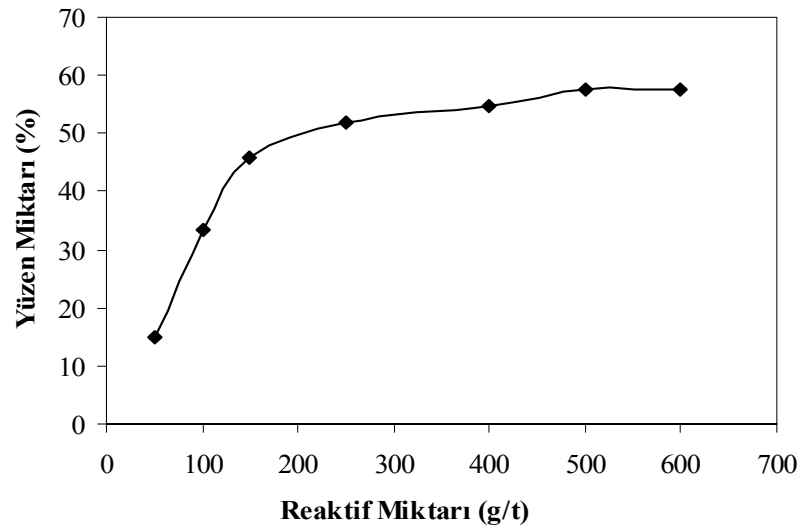
a) Reaktif tüketiminin saptanması

ARMEEN DMCD gibi aynı koşullarda PROPOMEEN T/12 ile flotasyon deneyleri yapılmıştır. Öncelikle feldspat kuvars ayırımı için gerekli olan reaktif konsantrasyonunun belirlenmesi için kademeli flotasyon deneyleri yapılmıştır. Şekil 4.31'den de görüldüğü gibi 500 gr/ton kollektör miktarına kadar yüzen ürün miktarında artış olmuş bu konsantrasyonun

üzerinde yüzen ürün miktarında herhangi bir değişim olmamıştır. 300 g/t kolektör miktarı feldspat kuvars ayırımı için optimum kolektör miktarı olarak seçilmiştir. Bu kolektörle tuz miktarındaki artışa bağlı olarak Na-K Feldspat deneylerinde yüzen ürün gelmediğinden elde edilen veriler değerlendirilmemiştir. Yani PROPOMEEN T/12 Na-K Feldspat ayırımında tuz varlığında etkin olmamaktadır.

Çizelge 4.20 Reaktif (PROPOMEEN T/12) tüketiminin saptanması.

Reaktif miktarı (g/t)	Miktar (g)	Miktar (%)
50	21.42	14.93
100	48.07	33.51
150	65.78	45.85
250	74.2	51.72
400	78.65	54.82
500	82.37	57.42
600	82.37	57.42
Artık	64.09	42.58
Toplam	146.46	100
Şlam	34.57	–
Toplam	181.03	–



Şekil 4.31 Reaktif (PROPOMEEN T/12) miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

b) Belirlenen Reaktif Tüketimine Göre Na-K feldspat Ayrımı

300g/t PROPOMEEN T/12 miktarında tuz miktarındaki değişime bağlı olarak Na-K Feldspat ayırımı için deneyler yapılmış fakat tuz Na-K Feldspat flotasyonunda bu reaktif için etkili olmamıştır.

Çizelge 4.21 Tuz miktarındaki değişime bağlı olarak PROPOMEEN T/12 ile yapılan flotasyon çalışmaları.

Tuz Miktarı (g)	Ürünler	Miktar (g)	Miktar (%)	Miktar (%)
5	K Feldspat	4.37	3.08	6.66
	Na Feldspat	61.22	43.1	93.34
	Toplam	65.59	46.18	100
	Na-K Feldspat	2.88	2.03	3.77
	Kuars	73.58	51.8	96.23
	Toplam	76.46	53.83	100
	ŞLAM	38.75	–	–
		142.05	100	–
10	Na-K Feldspat	72.19	48.94	37.47
	Kuars	75.31	51.06	39.09
	Toplam	147.5	100	–
	ŞLAM	45.16	–	23.44
	Toplam	192.66	–	100

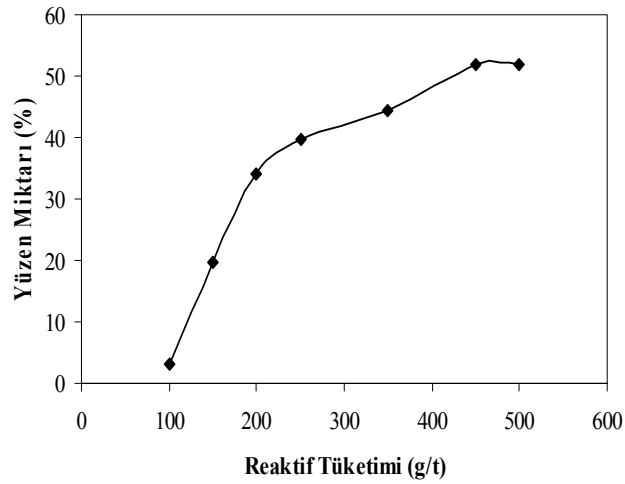
4.2.4.3 ETHONEEN C/12 kullanılan flotasyon çalışmaları

a) Reaktif tüketiminin saptanması

Toplayıcı olarak kullanılan ETHONEEN C/12 nin feldspat kuvars flotasyonunda reaktif tüketimini belirlemek amacıyla öncelikle kademeli flotasyon deneyleri yapılmıştır. Kademeli flotasyon deneyleri sonucunda 450 g/t kolektör miktarına kadar yüzen ürün miktarında Şekil 4.32 de görüldüğü gibi bir artış olmuş bu konsantrasyonun üzerinde ise yüzen ürün miktarında bir değişim olmadığından 450 g/t ETHONEEN C/12 miktarı feldspat kuvars ayırımı için optimum kolektör miktarı olarak seçilmiştir. Buna bağlı olarak da farklı tuz konsantrasyonunda Na-K Feldspatın seçimli olarak ayırımının gerçekleşip gerçekleşmediği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.22 Reaktif (ETHONEEN C/12) tüketiminin saptanması.

Reaktif miktarı (g/t)	Miktar (g)	Miktar (%)
100	4.76	3.27
150	28.61	19.67
200	49.35	33.92
250	57.74	39.69
350	64.65	44.44
450	75.61	51.98
550	75.61	51.98
Artık	69.86	48.02
Toplam	145.47	100
Şlam	43.67	–
Toplam	189.14	–

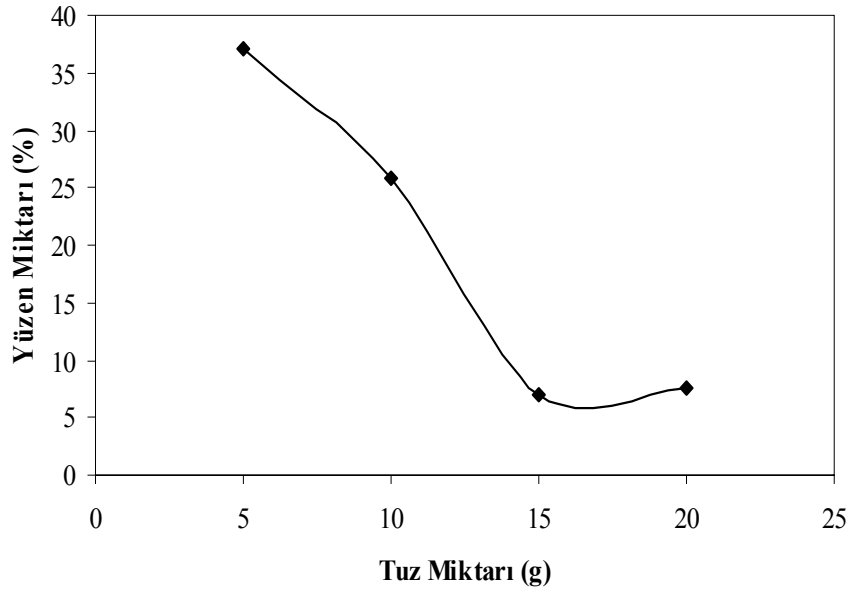


Şekil 4.32 Reaktif (ETHONEEN C/12) miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

b) Belirlenen Reaktif Tüketimine Göre Na-K feldspat Ayrımı

Kademeli flotasyon deneyleri ile belirlenen 450 g/t ETHONEEN C/12 kolektör miktarında değişen tuz konsantrasyonlarında Na-K Feldspat ayrımı için flotasyon deneyleri yapılmış ve Çizelge 4.23 ile Şekil 4.33'de görülen sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 4.33'ten de görüldüğü üzere tuz konsantrasyonunda ki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarında azalma olmaktadır. 10 g/t tuz konsantrasyonunun üzerindeki tuz konsantrasyonlarında yüzen ürün miktarında oldukça büyük azalmalar olmaktadır. Yapılan flotasyon çalışmalarında K ve Na

Feldspatın renklerini görmek amacıyla 1260°C 'deki fırında 45 dk pişirilmiştir. Bu pişirme testleri sonucu elde edilen ürünler Ek 15, Ek 16 ve Ek 17'de gösterildiği gibidir. 10 g/t tuz konsantrasyonunda en iyi Na-K Feldspat ayırımı gerçekleştirilmiş olup miktarca %25.86 oranında %1.89 Na₂O ve %10.33 K₂O içerikli bir K-Feldspat konsantresi elde edilebilmektedir. Bu ürünün batanında ise miktarca %74.14 oranında %6.26 Na₂O ve %5.92 K₂O içerikli Na-K karışık feldspat konsantresi elde edilmektedir. Ayrıca yapılan 10g/l tuz konsantrasyonunda gerçekleştirilen renk analizi sonuçlarına göre; K Feldspat ve Na Feldspatın sırasıyla beyazlık dereceleri 69.17, 87.71'dir. K feldspat 0.09 yeşile ve 5.85 sarıya bakmakta iken; Na Feldspat 0.45 yeşile ve 2.61 maviye bakmaktadır. Bu da K Feldspatın iyi, Na Feldspatın ise çok iyi kalitede olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.33 ETHONEEN C/12 ile tuz miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

Sonuç olarak ETHONEEN C/12 Na-K Feldspat ayırımında etkinliğinin 10 g/l tuz varlığına kadar etkin olduğu bu konsantrasyondan sonra ise etkinliğinin azaldığı görülmektedir. Çizelge 4.23'ten de görüldüğü üzere en etkin konsantrasyonların 5 ve 10 g/l olduğu görülmektedir.

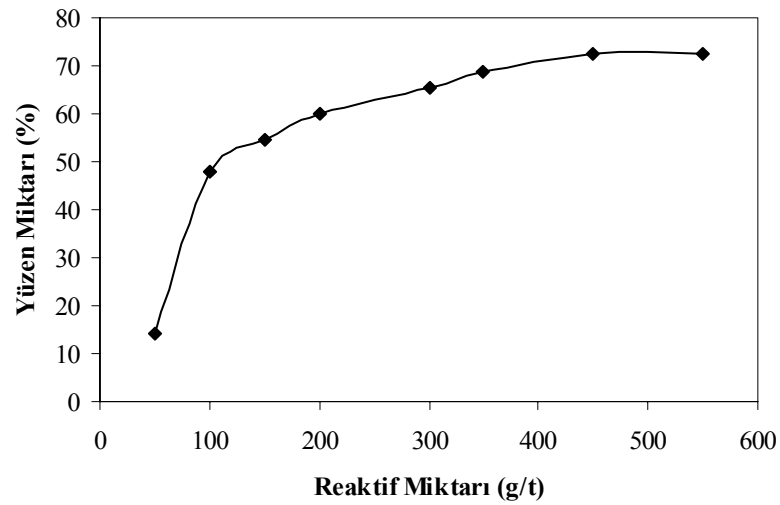
4.2.4.4 DUOMEEN T kullanılan flatasyon çalışmaları

Reaktif tüketiminin saptanması

Toplayıcı olarak kullanılan DUOMEEN T'nin feldspat kuvars flotasyonunda reaktif tüketimini belirlemek amacıyla kademeli flotasyon deneyleri yapılmıştır. Kademeli flotasyon deneyleri sonucunda DUOMEEN T'nin kuvars feldspat ayırımı için etkin olmadığı görülmüştür. Çünkü DUOMEEN T miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarında gittikçe artış olmuş ve 650 g/t üzerinde hücredeki tüm malzemenin yüzdüğü görülmüştür. Bundan dolayı bu reaktifle seçimlilik olmadığı düşüncesiyle reaktif konsantrasyonunda belirlenemediğinden tuz miktarına bağlı olarak Na-K Feldspat ayırımı yapılmamıştır. Belirli bir miktarda maksimum yüzebilirlik koşulu saptanamamıştır.

Çizelge 4.24 Reaktif (DUOMEEN T) tüketiminin saptanması.

Reaktif miktarı (g/t)	Miktar (g)	Miktar (%)
50	20.26	14.28
100	67.94	47.87
150	77.67	54.73
200	84.79	59.74
300	93.1	65.60
350	97.35	68.59
450	103.06	72.62
650	114.22	80.48
750	114.22	80.48
Artık	27.70	19.52
Toplam	141.92	100
Şlam	40.91	–
Toplam	182.83	–



Şekil 4.34 Reaktif (DUOMEEN T) miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim

4.2.4.5 ARMEEN 312 kullanılan flatasyon çalışmaları

Reaktif tüketiminin saptanması

Toplayıcı olarak kullanılan ARMEEN 312 nin feldspat kuvars flotasyonunda reaktif tüketimini belirlemek amacıyla kademeli flotasyon deneyleri yapılmıştır. Yaklaşık olarak 1500 g/t kolektör konsantrasyonuna kadar çıkılmasına rağmen yüzen ürün miktarında önemli bir artış olmamıştır. Bu konsantrasyonda malzemenin %11.42'sinin ancak yüzdüğü ve yüzen ürününde

büyük oranda renkli empüritelere oluştuğu görülmüştür. Bu nedenden dolayı bu reaktifle malzeme içindeki renkli empüritelere ilk kademede yüzdürülmesi amaçlanmıştır.

Çizelge 4.25 Reaktif (ARMEEN 312) tüketiminin saptanması.

Reaktif miktarı (g/t)	Miktar (g)	Miktar (%)
1114	6.08	5.07
1465	15.45	11.42
1465	15.45	–
Artık	119.86	88.58
Toplam	135.31	100
Şlam	40.05	–
Toplam	175.36	–

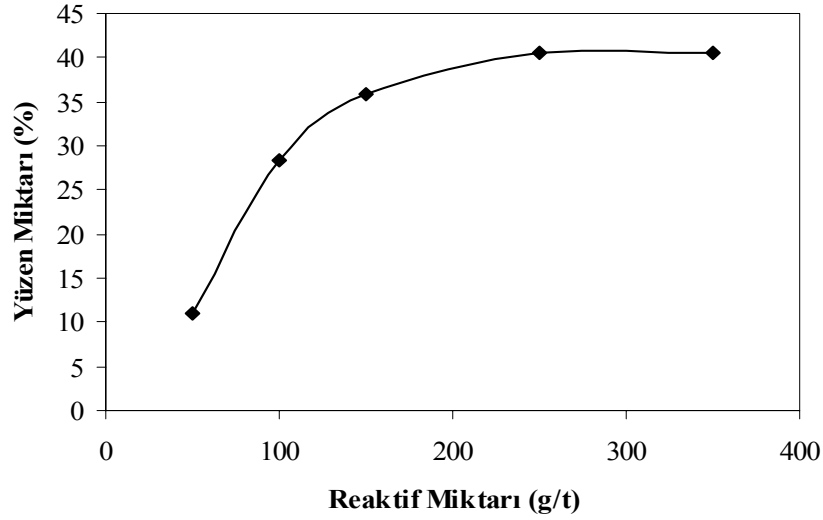
4.2.4.6 ARMEEN 12D kullanılan flatasyon çalışmaları

a) Reaktif tüketiminin saptanması

Toplayıcı olarak kullanılan ARMEEN 12D nin feldspat kuvars flotasyonunda reaktif tüketimini belirlemek amacıyla kademeli flotasyon deneyi yapılmıştır. Yapılan kademeli flotasyon deneyleri sonucunda Şekil 4.35’den de görüldüğü üzere 250 g/t ARMEEN 12D konsantrasyonunda maksimum yüzebilirlik sağlanmıştır. Bu konsantrasyonun üzerine çıkıldığında ise, yüzen ürün miktarında herhangi bir değişim olmamıştır. Bu nedenden dolayı 250 g/t kollektör miktarı Na-K Feldspat deneyleri için sabit olarak alınmıştır. Çizelge 4.26’den de görüldüğü gibi 250 g/t toplayıcı konsantrasyonunda malzemenin %40.51 konsantrede kalmıştır.

Çizelge 4.26 Reaktif (ARMEEN 12D) tüketiminin saptanması.

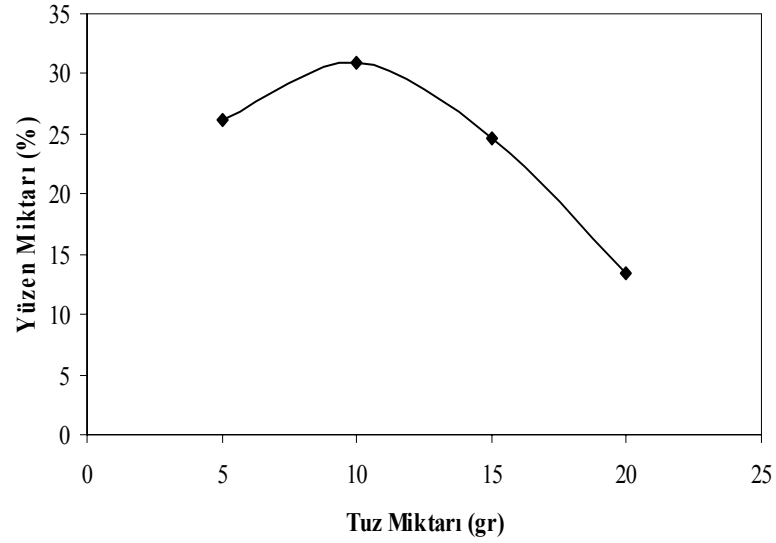
Reaktif miktarı (g/t)	Miktar (g)	Miktar (%)
50	15.46	11.00
100	39.94	28.42
150	50.54	35.96
250	56.92	40.51
350	56.92	40.51
Artık	83.62	59.5
Toplam	140.54	100
Şlam	45.02	–
Toplam	185.56	–



Şekil 4.35 Reaktif (ARMEEN 12D) miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

b) Belirlenen Reaktif Tüketimine Göre Na-K feldspat Ayrımı

Kademeli flotasyon deneyleriyle belirlenen kolektör konsantrasyonuna bağlı olarak Na-K Feldspat ayrımı için, tuz konsantrasyonundaki değişime bağlı olarak Şekil 4.36 ve Çizelge 4.27'de belirtilen farklı tuz konsantrasyonlarında flotasyon deneyleri yapılmıştır. Böylece hangi tuz konsantrasyonunda daha iyi K-Na Feldspat ayrımı gerçekleştiği belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan flotasyon çalışmalarında K ve Na Feldspatın pişme renklerini görmek amacıyla elde edilen ürünlerin pişirme testleri sonucu Ek 18, Ek 19 ve Ek 20'de gösterildiği gibidir. Çizelge 4.27'den de görüldüğü gibi 10 g/l tuz konsantrasyonuna kadar yüzen ürün miktarında bir artış olmakta fakat bundan sonra ise yüzen ürün miktarında bir azalma olmaktadır. 5, 10 ve 15 g/t tuz konsantrasyonlarında yüzen ürünlerin tümünde sırasıyla arttıkça K₂O oranı sırasıyla 10.48, 10.18 ve 10.29 olmaktadır. Görüldüğü üzere tüm bu tuz konsantrasyonlarında K₂O içeriği %10'un üzerine çıkmıştır. Feldspatın yüzebilirlik oranında bir miktar artış daha sonra ise flotasyon veriminin düştüğü görülmektedir.



Şekil 4.36 ARMEEN 12D ile tuz miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

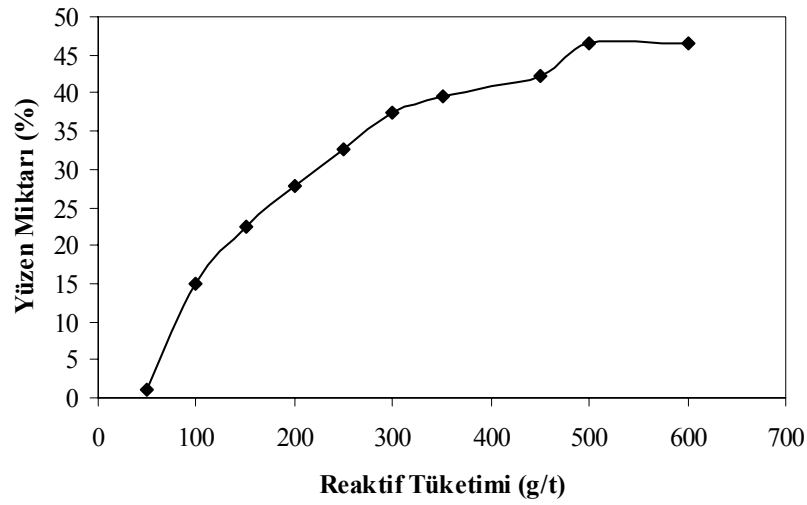
4.2.4.7 DUOMEET T kullanılan flotasyon çalışmaları

a) Reaktif tüketiminin saptanması

Toplayıcı olarak kullanılan DUOMEET T nin feldspat kuvars flotasyonunda bu iki mineralin birbirinden ayrılması için gerekli reaktif miktarını belirlemek amacıyla kademeli flotasyon deneyi yapılmıştır. Yapılan kademeli flotasyon deneyi sonucunda Çizelge 4.28 ve Şekil 4.37'den de görüldüğü gibi 650 g/t DUOMEET T miktarında maksimum yüzebilirlik sağlanmıştır. Çizelgeden de görüldüğü gibi 700 g/t toplayıcı konsantrasyonunda malzemenin %46.4'ü konsantrede kalmıştır. Buna bağlı olarak da farklı tuz konsantrasyonunda Na-K Feldspatın seçimli olarak ayrımının gerçekleşip gerçekleşmediği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.28 Reaktif (DUOMEET T) tüketiminin saptanması.

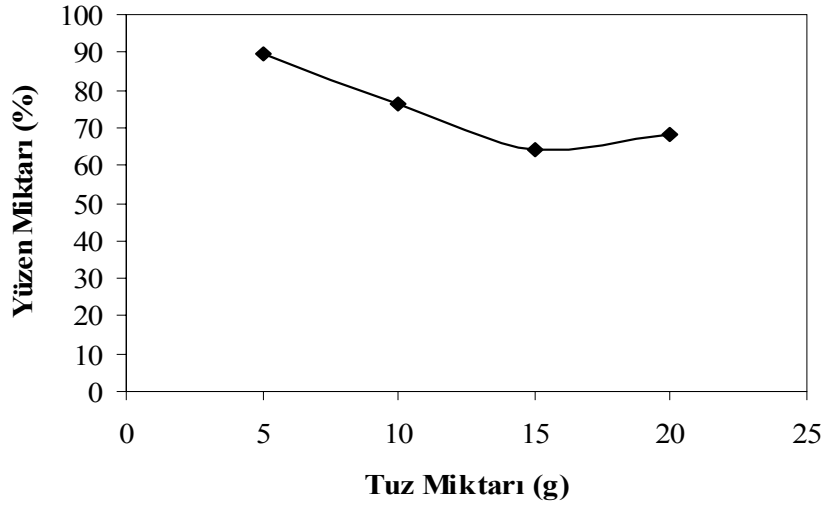
Reaktif miktarı (g/t)	Miktar (g)	Miktar (%)
50	1.38	0.95
100	21.71	14.95
150	32.57	22.42
200	40.26	27.72
250	47.57	32.75
300	54.2	37.31
350	57.65	39.69
450	61.2	42.13
500	67.40	46.4
600	67.40	—
Artık	77.86	53.6
Toplam	145.26	100
Şlam	38.84	—
Toplam	184.1	—



Şekil 4.37 Reaktif (DUOMEET T) miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

b) Belirlenen Reaktif Tüketimine Göre Na-K feldspat Ayrımı

Kademeli flotasyon çalışmasında yapılan deneyde belirlenen 700g/t reaktif tüketimine bağlı olarak; farklı tuz konsantrasyonlarında deneyler yapılmıştır. Böylece hangi tuz konsantrasyonunda daha iyi K-Na Feldspat ayrımı gerçekleştiği belirlenmeye çalışılmıştır. Çizelge 4.29'dan da görüldüğü gibi tuz miktarı arttıkça K Feldspatın yüzebilirlik oranında düşüş olmuştur.



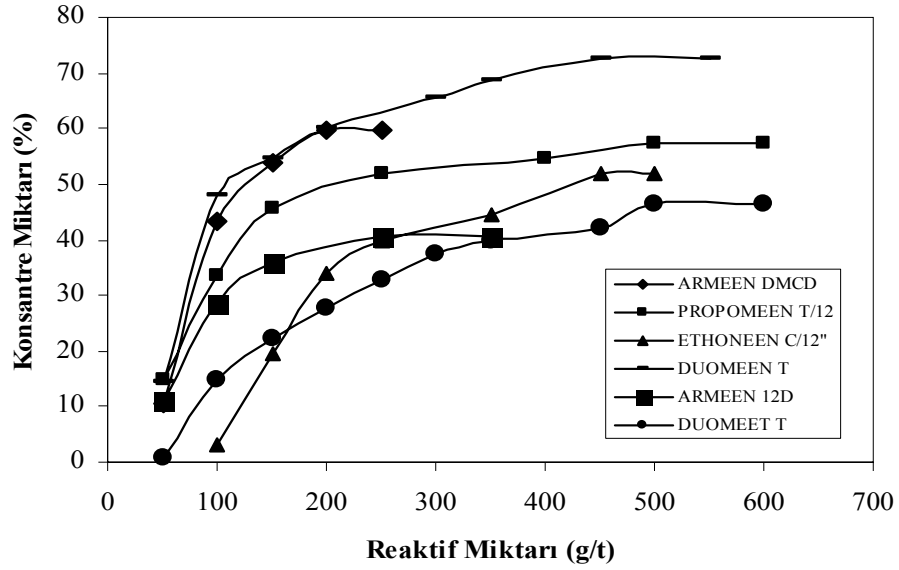
Şekil 4.38 DUOMEET T ile tuz miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

4.2.4.8 Na-K feldspat flotasyonunda kullanılan reaktiflerin karşılaştırılması

a) Na-K feldspat ayırımında reaktiflerin tüketim miktarlarındaki farklılıklar

Na-K Feldspat ayırımı için kullanılan tüm kolektörlerin tüketim farklılıklarını görmek amacıyla kolektörlerin; reaktif tüketimine bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim Şekil 4.39'da gösterildiği gibidir. Yapılan bu flotasyon çalışmalarında aynı boyut aralığında malzeme (-2+1mm) kullanılmıştır. Şekilde belirtildiği gibi her reaktifin feldspat flotasyonu üzerindeki etkileri değişiklikler göstermektedir. En fazla reaktif tüketimi DUOMEET T isimli kolektör iken; en az reaktif tüketimine sahip kolektör ARMEEN DMCD dir. Diğer reaktifleri incelediğimizde ise ARMEEN DMCD'den sonra sırayı ARMEEN 12D, ETHONEEN C/12, DUOMEEN T, PROPOMEEN T/12, DUOMEET T olarak sıralanmıştır.

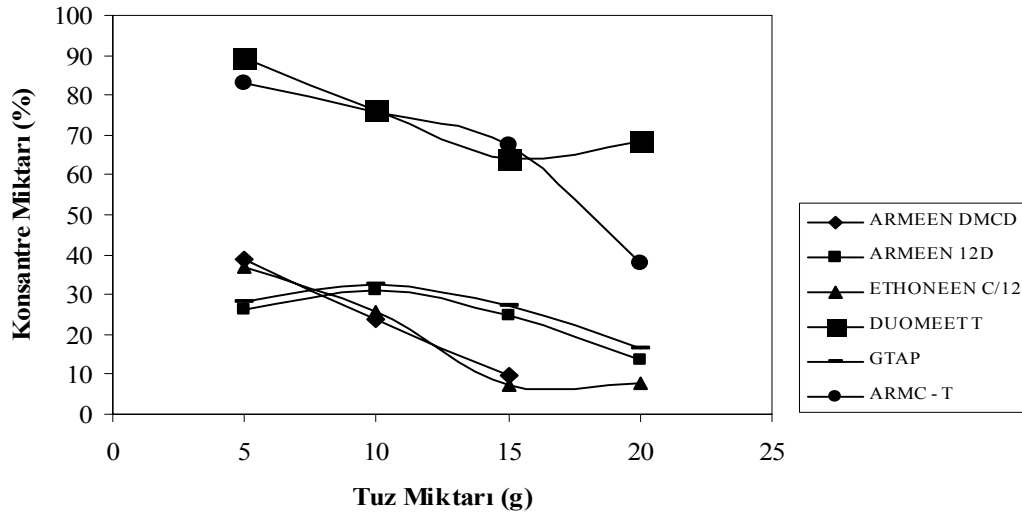
Sonuç olarak kullanılacak olan reaktifin az tüketilmesi maliyet açısından önemli ölçüde fayda sağlar.



Şekil 4.39 Farklı kolektörlerin reaktif tüketimine bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

b) Farklı reaktif türlerinin Na-K feldspat ayırımı üzerindeki etkileri

Na-K Feldspat flotasyonunda kullanılan reaktiflerin en etkin olanını saptamak amacıyla Şekil 4.36'da gösterilen eğriler elde edilmiştir. Tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim incelendiğinde; ETHONEEN C/12 ile ARMEEN DMCD, GTAP ile ARMEEN 12D, ARMAC T ile DUOMEET T'nin gösterdiği benzerlikler şekil 4.40'ta açıkça görülmektedir. ETHONEEN C/12 ile ARMEEN DMCD 5g/l tuz konsantrasyonunda, GTAP ile ARMEEN 12D 10g/l tuz konsantrasyonunda, ARMAC T ile DUOMEET T 5g/l tuz konsantrasyonunda yüzen ürün miktarları optimumdur. Ancak Na-K Feldspat ayırımında ARMAC T etkin değil iken, GTAP 5g/l, ARMEEN DMCD 5g/l, ETHONEEN C/12 10g/l, DUOMEET T 20g/l ARMEEN 12D tüm tuz konsantrasyonlarında seçicilik söz konusudur.



Şekil 4.40 Farklı reaktif türlerinin tuz miktarındaki artışa bağlı olarak yüzen ürün miktarındaki değişim.

4.2.5 Renkli manyetik minerallerin ARMEEN 312 ve Na OLEAT ile uzaklaştırılması

4.2.5.1 ARMEEN 312 ile renkli manyetik minerallerin uzaklaştırılması

-1+0.5mm boyut aralığında yapılan bu flotasyon çalışmalarında kolektör olarak GTAP, ARMEEN DMCD ve DUOMEET T kullanılmıştır. Kaba flotasyon sonrası uygulanan temizleme flotasyonunda kullanılan; GTAP, ARMEEN DMCD ve DUOMEET T reaktifleri için tuz miktarları sırasıyla 10,2.5 ve 25 g'dır. Yapılan flotasyon çalışmalarında K ve Na Feldspatın renklerini görmek amacıyla 1260°C'deki fırında 45 dk pişirilmiştir. Bu pişirme testleri sonucu elde edilen ürünler Ek 25, Ek 27 ve Ek 28'de gösterildiği gibidir. Pişirilen Na-K Feldspat numuneleri incelendiğinde ARMEEN DMCD ile renkli manyetik mineraller daha iyi uzaklaştırılmıştır. Çizelge 4.30'daki verilerden de anlaşılacağı üzere; GTAP, ARMEEN DMCD ve DUOMEET T K feldspattaki Fe_2O_3 içerikleri sırasıyla 0.0807, 0.2804, 0.1018'dir. Buna karşın XRF sonuçlarına göre en iyi K Feldspat ARMEEN DMCD ile Na_2O içeriği %2.41'den %2.59'a; K_2O ise %4.228'den %9.422'ye yükseltilecek en başarılı sonuç elde edilmiştir. Ancak DUOMEET T ile elde edilen Na_2O ve K_2O içerikleri ise sırasıyla %3.31, %9.308'dir. Bu sonuçlar doğrultusunda ARMEEN DMCD cam endüstrisi için, DUOMEET T ise seramik sektörü için uygun koşulları sağlamaktadır.

4.2.5.2 Farklı boyut aralıklarında ARMEEN 312 ile renkli manyetik minerallerin uzaklaştırılması

Renkli manyetik mineralleri uzaklaştırmada kullanılan ARMEEN 312'nin ekisini görmek amacıyla -2+1mm ve -1+0.5mm boyut aralıklarında flotasyon deneyleri yapılmıştır. Bu flotasyon çalışmalarında elde edilen veriler Çizelge 4.31'deki gösterildiği gibidir. Yapılan bu flotasyon çalışmalarında kaba flotasyon sonrası temizleme flotasyonunda 10'ar g tuz kullanılmıştır. ARMEEN 312 miktarı -2+1mm ve -1+0.5mm boyut aralıklarında sırasıyla 750g/t ve 1500g/t'dur. -2+1mm boyutunda elde edilen renkli mineral miktarı -1+0.5mm boyutunda ancak 1500g/t ARMEEN 312 ile sağlanmaktadır. Bu da gösteriyor ki; ARMEEN 312 ile yapılan flotasyon çalışmalarında reaktif tüketimini arttırmaktadır. Ancak bu çalışmalar esnasında kullanılan ARMEEN 312 miktarındaki artış önemlidir. Bunun sebebi ise, reaktifin artışıyla K Feldspat mineralleri renkli empüriteler ile beraber yüzmesidir. Yapılan flotasyon çalışmalarında K ve Na Feldspatın renklerini görmek amacıyla 1260°C 'deki fırında 45 dk pişirilmiştir. Bu pişirme testleri sonucu elde edilen ürünler Ek 24 ve Ek 25'de gösterildiği gibidir. Ayrıca -2+1mm boyutu için gerçekleştirilen renk analizi sonuçlarına göre; K Feldspat ve Na Feldspatın sırasıyla beyazlık dereceleri sırasıyla 81.98, 83.90'dır. K Feldspat 3.51sarıya bakmakta iken; Na feldspat 0.30 yeşile ve 4.41 sarıya bakmaktadır. Bu sonuçlarda renkli empüritelerin uzaklaştırılmasından sonra iyi kalitede Na ve K Feldspat değerlerine ulaşıldığını göstermektedir.

4.2.5.3 Na OLEAT ile renkli manyetik minerallerin uzaklaştırılması

-1+0.5mm boyut aralığında yapılan bu flotasyon çalışmalarında kolektör olarak GTAP, kullanılmıştır. Kaba flotasyon sonrası uygulanan temizleme flotasyonunda kullanılan tuz miktarı 10g'dır. Yapılan flotasyon çalışmalarında K ve Na Feldspatın renklerini görmek amacıyla 1260°C'deki fırında 45 dk pişirilmiştir. Bu pişirme testleri sonucu elde edilen ürünler Ek26'da gösterildiği gibidir. Pişirilen Na-K Feldspat numuneleri incelendiğinde ARMEEN 312'nin Fe₂O₃ ve TiO₂ emprütelerini daha iyi uzaklaştırıldığı gözle görülmektedir. Bu sonucu desteklemek amacıyla yapılan XRF sonuçlarında da aynı durum söz konusudur.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Altere gnays cevheri içerisinde mevcut olan şlam boyutundaki killi ve ince malzeme yıkama ve dağıtma yapılarak flotasyon işlemleri öncesinde uzaklaştırılıp hem cevherin feldspat içeriği artırılmış hemde bu malzemelerin flotasyona olabilecek negatif etkisinden kurtulmaya çalışılmıştır.

Cevher içerisinde yıkama dağıtma sonrası -250+45 mikron üzeri hala büyük miktarlarda mevcut olan demirli renkli minerallerin flotasyonla uzaklaştırılması zor olacağı reaktif tüketiminde negatif etkileneceği düşünülerek yapılan manyetik zenginleştirme sonrasında bu mineraller büyük oranda uzaklaştırılmıştır. Bu şekilde flotasyon öncesi daha temiz bir flotasyon beslemesi feldspat cevheri elde edilmiştir.

Feldspat cevheri içerisinde mevcut olan demirli renkli minerallerin manyetik zenginleştirmeyele uzaklaştırmadan ve uzaklaştırılarak cevherin tabii pH'sında GTAP ve ARMAC-T ile yapılan flotasyon deneylerinde renkli minerallerin aşırı miktarda reaktif tüketimine neden olduğu görülmüştür. Manyetik zenginleştirmeye tabi tutulan numunede GTAP ve ARMAC T sırasıyla 100 ve 125g/t toplayıcı tüketimine ulaşmışken; manyetik ayırma yapılmadan tüvenan cevherle yapılan flotasyonda GTAP ve ARMAC T'nin sırasıyla tüketimi 200 ve 300g/t'dur. Renkli minerallerin genel olarak + yüklü minerallerden meydana geldiği düşünüldüğünde tane etkileşim kuvvetleri (elektrostatik çekim kuvveti) bu sistemde etkili olup, “-” yüklü feldspat yüzeyine kolektör adsorbsiyonunu şlam kaplamada olduğu gibi belirli oranda etkileyebilmektedir.

Cevher içerisinde biotit, demir oksit gibi mineral yüzdesi fazla ise, direkt flotasyon yerine reaktif tüketimini azaltmak için flotasyon öncesi cevherin bu minerallerden manyetik ayırma ile temizlemesi bir zorunluluk olmaktadır.

ARMEEN DMCD ile yapılan çalışmalarda 5 g/l tuz konsantrasyonunda toplama göre miktarca %21.41 oranında %1.45 Na₂O ve %10.13 K₂O oranında bir K-Feldspat konsantresi ve miktarca %33.74 oranında %5.74 Na₂O ve %4.91 K₂O oranında Na-K Feldspat konsantresi elde edilmiştir.

ETHONEEN C/12 ile 10 g/l tuz konsantrasyonunda miktarca toplamda %14.03 oranında %1.89 Na₂O ve %10.33 K₂O içerikli bir K-Feldspat konsantresi ve miktarca %40.14 oranında %6.26 Na₂O ve %5.92 K₂O içerikli Na-K karışık feldspat konsantresi elde edilmiştir.

ARMEEN 12D ile yapılan çalışmalarda 15 g/l tuz konsantrasyonunda toplama göre miktarca %10.29 oranında %1.73 Na₂O ve %10.29 K₂O oranında bir K-Feldspat konsantresi ve %31.46 oranında %4.54 Na₂O ve %7.63 K₂O oranında Na-K Feldspat konsantresi elde edilmiştir.

DUOMEET T ile yapılan çalışmalarda 20 g/l tuz konsantrasyonunda toplama göre %31.46 oranında %2.56 Na₂O ve %9.12 K₂O oranında bir K-Feldspat konsantresi ve %14.59 oranında %6.09 Na₂O ve %3.88 K₂O oranında Na-K Feldspat konsantresi elde edilmiştir.

PROPOMEET ile yapılan deneylerde kuvars feldspat ayırımı yapılmış fakat tuz ile Na-K Feldspat ayırımı yapılamamıştır. DUOMEEN T ise kuvars feldspat ayırımında etkili olmamıştır.

ARMEEN 312 Na-oleata göre renkli manyetik mineralleri daha iyi uzaklaştırmakta ve reaktif tüketimi de daha az olmaktadır.

ARMEEN 312 ile pH 3-4 arasında yapılacak flotasyonla manyetik zenginleştirme sonrası cevherde kalan demirli renkli mineralin büyük oranda uzaklaştırılmasıyla elde edilecek ürünlerin demir içerikleri önemli miktarda düşürülebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Seyrankaya A, Akar A., 1997, Beneficiation of Manisa Gördes (Turkey) Feldspar Ore of Use in the Ceramic and Glass Industries, 7th Balkan Conference on Mineral Processing, v.2, p. 173-178. Romania: Vatra Dornei.
- [2] Pryor E.J., 1965, Mineral Processing Elsevier, Amsterdam-London-Newyork, p. 704-705.
- [3] Baarson R.E., Ray C.L. Treweek H.B., 1962, Plant Practice in Nonmetallic Mineral Flotation, Froth Flotation 50th Anniversay Vol., p. 427-446, Published by AIME, Newyork
- [4] Çuhadaroğlu D., Okur E., Toroğlu İ., 1992, Karacaören (Simav) alkali feldspatlarının zenginleştirilme olanaklarının araştırılması, 4th International Mineral Processing Symposium, V.2, p. 665-675, 20-22 October, Antalya-Turkey
- [5] Gökalp T., Ulu E., 1993, Bursa-Orhaneli-Yeşiller Siyenitlerinin Laboratuar Ölçekli Zenginleştirme Çalışmaları, Türkiye 13. Madencilik Kongresi, s.683-694, İstanbul.
- [6] Redeker I.H., 1997, Flotation of Feldspar, Spodumene, Quartz and Mica From Pegmatites in North Carolina, Erzmetall, band 30, heft 12, p. 566-571, Deutschland
- [7] Uhlig D., 1988, The Influence of Mechanical Pretreatment and Chemical Conditioning on the Flotation Feldspar from Rocks of Different Paragenesis, XVI International Mineral Processing Congress, Elsevier Science Publishers B.V., p.1607-1618 Amsterdam
- [8] Sümer G., Kaya M., 1995, Aydın-Çine Feldspatlarının Flotasyon ile Zenginleştirilmesi Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Köse ve Kızıl (eds), s.59-69, İzmir.
- [9] Geredeli A., Özbayoğlu G., 1995, Simav Feldspatının Flotasyonu, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Köse ve Kızıl (eds), s.71-81, 21-22 Nisan, İzmir-Türkiye
- [10] Akar A., 1994, Evaluation of Gördes-Köprübaşı District Feldspar Industrial Raw Material Deposits, Progress in Mineral Processing Technology, Proceedings of 5th International Mineral Processing Symposium, p. 243-249, Cappadocia-Turkey
- [11] Ütine T., 1987, Köpüklü Yüzdürme ile Feldspat Kuvars Ayrımında Yüzey Kimyası, Madencilik Dergisi, cilt XXVI, sayı 4, s.7-9
- [12] Katayanagi T., 1973, Ceramics Japan, 8(1), pp 58-61.
- [13] Shimoiizaka J., Nakatsuka K., 1978, The Technology Reports of the Tohoku University, 43(1) p. 137-149.
- [14] Malghan S.G., 1981, Effect of Process Variables in Feldspat Flotation using Non-HF System, Minerals Engineering, 33(11), p. 1616-1623.
- [15] Bolin N.J., 1983, A study of feldspar flotation, Erzmatall, 36 9, p. 427-432.
- [16] Matieu G.I., Sirois L.L., 1984, Reagents in the Minerals Industry, The Institution of Mining and Metallurgy, Edited by M.J. Jones and R. Oblatt; p. 57-67.
- [17] El Salmawy M.S., Nakahiro Y., Wakamatsu T., 1993, Activation of Quartz and Feldspar With Metal Ions in Flotation, Minerals Engineering, 6(12), p. 1231-1243.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [18] Şahin F., 2000, Feldspat-kuvars flotasyonunda metal iyonlarının seçimliliğe etkisinin incelenmesi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi: Ankara.
- [19] Manser, R.M., 1975, Handbook of silicate flotation, Warren Spring Laboratory, Stevenage, England , p.206
- [20] Perkins, D., 2002, Mineralogy, Prentice-Hall Đnc., New Jersey, 8 s, ABD.
- [21] Roger. A.K. and Dean. v.d., 1994, Industrial Minerals and Rocks. Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc., Littleton. Colorado. p. 481.
- [22] Endüstriyel Hammadde kitabı
- [23] Karagüzel, C., 2005, Na-K Feldspat minerallerinin flotasyon yöntemi ile ayrımında hidrofobiteyi etkileyen parametreler, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 201 s, Eskisehir.
- [24] Yılmaz, Y., 1999, Feldspat, Endüstriyel mineraller el kitabı. Önal vd. (eds), İMİB yayınları, 92 s, Đstanbul. Zadorozhnaya, F.I., 1977. Effect of.
- [25] Özpeker I., 1999, Feldspat Envarteri. İMMİB, s. 83, İstanbul.
- [26] DPT, 2001, Seramik-refrakter-cam hammaddeleri çalışma grubu raporu, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Madencilik Özel Đhtisas Komisyonu, No: DPT: 2611-OİK:622, 148 s, ANKARA.
- [27] Sailer, M., 1999, In a state of flux - Feldspar and nepheline syenite reviewed, Industrial Minerals, pp.43-53, October.
- [28] DPT, 1995, Seramik-Refrakter-Cam Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu. T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Cilt 1, No: DPT: 2418-OİK:477, 145 s, Ankara.
- [29] DPT, 1995, Seramik-Refrakter-Cam Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu. T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Cilt 3, No: DPT: 2418-OİK:477, 187 s, Ankara.
- [30] Önal G., 1985, Cevher hazırlamada flotasyon dışındaki zenginleştirme yöntemleri, İTÜ. Maden Fakültesi, 153, İstanbul.
- [31] Okur E., 1985, Simav-Dağardı Feldspatlarının Elektrostatik Ayırma ile Zenginleştirilmesi. Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi Cilt 2, Sayı 2, 61-68, Eskişehir.
- [32] Özgen S. 2008, Silikatların Flotasyonunda Mineral Özelliklerinin Flotasyon Başarısına Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek lisans tezi, Isparta
- [33] Sümer, G., Kaya M., 1995, Aydın-Çine Feldspatlarının Flotasyon ile Zenginleştirilmesi. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. 21-22 Nisan, 45-49, İzmir.
- [34] Bayraktar, L, Ersaym, S., Gülsoy, Ö.Y., 1998, Magnetic Separation and Flotation of Albite Ore, Innovations in Mineral and Coal Processing, pp. 315-318
- [35] Cöcen, I., Çiçek T. And Çilingir, Y., 1996, Removal of Iron-Minerals from Aydın-Çine Feldspar by Magnetic Separation, Changing Scopes in Mineral Processing, pp. 155-159.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [36] Okur, E., 1984, Simav-Dağardı Feldspatlarının Zenginleştirme olanaklarının Araştırılması. Anadolu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayın No: 13, 18 s, Eskişehir.
- [37] Abdel-Khalek, N.A., Yehia, A., İbrahim, S.S., 1994, Technical Note: Beneficiation of Egyptian feldspar for application in the glass and ceramics industries, Minerals Engineering, 9, pp.1193-1201.
- [38] Rao, K.H., Forssberg, K. S.E., 1985, Feldspar Flotation: Theory and Practice in selected Topics in Mineral Processing. Eds. Gash, A., Kumar, R., Baltimore Port City Pres, 86-117.
- [39] Bayraktar, İ., Ersayın, S., Gülsoy, Ö.Y., 1995, Flotation Studies of Cevizdere and Sarıkısık Feldspar Ores. Rapor, Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, s 32
- [40] Bayraktar, İ., Ersayın, S., Gülsoy, Ö.Y., 1997, Upgrading Titanium Bearing Na-Feldspar by Flotation Using Sulphonates, Succinamate and Soaps of Vegetable Oils. Minerals Engineering, 12, 1363-1374.
- [41] Seyrankaya, A., Akar, A., Güler, E., Akar, G., 1997, Aydın-Çine ve Muğla-Milas Feldspatlarının Flotasyonla Zenginleştirilmesi. 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 236-246, İzmir.
- [42] Çelik, M.S., Can, İ., Eren, R.H., 1998, Removal of Titanium Impurities from Feldspar Ores by a New Flotation Collectors. Minerals Engineering, 11 (12), 1201-1208.
- [43] Çelik, M.S., Pehlivanoğlu, B., Aslanbaş, A., Asmatülü, R., 2001, Flotation of Colored impurities from Feldspar Ores. Minerals and Metallurgical Processing, 18, 101-105.
- [44] Karagüzel, C., Yamık A., Bentli, İ., 2000, Beneficiation of Simav-Dağardı Feldspar by Flotation. Mineral Processing on the Verge of the 21st Century, (Eds) Özbayoğlu, G., Hosten, Ç. vd., 8th International Mineral Processing Symposium, Printed in Balkema, 16-18 October, 331-334, Antalya.
- [45] Anı, V., 2001, Flotation of Silicate Minerals: Physico-Chemical Studies in the Presence of Alkylamines and Mixed (Cationic/Anionic/Non-ionic) Collectors. ISSN: 1402-1544, Lulea University of Thechnology, Phd. Thesis, 112 s, İsveç.
- [46] Şahin F., 2000, 'Feldspat-kuvars flotasyonunda metal iyonlarının seçimliliğe etkisinin incelenmesi.' Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek lisans tezi: Ankara.
- [47] O'Meara, R.G., Norman, J.E., Hammond, W.E., 1939, Froth Flotation and Agglomerate Tabling of Feldspars. Forty-first annual meeting, American Ceramic Society, 18 (8), 286-292, Chicago, ABD.
- [48] Harvey, K. B., Porter, G. B., 1963, Introduction to Physical Inorganic Chemistry. Addison-Wesley Publ. Co., Reading, 98 s, England.
- [49] Cotton, W.A., Wilkinsom, G., 1966, Advanced Inorganic Chemistry. Interscience Publ., 78 s, New York, ABD.
- [50] Stumm, W., Morgan, J.J., 1966, Aquatic Chemistry. Willey-Interscience Publ., 32 s, New York, ABD.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [51] Zadorozhnaya, F.I., 1977, Effect of Fluoride Ions on the Selectivity of the Flotation of Aluminosilicates and Quartz. *Soversh. Technol. Obagashch. Miner. Syr'ya*. 17-26.
- [52] Dean, R.S., Ambrose, P.M., 1944, Development and Use of Certain Flotation Agents. *USBM Bulletin*, 449 s.
- [53] Ütine, T., 1987, Köpüklü Yüzdürme ile Feldspat/Kuvars ayırımında Yüzey Kimyası. *Madencilik*, 26 (4), 7-22.
- [54] Fogler, H.S., Lund, K., McCune, C.C, 1975, Acidization III- The Kinetics Of the Dissolution of sodium and Potassium Feldspar in HF/HCl Acid Mixtures, *Chemical Engineering Science*, Vol, pp. 1325-1331.
- [55] Aplan, F.F., Fuerstenau, D.W., 1962, Froth Flotation. 50th Anniversary volume, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., 108, New York, ABD.
- [56] Lidström, L., 1965, Bonding of Amines to Silicates. *Surface Chemistry*, Ekwall, P., et al. (eds.), 42-53.
- [57] Smith, R. W., Akhtar, S., 1976, Cationic Flotation of Oxides and Silicates. *Flotation A.M. Gaudin Memorial*, 1 (6), 432 s, New York, ABD.
- [58] Smith, R. W., 1965, Activation of Beryl and Feldspars by Fluorides in Cationic Collector Systems. *SME Transactions*, 232, 160-168.
- [59] Suliin, D. B., Smith, R. W., 1966, Hallimond Tube Investigations of Fluoride Activation of Beryl and Feldspar in Cationic Collector System. *Trans. Instn. Min. Metal.*, 75, 333-336.
- [60] Bunchenham, M.H., Rogers, J., 1954, Flotation of Quartz and Feldspar by Dodecylamine. *Trans, AIME*, c.64, 11-30.
- [61] Schubert, H., Abido, A.M., 1967, Activation of Orthoclase by Means of HF During Flotation with Cation Active Collectors. *Bergakademie*, 19 (10), 601-605.
- [62] Klyachin, V.V., Danisova, N.N., Kropanev, S.I., 1969, Mineral Exploration, Mining and Processing Patents, *SSCB Patent No: 213.724*, 8 s.
- [63] Klyachin, V.V., 1972, New Efficient Reagentfor the Flotation of Feldspar Raw Material. *Stekleo Keramika*, 9, 30-31.
- [64] Malghan, S. G., 1981, *Mining Engineering*, 33, 1616.
- [65] Iverson, H.G., 1932, Separation of Feldspar from Quartz, *Engineering and Mining Journal*, Vol. 133, pp. 227-229.
- [66] Arsent'ev, V. A., 1971, Separation of Quartz and Feldspars by Anionic Collector. *Nov. Issled. Khim, Met. Obagashch*, No: 3, 3-7.
- [67] El-Salmavy, M. S., Nakahiro, Y. And Wakamatsu T., 1990, Activation of Quartz and Feldspar with Metal Ions in Flotation. II. *International Mineral Processing Syposium, İTÜ*, 16-18 Eylül, 449-458, İstanbul.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)





- [68] El-Salmavy, M. S., Nakahiro, Y. And Wakamatsu T., 1993, The Role of Alkaline Earth Cations in Flotation Separation of Quartz from Feldspar. *Mineral Engineering*, 6 (12), 1231-1243.
- [69] Bunge vd., 1965, USA Patent No: 3.179.250 ve Kanada Patent No: 709.873
- [70] Revnivitsev, V. I., Peskov, V. V., 1967, Flotation Feldspar-Quartz Rocks. SSCB Patenti No: 197.683, CA 68:61063 V, 7 s.
- [71] Verhayden et all., 1972, Mineral Exploration. Mining and Processing Patents, UK Patent No: 1259738, 9 s.
- [72] Katayanagi, T., 1973, A New Feldspar Flotation Process without Hydrofluoric Acid. *Seramics Japan*, 8, 58-61.
- [73] Katayanagi, A., 1974, Flotation Separation of Feldspar. United States Patent, Patent No: 3.844.939, October.
- [74] Hanumantha, R. K., Forsberg, K. S. E., 1993, Flotation of Mica Minerals and Selectivity Between Muscovite and Biotite While Using Mixed Anionic and Cationic Collectors. XVIII. International Mineral Processing Congress, Cilt 4, 22-28 May, 834-844, Sydney, Avustralya.
- [75] Liu, Y., Gong, H., Qui, J., Zhang, K., 1993, A New Flotation Technique for Feldspar-Quartz Separation, XVIII International Mineral Processing Congress, Vol. 4, pp. 857-862, (CA. 119:253180c).
- [76] Sousa, B., Amarante M.A., & Leite, M.M., 1997, Processing a Feldspar Ore by Flotation Using HF or H₂SO₄ as Ph Regulators, Proceedings of the XX IMPC, pp. 637-644.
- [77] Shehu, N., Spaziani, E., 1999, Separation of Feldspar from Quartz Using Edta as Modifier. *Mineral Engineering*, 12 (11), 1393-1397.
- [78] Kalyon, D., Gülsoy, Ö.Y., 2005, Feldspat-Kuvars Ayrımında Hidroflorik Asit Kullanılmayan Flotasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Yer Bilimleri*, 26(1), 49-59.
- [79] El-Salmavy, M. S., Nakahiro, Y. And Wakamatsu T., 1993, The Role of Surface Silanol Groups in Flotation Separation of Quartz from Feldspar Using Nonionic Surfactants. XVIII. International Mineral Processing Congress, 23- 28 May, 845-849, Sydney, Avustralya.
- [80] El-Salmavy, M. S., 1997, Solution Chemistry of Anionic/Nonionic Surfactants and its Role in Flotation Separation of Quartz from Feldspar. Proceedings of the XX IMPC, 617
- [81] Karagüzel, C., Gülgönül, I., Demir, C., Çınar, M. ve Çelik, M. S., 2006, Concentration of K-feldspar from a pegmatitic feldspar ore by flotation, Available online at www.sciencedirect.com, *Int. J. Miner Process*, 81, 122-132.
- [82] Karagüzel, C., Çınar, M., Gülgönül, İ, Özgen, S., Sabah, E., Şensöz, H., 2009, Renkli manyetik minerallerin feldspat flotasyonunda reaktif tüketimine etkisi, *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu VII, Kuşadası*
- [83] Yanis, N.A., Gorelik, R.I., 1973, Question of the effect of selective repression on the flotation of the feldspars, *Tr. Vses. Nsu.-Iss. Proekt. Inst. Mekh. Obrab. Polezn. Iskop.*, 138, p. 14-20.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [84] Revnıvtcev, V.I., Putrin, A.M., Archangielskaja, I.M., 1968, VIII Mezduarodnyj Kongres, Obogasceniju Poleznych İskopaemych, Leningrad, Russian
- [85] Ociepa, Z., 1994, Some surface and physicochemical properties of the feldspars and flotability, A.Sutulov memorial volume. Vol.II. Flotation, IV. Meeting of the southern hemisphere on mineral technology and III. Latin American congress on froth flotation, Conception, Chile, p. 171-187
- [86] Yanis, N.A., 1968, Froth flotation procedure for separating potassium feldspar from sodium feldspar, USSR Patent No. 227234.
- [87] Bayraktar, İ., Ersayın, S., Gülsoy, Ö.Y., Ekmekçi, Z., Can, M., 1999 Temel seramik ve cam hammaddelerimizdeki (Feldispat, Kuvars ve Kaolin) kalite sorunları ve çözüm önerileri, 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 14-15 Ekim, İzmir, syf. 22-33.
- [88] Demir, C., 2001, Sodyum ve potasyum feldspatların flotasyonla ayırımında inorganik tuzların etki mekanizması, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [89] Gülgönül, İ., 2004, Sodyum ve potasyum feldspatların katyonik flotasyon yöntemiyle ayırımında tek ve çift değerlikli iyonların etki mekanizmaları, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

EKLER





Ek 1 Çizelge 3.13'deki numunelerden GTAP ile 5 g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.

			
K Feldspat	Na Feldspat	K-Na Feldspat	Artık


Ek 2 Çizelge 3.13'deki numunelerden GTAP ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen K feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

		
5g/l	10g/l	15g/l

Ek 3 Çizelge 3.13'deki numunelerden GTAP ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

			
5g/l	10g/l	15g/l	20g/l





Ek 4 Çizelge 3.14'deki numunelerden GTAP (200g/t) ile 10 g/l tuz konsantrasyonunda farklı boyut aralıklarında yapılan deneyde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

			
-2+1mm	-1+0.5mm	-0.5+0.25mm	-0.25+0.125mm

Ek 5 Çizelge 3.15'deki numunelerden GTAP (400g/t) ile 10 g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

			
-2+1mm	-1+0.5mm	-0.5+0.25mm	-0.25+0.125mm

Ek 6 Çizelge 3.16'deki numunelerden ARMAC T (500g/t) ile 5 g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.

			
K Feldspat	Na Feldspat	K Na Feldspat	Artık

Ek 7 Çizelge 3.16'deki numunelerden ARMAC T (500g/t) ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen K feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

			
5g/l	10g/l	15g/l	20g/l





Ek 8 Çizelge 3.16'deki numunelerden ARMAC T (500g/t) ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

			
5g/l	10g/l	15g/l	20g/l





Ek 9 Çizelge 3.17'deki numunelerden ARMAC T (500g/t) ile 10 g/l tuz konsantrasyonunda farklı boyut aralıklarında yapılan deneyde elde edilen K feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

		
-2+1mm	-1+0.5mm	-0.5+0.25mm

Ek 10 Çizelge 3.17'deki numunelerden ARMAC T (500g/t) ile 10 g/l tuz konsantrasyonunda farklı boyut aralıklarında yapılan deneylerde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

			
-2+1mm	-1+0.5mm	-0.5+0.25mm	0.25+0.125mm

Ek 11 Çizelge 3.19'daki numunelerden ARMEEN DMCD ile 5 g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.

			
K Feldspat	Na Feldspat	K Na Feldspat	Artık




Ek 12 Çizelge 3.19'daki numunelerden ARMEEN DMCD ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen K feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

		
5g/l	10g/l	15g/l





Ek 13 Çizelge 3.19'deki numunelerden ARMEEN DMCD ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

		
5g/l	10g/l	15g/l

Ek 14 Çizelge 3.19'deki numunelerden ARMEEN DMCD ile 2.5g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.

		
Renkli	K Feldspat	Na Feldspat





Ek 15 Çizelge 3.23'deki numunelerden ETHONEEN C/12 ile 5 g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.

			
K Feldspat	Na Feldspat	K Na Feldspat	Artık





Ek 16 Çizelge 3.23'deki numunelerden ETHONEEN C/12 ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen K feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

			
5g/l	10g/l	15g/l	20g/l

Ek 17 Çizelge 3.23'deki numunelerden ETHONEEN C/12 ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

			
5g/l	10g/l	15g/l	20g/l

Ek 18 Çizelge 3.27'deki numunelerden ARMEEN 12D ile 5 g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.

			
K Feldspat	Na Feldspat	K Na Feldspat	Artık

Ek 19 Çizelge 3.27'deki numunelerden ARMEEN 12D ile farklı konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen K Feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

		
5g/l	10g/l	15g/l




Ek 20 Çizelge 3.27'deki numunelerden ARMEEN 12D ile farklı konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen Na Feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

		
5g/l	15g/l	20g/l

Ek 21 Çizelge 3.29'daki numunelerden DUOMEET T ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen K feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

			
5g/l	10g/l	15g/l	20g/l

Ek 22 Çizelge 3.29'daki numunelerden DUOMEET T ile farklı tuz konsantrasyonlarında yapılan deneylerde elde edilen Na feldspat ürünlerinin 1260 °C'deki pişirme testleri.

		
10g/l	15g/l	20g/l



Ek 23 Çizelge 3.29'daki numunelerden ile DUOMEET T 25g/l tuz konsantrasyonunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.

		
Renkli	K Feldspat	Na Feldspat




Ek 24 Çizelge 3.31'deki numunelerden GTAP ile 10g/l tuz konsantrasyonunda -2+1mm boyutunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.

		
Renkli	K Feldspat	Na Feldspat

Ek 25 Çizelge 3.30 ve 3.31'deki numunelerden GTAP ile 10g/l tuz konsantrasyonunda -1+0.5mm boyutunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260°C'deki pişirme testleri.

	
K Feldspat	Na Feldspat

Ek 26 Çizelge 3.32'deki numunelerden GTAP ile 10g/l tuz konsantrasyonunda -1+0.5mm boyutunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.

		
Renkli	K Feldspat	Na Feldspat

Ek 27 Çizelge 3.32'deki numunelerden ARMEEN DMCD ile 2.5g/l tuz konsantrasyonunda -1+0.5mm boyutunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.

		
Renkli	K Feldspat	Na Feldspat

Ek 28 Çizelge 3.32'deki numunelerden DUOMEET T ile 25g/l tuz konsantrasyonunda -1+0.5mm boyutunda yapılan deneyde elde edilen ürünlerin 1260 °C'deki pişirme testleri.

		
Renkli	K Feldspat	Na Feldspat