

K-FELDSPAT İLE Na- FELDSPATIN FLOTASYONLA
SEÇİMLİ AYIRIMINDA ÇOK DEĞERLİKLİ İYONLARIN
ETKİ MEKANİZMASININ ARAŞTIRILMASI

Sibel GÜNÇELİK

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz – 2006

K-FELDSPAT İLE Na-FELDSPATIN FLOTASYONLA SEÇİMLİ AYIRIMINDA ÇOK
DEĞERLİKLİ İYONLARIN ETKİ MEKANİZMASININ ARAŞTIRILMASI

Sibel GÜNÇELİK

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

Danışman : Yrd. Doç. Dr. İsmail BENTLİ

Temmuz- 2006

KABUL ve ONAY SAYFASI

Sibel GÜNÇELİK'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “K-Feldspat ile Na-Feldspatın Flotasyonla Seçimli Ayırımında Çok Değerlikli İyonların Etki Mekanizmasının Araştırılması” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

03/07/2006

Üye : Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK

Üye : Yrd.Doç. Dr. Cengiz KARAGÜZEL

Üye : Yrd.Doç. Dr. İsmail BENTLİ

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun/...../..... gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

K-FELDSPAT İLE Na-FELDSPATIN FLOTASYONLA SEÇİMLİ AYIRIMINDA ÇOK DEĞERLİKLİ İYONLARIN ETKİ MEKANİZMASININ ARAŞTIRILMASI

Sibel GÜNÇELİK

Maden Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2006

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. İsmail BENTLİ

ÖZET

Feldspat ve kuvars ülkemiz endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Feldspat seramik sanayinin, kuvars ise cam sanayinin vazgeçilemez hammaddelerindedir. Feldspat cam sanayinde alkali ve alümina içerdiği için kullanılırken, buna alternatif malzemeler (nefelinli siyenit, hurda cam gibi) feldspatın yerine geçebilmektedir. Seramik sanayinde ise yüksek alkali içeriği istenir ve kuvars alkali içeriğini düşürdüğü için kullanımını sınırlamaktadır. Bu nedenlerle farklı sanayilerin ihtiyaçlarını karşılamak için doğada beraber bulunan ve yapısal benzerlikler gösteren feldspat ve kuvarsın birbirlerinden ayrılması gerekmektedir.

Bu amaca yönelik olarak yapılan çalışmalarda Nevşehir-Gülşehir cevheri üzerinde tek ve çift değerlikli (NaCl, KCl, CaCl₂, BaCl₂) tuzların etkisi araştırılmıştır. Denver flotasyon deneyleri ile hem doğal hem de HF'li ortamda çalışma parametreleri belirlenmiştir. Çalışmalar sonucunda HF'li ortamda dallanma tekniği ile süpürme devresine 0.5 g/lit BaCl₂, temizleme devresine 3 g/lit BaCl₂ ilavesi ile temizleme devresinde % 10.01 K₂O, % 2.09 Na₂O tenörlü temizleme konsantresi, % 9.87 K₂O, % 2.30 Na₂O tenörlü temizleme artığı elde edilmiştir. Konsantrenin alkali toplamı % 12.1 ve K₂O/Na₂O oranı 4.79'dur. Süpürme devresinde ise % 8.31 K₂O, % 2.79 Na₂O tenörlü süpürme konsantresi ve % 7.93 K₂O, % 3.10 Na₂O tenörlü artık elde edilmiştir. Çalışmalar sonucunda elde edilen ürünlerin seramik ve porselen sanayinde kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Feldspat, Flotasyon, HF, Kuvars, Tuz

**AN INVESTIGATION INTO THE EFFECTIVE MECHANISM OF MULTIPLE-
CHARGED CATIONS FOR THE SELECTIVE FLOTATION OF K-FELDSPAR AND
Na-FELDSPAR**

Sibel GÜNÇELİK

Mining Engineering, Master of Science Thesis, 2006

Advisor: Assist. Prof. Dr. İsmail BENTLİ

SUMMARY

Feldspar and quartz minerals have a significant role in our countries industry. Feldspar and quartz are indispensable commodities to ceramic and glass industries, respectively. Feldspar is used in glass industry due to its alkali and alumina contents, but minerals such as nepheline syenite and glass residues are alternative form of substitutes for feldspar. High alkali contents are required in ceramic industry, but the use of quartz is limited since it decreases the alkali percentage of ceramic ingredients. Due to these reasons, to provide the resources for various industries, it is required to separate quartz and feldspar minerals which occur simultaneously interlocked in nature and have identical crystal structure.

For these purposes, the effects of mono-salt and multi-salt samples (i.e. NaCl, KCl CaCl₂, and BaCl₂) from the Nevşehir-Gülşehir deposits on selective flotation were studied. Experimental conditions for both natural and HF mediums were determined by Denver Flotation Tests. From the results of these tests, optimum values for cleaning concentrate with 10.01 % K₂O and 2.09 % Na₂O and cleaning tailing with 9.87 % K₂O and 2.3 % Na₂O were obtained by adding 0.5 gr/lit BaCl₂ to scavenging circuits and 3 gr/lit BaCl₂ to cleaning circuits using tree technique in HF mediums. The total alkali content of concentrate produced was 12.2 % and the ratio of K₂O/Na₂O was determined as 4.79. In the scavenging circuit, optimum values for scavenging concentrate with 8.31 % K₂O and 2.79 % Na₂O and scavenging tailing with 7.93 % K₂O and 3.10 % Na₂O were produced. Finally, it was concluded from the results of tests that the products were suitable for both the ceramic and porcelain industries.

Keywords: Feldspar, Flotation, HF, Quartz, Salt

TEŐEKKÜR

Bu çalışmada bana yardımcı olan baőta danışman hocam Yrd.Doç.Dr. İsmail BENTLİ'ye, zeta potansiyel ölümlerinde yardımcı olan Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK ve Yrd.Doç.Dr. Mustafa ÇINAR'a, ince kesit hazırlamada yardımcı olan Yrd.Doç.Dr. İbrahim GÜNDOĞAN'a, XRF analizlerini yapan Mehmet AKKAŐ'a, desteğini hep yanımda hissettiğim aileme ve çalıőmalarım boyunca emei geçen herkese teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. FELDSPAT	2
2.1. Feldspatların Tanımı ve Sınıflandırılması	2
2.2. Feldspat Yatakları ve Feldspatların Bulunuş Şekilleri	7
2.3. Feldspatların Kullanım Alanları	8
2.4. Dünyada ve Türkiye’de Feldspat Potansiyeli	9
2.4.1. Dünyadaki feldspat potansiyeli	9
2.4.2. Türkiye’deki feldspat potansiyeli	10
2.5. Zenginleştirme Yöntemleri	11
2.5.1. Ayıklama ile zenginleştirme	11
2.5.2. Boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme	11
2.5.3. Manyetik ayırma	11
2.5.4. Elektrostatik ayırma	12
2.5.5. Flotasyon	13
2.5.5.1. Mika flotasyonu	14
2.5.5.2. Metal oksit flotasyonu	15
2.5.5.3. Feldspat – kuvars ayırımı	15
2.5.5.4. Na – Feldspat K–feldspat seçimli ayırımı	22
3. ORTA ANADOLU MASİFİNİN GENEL JEOLJİSİ VE PETROGRAFİSİ	31
3.1. Bölgenin Jeolojisi	31
3.2. Bölgenin Petrografisi	31
3.2.1. Granitler	31
3.2.2. Albitleşmeye maruz kalmış diyoritler	32
3.2.3. Ortoklaz granitler ve oligoklazlı ortoklaz granitler	32
3.2.4. Alterasyona maruz kalmış plutonik kayalar	32
3.2.5. Granodiyoritler	32
3.2.6. Plütonik kayalarda gözlenen mineraller	33

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4. MALZEME VE YÖNTEM	34
4.1. Malzeme	34
4.1.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan numuneler	34
4.1.2. Numunelerin kimyasal bileşenleri	35
4.1.3. Cevherin kimyasal bileşenleri	36
4.1.4. Cevherin XRD analizi	37
4.1.5. Numunelerin mineralojik yapıları	38
4.1.6. Deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasal maddeler	39
4.2 Yöntem	39
4.2.1. Mikroflotasyon deneyleri	40
4.2.2. Elektrokinetik özelliklerin tespiti	41
4.2.3. Flotasyon deneyleri	43
4.2.4. Manyetik ayırma deneyleri	44
5. MİKROFLOTASYON VE YÜZEY YÜKÜ DENEY SONUÇLARI VE İRDELENME	45
5.1. Mikroflotasyon Sonuçları	45
5.1.1. G-TAP konsantrasyonunun etkisi	45
5.1.2. Tuz konsantrasyonunun etkisi	46
5.1.2.1. Tek değerlikli tuz konsantrasyonunun etkisi	46
5.1.2.2. Çift değerlikli tuz konsantrasyonunun etkisi	50
5.2. Zeta Potansiyel Sonuçları	55
6. ZENGİNLEŞTİRME ÇALIŞMALARI	58
6.1. Manyetik Ayırma	58
6.2. Flotasyon Deneyleri	59
6.2.1. Öğütme süresinin flotasyona etkisi	59
6.2.2. G-TAP miktarının saptanması	61
6.2.3. HF miktarının saptanması	63
6.2.4. Çamyacı miktarının saptanması	65
6.2.5. Tek değerlikli tuzların flotasyona etkisi	67
6.2.6. Çift değerlikli tuzların flotasyona etkisi	70
7. SONUÇLAR	84
KAYNAKLAR DİZİNİ	88

İÇİNDEKİLER (devam)

EKLER

1. Çeşitli öğütme sürelerinde elde edilen elek analiz sonuçları
2. Doğal pH' da G-TAP konsantrasyonuna bağlı olarak tüm numunelerin mikroflotasyon verimleri
3. NaCl konsantrasyonuna bağlı olarak elde edilen minerallerin mikroflotasyon sonuçları
4. KCl konsantrasyonuna bağlı olarak elde edilen minerallerin mikroflotasyon sonuçları
5. Tek değerlikli tuz konsantrasyonlarında Albit ve Nevşehir Kuvarısının ayrılabilirliği
6. Tek değerlikli tuz konsantrasyonlarında Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu'nun ayrılabilirliği
7. BaCl₂ konsantrasyonuna bağlı olarak minerallerin yüzme verimleri
8. CaCl₂ konsantrasyonuna bağlı olarak minerallerin yüzme verimleri
9. Çift değerlikli tuz konsantrasyonlarında Abit ve Nevşehir Ortozunun ayrılabilirliği
10. Çift değerlikli tuz konsantrasyonlarında Nevşehir Kuvarısı ve Albitin ayrılabilirliği
11. Çift değerlikli tuz konsantrasyonlarında Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozunun ayrılabilirliği
12. Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozunun BaCl₂ konsantrasyonuna bağlı zeta potansiyel değişimi
13. Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozunun CaCl₂ konsantrasyonuna bağlı zeta potansiyel değişimi
14. Manyetik ayırma sonucu konsantrelerdeki Fe₂O₃ tenör ve verimi
15. Doğal ve HF'li ortamda öğütme süresinin Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi
16. Doğal ve HF'li ortamda GTAB miktarının Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi
17. HF miktarının Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi
18. Doğal ve HF'li ortamda çamyacı miktarının Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi
19. Doğal ve HF'li ortamda NaCl miktarının Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi
20. Doğal ve HF'li ortamda KCl miktarının Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi
21. Doğal ve HF'li ortamda CaCl₂ miktarının Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi
22. Doğal ve HF'li ortamda BaCl₂ miktarının Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi
23. HF'li ortamda temizleme ve süpürme devresine BaCl₂ ilavesinin tenör ve verimlere etkisi
24. HF'li ortamda dallanma tekniği ile yapılan denemelerin tenör ve verimlere etkisi

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Yaygın yüksek sıcaklık feldspatların sınıflandırılması	3
2.2. NaAlSi ₃ O ₈ -KAlSi ₃ O ₈ sistemine ait faz diyagramı	4
2.3. NaAlSi ₃ O ₈ – CaAl ₂ Si ₂ O ₈ sistemine ait faz diyagramı	4
2.4. Flotasyon deneyi akım şeması	14
4.1. Çeşitli öğütme sürelerinde elde edilen elek analiz sonuçları	35
4.2. Nevşehir-Gülşehir cevherinin XRD faz diyagramı	37
4.3. Nevşehir-Gülşehir yöresi cevherinin ince kesit görünümü (a)	38
4.4. Nevşehir-Gülşehir yöresi cevherinin ince kesit görünümü (b)	38
4.5. Mikroflotasyon ünitesi	40
4.6. Özel olarak yapılmış mikroflotasyon hücresinin boyutları	41
4.7. Zeta potansiyel – yüzey potansiyeli ilişkisi ve elektriksel çift tabaka	42
4.8. Zeta Metre 3.0 cihazı	43
5.1. G-TAP konsantrasyonuna bağlı olarak ortoz, albit ve kuvars numunelerinin mikroflotasyon verimleri	46
5.2. NaCl konsantrasyonuna bağlı olarak elde edilen minerallerin mikroflotasyon sonuçları	47
5.3. KCl konsantrasyonuna bağlı olarak elde edilen minerallerin mikroflotasyon sonuçları	48
5.4. Tek değerlikli tuz konsantrasyonlarında Albit ve Nevşehir Ortozu ayrılabilirliği ...	48
5.5. Tek değerlikli tuz konsantrasyonlarında Albit ve Nevşehir Kuvarsının ayrılabilirliği	49
5.6. Tek değerlikli tuz konsantrasyonlarında Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu'nun ayrılabilirliği	50
5.7. BaCl ₂ konsantrasyonuna bağlı olarak minerallerin yüzme verimleri	51
5.8. CaCl ₂ konsantrasyonuna bağlı olarak minerallerin yüzme verimleri.....	52
5.9. Çift değerlikli tuz konsantrasyonlarında Albit ve Nevşehir Ortozunun ayrılabilirliği.....	52
5.10. Çift değerlikli tuz konsantrasyonlarında Nevşehir Kuvarısı ve Albitin ayrılabilirliği	53
5.11. Çift değerlikli tuz konsantrasyonlarında Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozunun ayrılabilirliği	54
5. 12. Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozunun BaCl ₂ konsantrasyonuna bağlı zeta potansiyel değişimi	56

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5. 13. Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozunun CaCl_2 konsantrasyonuna bağlı zeta potansiyel değişimi	56
6.1. Manyetik ayırma sonucu konsantrelerdeki Fe_2O_3 tenör ve verimi	58
6.2. Doğal ve HF'li ortamda öğütme süresinin Na_2O tenör ve verimine etkisi	59
6.3. Doğal ve HF'li ortamda öğütme süresinin K_2O tenör ve verimine etkisi	60
6.4. Doğal ve HF'li ortamda GTAB miktarının Na_2O tenör ve verimine etkisi	62
6.5. Doğal ve HF'li ortamda GTAB miktarının K_2O tenör ve verimine etkisi	63
6.6. HF miktarının Na_2O tenör ve verimine etkisi	64
6.7. HF miktarının K_2O tenör ve verimine etkisi	65
6.8. Doğal ve HF'li ortamda çamyacı miktarının Na_2O tenör ve verimine etkisi	66
6.9. Doğal ve HF'li ortamda çamyacı miktarının K_2O tenör ve verimine etkisi	67
6.10. Doğal ve HF'li ortamda NaCl miktarının Na_2O tenör ve verimine etkisi	68
6.11. Doğal ve HF'li ortamda NaCl miktarının K_2O tenör ve verimine etkisi	68
6.12. Doğal ve HF'li ortamda KCl miktarının Na_2O tenör ve verimine etkisi	69
6.13. Doğal ve HF'li ortamda KCl miktarının K_2O tenör ve verimine etkisi	70
6.14. Doğal ve HF'li ortamda CaCl_2 miktarının Na_2O tenör ve verimine etkisi	71
6.15. Doğal ve HF'li ortamda CaCl_2 miktarının K_2O tenör ve verimine etkisi	71
6.16. Doğal ve HF'li ortamda BaCl_2 miktarının Na_2O tenör ve verimine etkisi	72
6.17. Doğal ve HF'li ortamda BaCl_2 miktarının K_2O tenör ve verimine etkisi	73
6.18. HF'li ortamda tuz çeşidi ve miktarının Na_2O tenörüne etkisi	74
6.19. Doğal ortamda tuz çeşidi ve miktarının Na_2O tenörüne etkisi	74
6.20. HF'li ortamda tuz çeşidi ve miktarının Na_2O verimine etkisi	75
6.21. Doğal ortamda tuz çeşidi ve miktarının Na_2O verimine etkisi	75
6.22. HF'li ortamda tuz çeşidi ve miktarının K_2O tenörüne etkisi	76
6.23. Doğal ortamda tuz çeşidi ve miktarının K_2O tenörüne etkisi	76
6.24. HF'li ortamda tuz çeşidi ve miktarının K_2O verimine etkisi	77
6.25. Doğal pH'da tuz çeşidi ve miktarının K_2O verimine etkisi	77
6.26. HF'li ortamda temizleme ve süpürme devresine 0.1 g/lit BaCl_2 ilavesinin tenör ve verimlere etkisi	79
6.27. HF'li ortamda temizleme ve süpürme devresine 0.5 g/lit BaCl_2 ilavesinin tenör ve verimlere etkisi	80

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>		<u>Sayfa</u>
6.28.	HF'li ortamda temizleme ve süpürme devresine 1 g/lit BaCl ₂ ilavesinin tenör ve verimlere etkisi	80
6.29.	HF'li ortamda temizleme ve süpürme devresine 3 g/lit BaCl ₂ ilavesinin tenör ve verimlere etkisi	81
6.30.	HF'li ortamda temizleme ve süpürme devresine 5 g/lit BaCl ₂ ilavesinin tenör ve verimlere etkisi	81
6.31.	HF'li ortamda dallanma tekniği ile yapılan denemelerin Na ₂ O, K ₂ O ve SiO ₂ tenör ve verimlerine etkisi	83

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Feldspatların sınıflandırılması	2
2.2. Plajiyoklazlar ve bileşimleri	5
2.3. Ticari feldspatların kuramsal kimyasal bileşimleri	5
2.4. Doğada en çok rastlanan feldspat mineralleri	7
2.5. Seramik sektöründe kullanılan feldspat cevherleri kimyasal bileşimleri	9
2.6. Dünya feldspat rezervleri	10
2.7. Türkiye feldspat rezervleri	10
2.8. Bazı silikat minerallerinin elektrostatik özellikleri	13
2.9. Ülkemiz feldspat zenginleştirme tesisleri	14
4.1. Mikroflotasyon deneylerinde kullanılan numunelerin kimyasal analiz sonuçları .	36
4.2. Cevherin kimyasal analiz sonuçları	36
4.3. Deneylerde kullanılan kimyasal malzemeler ve özellikleri	39
4.4. Flotasyon deneylerinde sabit tutulan parametreler	44
6.1. Doğal pH ve HF'li ortamda öğütme süresinin K_2O/Na_2O oranına etkisi	61
6.2. Asidik ortamda tuz miktarının K_2O+Na_2O ve K_2O/Na_2O oranına etkisi	79

1. GİRİŞ

Önemli bir endüstriyel hammadde olan feldspat; başlıca seramik, porselen ve cam sanayii olmak üzere sabun, cila, sır, yumuşak aşındırıcı, kaynak elektrotları, boya plastik sektörü gibi diğer sanayii dallarında da kullanılmaktadır [11, 16 ve 37].

Endüstriyel hammadde olarak kullanılan feldspatlarında alkalitesinin yüksek olması istenirken, renk verici içerikler istenmemektedir. Cam sanayinde kullanılan Na-feldspatta % 66-68 SiO₂, % 18.5-20.5 Al₂O₃, % 10 Na₂O, % 4-6 K₂O, max % 0.08 Fe₂O₃ ve - 0.85 mm boyutunda [16], seramik ve karo yapımında kullanılan K-feldspatlarda % 5-14 K₂O, max % 0.07 Fe₂O₃ ve - 0.075 mm boyutunda olması istenmektedir [6].

Kullanım alanları ve kullanım miktarları hızla arttığından, yataktan çıkarıldığı gibi kullanılabilen feldspat cevherleri giderek azalmaktadır. Bu yüzden içerisinde çeşitli safsızlıkların bulunduğu, tenörü düşük yataklar değerlendirilmeye başlanmıştır [7, 13 ve 27]. Cevher zenginleştirme yöntemleri ile feldspatların bünyelerindeki safsızlıklar uzaklaştırılıp, tenörleri yükseltilerek istenilen özelliklerde feldspat konsantreleri elde edilebilmektedir. Bünyedeki safsızlıkların ince boyutlarda dağılım göstermeleri nedeniyle, kırma-eleme ve elle ayıklama yöntemleri pek fazla uygulanamamaktadır. Ayrıca yankayaçla feldspatın özgül ağırlıklarının yakın olması gravite yöntemlerinin kullanılmasını olumsuz etkilemektedir. Manyetik ayırma ve flotasyon şu an kullanılan en önemli zenginleştirme yöntemleridir [9, 12, ve 17].

Feldspat zenginleştirmesine yönelik yapılan çalışmalar sayesinde, daha temiz ve daha yüksek tenörlü konsantreler elde edilerek bu cevheri kullanan sanayi dallarında daha iyi ürün eldesi sağlanabilmektedir.

2. FELDSPAT

2.1. Feldspatların Tanımı ve Sınıflandırılması

Feldspatlar magmatik kütlede bulunan en önemli minerallerden biridir. Bileşimlerinde alüminyum silikat ile potasyum, sodyum, kalsiyum silikat mevcuttur. Bütün feldspatlarda alüminyum bulunurken, potasyum, sodyum ve kalsiyum miktarları ise değişmektedir. Çizelge 2.1’de içerdiği elementlere göre feldspatların sınıflandırılması görülmektedir [1].

Kuvarısı 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 feldspat mineralleri meydana gelmektedir. Feldspatların genel formülleri $\text{MAI}_{(1-2)}\text{Si}_{(3-2)}\text{O}_8$ şeklindedir. Formüldeki M, toprak alkali feldspatlarda $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ için çift değerlikli kalsiyumu (nadiren baryumu), alkali feldspatlarda AlSi_3O_8 için tek değerlikli sodyum ve potasyumu temsil etmektedir. Feldspatlarda Si:Al oranı 3:1 ile 1:1 arasında değişmektedir. Feldspatlar, izomorf karışımları ve oluşum özellikleri bakımından iki gruba ayrılırlar [19].

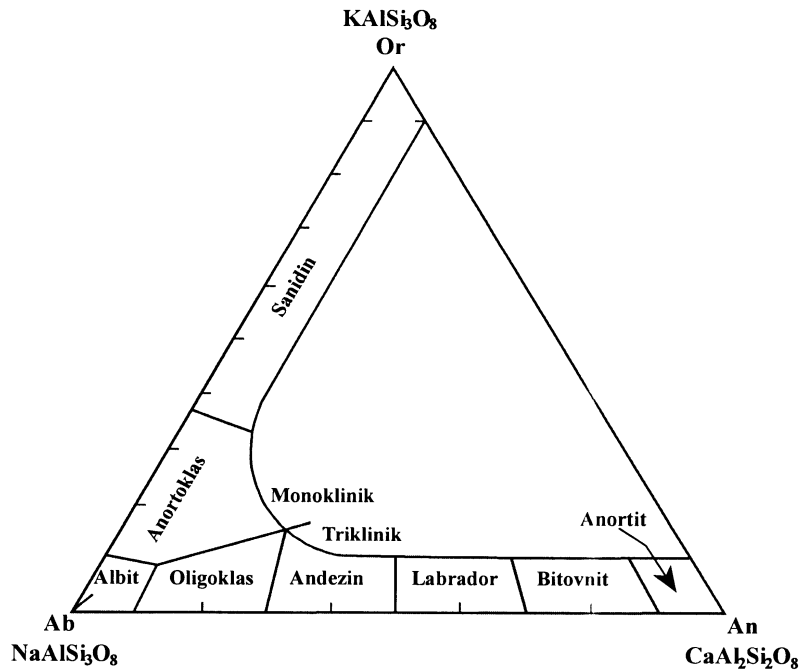
1 - Alkali feldspatlar

2 - Plajiyoklaslar (Kalko – sodik feldspatlar)

Çizelge 2.1. Feldspatların sınıflandırılması [1]

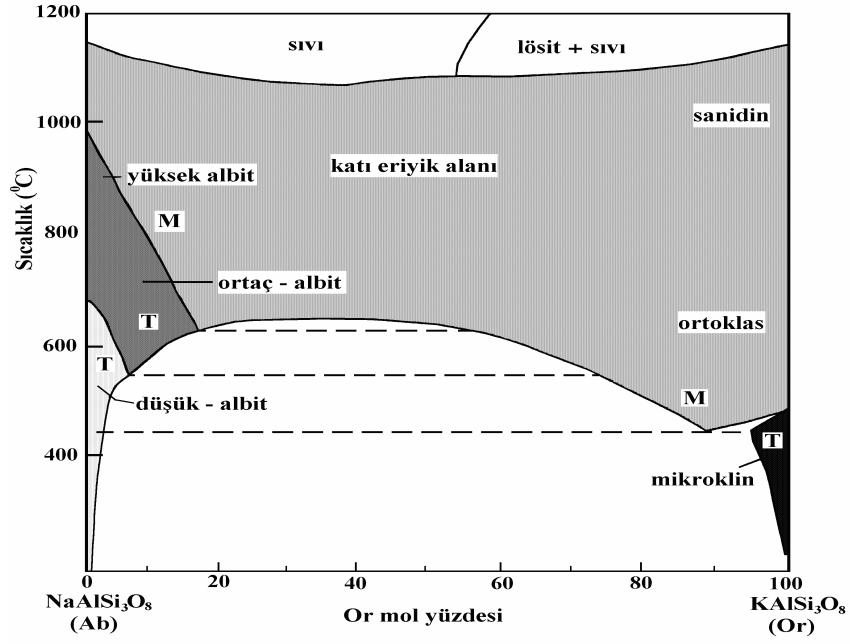
Sınıflama	Mineral	Bileşimi
Alkali Feldspatlar	Mikroklin	KAlSi_3O_8
	Ortoklaz	KAlSi_3O_8
	Sanidin	KAlSi_3O_8
Plajiyoklaslar	Albit	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
	Oligoklaz	$(\text{Na,Ca})(\text{Al,Si})_4\text{O}_8$
	Andezin	$(\text{Na,Ca})(\text{Al,Si})_4\text{O}_8$
	Labrodor	$(\text{Ca,Na})(\text{Al,Si})_4\text{O}_8$
	Bitovnit	$(\text{Ca,Na})(\text{Al,Si})_4\text{O}_8$
	Anortit	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

Birçok mağmatik ve metamorfik kayacın ana bileşeni olan feldspatlar yüksek sıcaklıklarda ve çeşitli derinliklerde oluşabilmektedirler. Yüksek sıcaklıklardaki karışımlarla oluşan feldspatların sınıflandırılması Şekil 2.1’de verilmiştir [19].

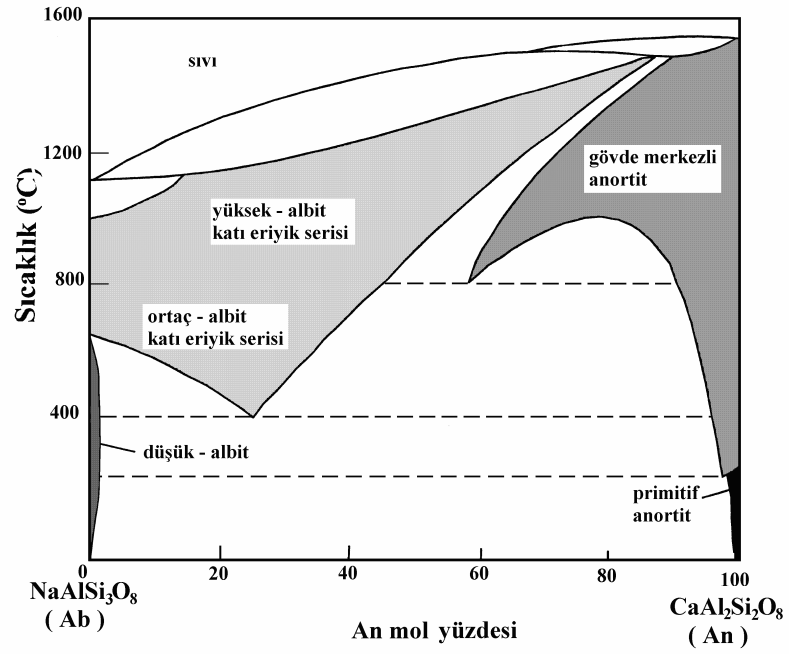


Şekil 2.1. Yaygın yüksek sıcaklık feldspatlarının sınıflandırılması; Or:Ortoz, Ab:Albit, An:Anortit [19]

Alkali feldspatlarda, K ile Na feldspatlar arasında katı çözeltili oluşum alanları dar olup, potasyumun yerini bazı fiziki şartlarda ve belirli ölçülerde sodyum alabilir. Ortoklaz ile albit arasında bulunan ortoklaz, mikroklin, sanidin, adularya ve anortoklazın kimyasal formülleri aynıdır. Bu mineralleri oluşturan dörtyüzlülerin farklı kombinasyonları sonucunda kristal yapıları farklıdır. Bu minerallerin oluşum sıcaklıkları ve birbiri ile olan ilişkileri Şekil 2.2’de görülmektedir [19].



Şekil 2.2. $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - KAlSi_3O_8 sistemine ait faz diyagramı. T-triklinal, M-monoklinal sistemi gösterir [19]



Şekil 2.3. $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ sistemine ait faz diyagramı [19]

Plajiyoklazlar geniş bir sıcaklık sahası içerisinde sürekli bir katı eriyik oluşturup, bileşimleri albitten anortite kadar değişen bir seri oluştururlar (Şekil 2.3). Genel formülleri $n\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot y\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 'dir. Ortoklaz ve anortit arasında herhangi bir sıcaklıkta çok az katı çözelti vardır. Çizelge 2.2'de plajiyoklazları oluşturan mineraller ve bu minerallerin bileşimleri görülmektedir [19]. Albit ve anortit arasında bir katı çözelti mevcut olup bu seriye plajiyoklazlar ve albit ortoklaz arasındaki seriye de alkali feldspatlar adı verilmektedir.

Çizelge 2.2. Plajiyoklazlar ve bileşimleri [19]

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

Ticari feldspatların içinde bulunan oksitli bileşenlerin miktarları önemlidir. Mineral içinde yaklaşık olarak olması gereken oksitli bileşenler ve miktarları Çizelge 2.3'de görülmektedir [45].

Çizelge 2.3. Ticari feldspatların kuramsal kimyasal bileşimleri [45]

Mineral	% Na_2O	% K_2O	% CaO	% Al_2O_3	% SiO_2
Albit	11.8	-	-	19.4	68.8
	11.2	-	1.1	20.4	67.3
Ortoklaz		16.9	-	18.4	69.7
Anortit			20.1	28.6	43.3

Seramik ve cam sektörü için feldspatların erime dereceleri önemlidir. Erime dereceleri kesin olarak verilse de içlerindeki diğer feldspat kristallerinin izomorf halde bulunmaları erime derecelerini değiştirmektedir. Feldspatların erime dereceleri şu şekilde verilmektedir [45];

Potasyum Feldspat : 1200 – 1250⁰C

Sodyum Feldspat : 1150 – 1225⁰C

Kalsiyum Feldspat : 1500 – 1550⁰C

Mineraller adlandırılırken renk, yoğunluk, sertlik, oluşum, kristal sistemi gibi özelliklerinin bilinmesi gerekir. Çizelge 2.4’de doğada en çok rastlanan feldspat mineralleri ve bu minerallerin özellikleri görülmektedir [19].

Çizelge 2.4. Doğada en çok rastlanan feldspat mineralleri [19]

Mineral Adı	Formül	Renk, Parlaklık	Yoğunluk	Sertlik	Kristal Sistemi	Oluşum
ALBİT 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 mağmasal kayalar; pegmatitler, albitler, albitize granit, alkalin kayalar, gnays, kristalize şist, andezit, siyenit
ANORTİT Grekçe “Eğik” sözcüğünden türemiştir.	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	Renksiz, beyaz, akçıl, pembemsi, kırmızı, saydam, yarısaydam, camsı	2.74 2.76	6 6.5	Monoklinik, kısa prizmatik, bloksu	Bazik sokulum ve volkanik kayaçalarda gabro anortozit, norit, bazik lavlar
MİKROKLİN Grekçe “Mikro” “Küçük” “Klein” “eğik” sözcüğünden türemiştir. Dilinimi eğik olduğundan.	KAlSi_3O_8	Beyaz, akçıl, gri, pembemsi, saydam, yarısaydam, camsı	2.56	6 6.5	Triklinik, kısa prizmatik, masif taneli, bloksu	Asit mağmasal kayalar, pegmatitler, granit, siyenit, kristalin şistler, dokanak kuşakları, hidrotermal aralıklar
ORTOZ Grekçe “Orto” “Dik” “Klasik” kırıklı dilinimlerin dik olmasından ötürü	KAlSi_3O_8	Renksiz, beyaz, gri, sarı, kırmızımsı, yeşilimsi, saydam, yarısaydam, camsı, inci	2.55	6 6.5	Monoklinik, kısa prizmatik, bloksu, masif taneli	Asit mağmasal kayalar, granit, siyenit, felsit, pegmatit, cevherli aralıklar, feldspatik kumtaşı, arkoz, başkalaşım kayalar

2.2. Feldspat Yatakları ve Feldspatların Bulunuş Şekilleri

Feldspatlar silikatça zengin kayalar olup, yer kabuğunun yaklaşık % 60'ını teşkil etmektedir. Feldspatik kayaların % 60'ı magmatik, %30'u şist ve gnayslardan oluşan metamorfik kayalardan ve % 10'u da sedimanter kayalardan oluşur [14]. Sanayiciler gereksinimleri olan feldspatları genellikle pegmatitik yataklardan elde etmektedirler. Bu yataklarda feldspat yanında kuvars, mika bazen de turmalin, gröna ve demir oksitleri bulunmaktadır. Feldspat üretiminin yapıldığı pegmatit, granit vb. kayalar aynı zamanda

nükleer enerji sanayiinde önemli bir lityum (spodümen minerali), berilyum (beril minerali) ve diğer nadir toprak elemanlarının da kaynağı durumundadır [9 ve 31].

Ticari feldspat kaynağı olarak kullanılan kayaç türleri

- Pegmatitler
- Aplitler
- Feldspat Filonları
- Nefelinli Siyenit
- Alaskit
- Grafik Granit
- Pertit
- Feldspatik Kumlar
- Altere Granitlerden oluşmaktadır

Na – feldspat ve K – feldspatın ayrı ayrı bulunduğu yataklar az olmasına karşın ülkemizde bu iki mineralin bulunduğu yataklar oldukça fazladır [28].

2.3. Feldspatların Kullanım Alanları

Feldspat cam sanayiinde alümina kaynağı olarak kullanılırken camın çarpma, çizilme, bükülme, kırılma, ergime ve termal şoklara karşı dayanıklılık kazanmasını, kolay işlenebilme özelliği ve saydamlığını uzun süre korumasını sağlamaktadır [40]. Aynı zamanda içeriğindeki alkali sayesinde erime (sinterleşme) sıcaklığını düşürerek enerji tasarrufu ve kapasite artışı sağlamaktadır [33 ve 46].

Cam sanayiinde yüksek tenörlü Na–feldspat kullanılırken, % 66-68 SiO₂, % 18.5-20.5 Al₂O₃, % 10 Na₂O, max % 0.08 Fe₂O₃ içeriği istenmektedir. Seramik ve karo yapımında ise K–feldspatta % 5-14 K₂O, max % 0.07 Fe₂O₃, max % 0.10 TiO₂ içeriği istenmektedir. Ancak feldspat mineralleri tek başlarına tercih edildiklerinde örneğin ortoz için; % Na₂O içeriği maksimum % 3'ün altında ve K₂O içeriği ise % 8'in üzerinde olmalıdır [6].

Seramik sanayiinde ergitici olarak feldspat mineralleri kullanılmaktadır. Seramik bünyede pişme sırasında feldspat eriyerek camsı ve sıvı hale gelir ve katı haldeki kil ve kuvarsın yüzeyini kaplayarak mukavemeti arttırmaktadır [21]. Seramik sanayiinde yüksek tenörlü

K-feldspat kullanılmaktadır. Potasyum feldspat yüksek vizkoziteye sahip eriyik oluşturur, böylece pişme sırasında seramiğin şekil bozulmalarına karşı mukavemeti sağlanmış olur [19]. Yüksek kalitede K-feldspat üretimi amacıyla, K ve Na feldspatların da birbirinden ayrılması ve $K_2O/Na_2O > 3$ oranının sağlanması gerekmektedir. Çizelge 2.5’de seramik sektöründe kullanılan Na ve K feldspat cevherlerinin kimyasal bileşimleri görülmektedir [6 ve 7].

Çizelge 2.5. Seramik sektöründe kullanılan feldspat cevherleri kimyasal bileşimleri [6 ve 7]

	Albit	Mikroclin,Ortoz
% SiO ₂	65 – 70	65 – 70
% CaO +% MgO	< 1.5	< 1.5
% Al ₂ O ₃	17 – 18	13 – 15
% K ₂ O	0.5 – 3	> 8
% Na ₂ O	7 – 11	< 4
% Fe ₂ O ₃ + % TiO ₂	< 0.1	< 0.1
Pişme Rengi	Parlak beyaz	Parlak beyaz

Ayrıca feldspat sabun, cila, sır, yumuşak aşındırıcı, kaynak elektrotları, boya sektörü, plastik sektörü gibi diğer sanayi dallarında da hammadde olarak kullanılmaktadır [36].

2.4. Dünyada ve Türkiye’de Feldspat Potansiyeli

2.4.1. Dünyadaki feldspat potansiyeli

Dünya feldspat kaynağı olarak granitler, pegmatitler, nefelinli siyenitler, feldspatik kumlar dikkate alınmaktadır. Feldspat dünyanın her yerinde bol miktarda bulunduğu ve tam anlamıyla rezerv çalışması yapılmadığı için rezervleri tam olarak bilinmemekte yaklaşık olarak tahmin edilmektedir [45]. Tahmin edilen dünya rezervleri Çizelge 2.6’da görülmektedir.

Çizelge 2.6. Dünya feldspat rezervleri [46]

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

2.4.2. Türkiye'deki feldspat potansiyeli

Türkiye'deki rezervler hakkında kesin kaynaklar yoktur. Ancak tahmini olarak rezerv miktarları hesaplanmaktadır. Ülkemizde K–feldspat rezervi az olmasına karşın Na–feldspat rezervi yeterli denecek miktardadır [45 ve 46]. Çizelge 2.7'de Türkiye'de bulunan feldspat yataklarının yeri, cinsi ve rezervleri görülmektedir.

Çizelge 2.7. Türkiye feldspat rezervleri [46]

Yer	Cins	Rezerv (x10 ³ ton)
Aydın – Çine	K – Feldspat	5000
Kütahya – Simav	K – Feldspat	2250
Manisa – Gürdeş	K – Feldspat	4075
Ankara – Beypazarı	K – Feldspat	1150
Kırklareli - Üsküp	K – Feldspat	11
Toplam		12486
Bilecik – Söğüt	Aplit – Pegmatit	985
Balıkesir – Bandırma	Aplit – Pegmatit	21
Artvin – Şavşat	Aplit – Pegmatit	369000
Toplam		370006
Genel Toplam		382492

2.5. Zenginleştirme Yöntemleri

Feldspat cevherleri özelliklerine göre elle ayıklama ile zenginleştirme, boyuta göre sınıflandırma, flotasyon, manyetik ayırma, elektrostatik ayırma yöntemlerinden biri veya birkaçı seçilerek yapılmaktadır [17]. Pegmatit ve aplit yataklardan elde edilen feldspatlarda bulunan diğer mineraller (kil, kuvars, mika, turmalin, rutil, gröna, demir oksitler) ocak başında yapılan elle ayıklama ile ayrılarak alkalitenin yükselmesi sağlanmaktadır. Buna karşılık özgül ağırlık yöntemleri feldspat ve yan kayacının özgül ağırlıklarının birbirine yakın olmasından dolayı kullanılamamaktadır [12]. K-feldspat cevheri içerisinde titan içeriği fazla değil ise manyetik ayırma ile temiz konsantreler elde edilebilir iken, titan içeriği fazla ise bu renk verici mineral ancak flotasyon yöntemi ile ayrılabilir. Cevher içerisindeki kuvarsı ayırmak için kullanılan en yaygın yöntemde de yine flotasyon olmaktadır [2]. Bu yöntemler aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

2.5.1. Ayıklama ile zenginleştirme

İri boyutta serbestleşen feldspatların renk, parlaklık gibi özelliklerinden yararlanılarak yapılan zenginleştirme işlemidir. Ucuz bir yöntem olduğu için tercih edilmektedir. Ancak ince boyutta serbestleşen cevherlere uygulanamamaktadır.

2.5.2. Boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme

Yöntem minerallerin farklı dayanıklılık, kırılış şekli ve dilinim özelliklerinden yararlanarak minerallerin birbirinden ayrılması esasına dayanır. Feldspatlar mikalara göre daha kolay kırılıp öğütülürken, mikalar lifsi ve çubuksu yapılarını korurlar. Böylece kırma, eleme, öğütme ve klasifikasyon işlemleri ile mika ve feldspatı birbirinden ayırmak mümkün olmaktadır. Bu yöntem tesislerde flotasyon öncesinde sıkça kullanılmaktadır [19].

2.5.3. Manyetik ayırma

Pegmatit yataklar, feldspat ve kuvars yanında çeşitli demir mineralleri içerirler. Manyetik duyarlılıklarının birbirinden farklı olması sayesinde mineraller birbirlerinden ayrılabilir. Zenginleştirme işlemi için minerallerin özelliklerine bağlı olarak, düşük veya yüksek alan şiddetli yaş ya da kuru ayırma yapılabilir. Kuru manyetik ayırmada sabit mıknatıslı, yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcılar kullanılmaktadır. Manyetik zenginleştirmede 75µm' nin altındaki ince tanelerin uzaklaştırılması gerekir. İnce taneler statik elektriklenmenin etkisiyle iri tanelere yapışarak ayırımın hatalı olmasını sağlarken, manyetik ayırıcının kapasitesinin düşmesine neden olurlar. Bununla beraber yaş manyetik ayırma ince tanelerin uzaklaştırılması ve kurutma gibi problemler olmadığı için daha kullanışlıdır [7 ve 19].

Manyetik ayırmada demir içeren mineraller manyetik özellikleri sayesinde tambura yapışır ve manyetik ürün olarak elde edilirler. Muskovitler pulsu yapıları ve hafif olmaları nedeni ile ara ürün olarak alınır. Manyetik olmayan mineraller merkezkaç kuvvetin etkisiyle tambur dışına fırlayarak manyetik olmayan ürün olarak kazanılırlar [39]. Manyetik ayırma ile demir oranının azaltılması flotasyona nazaran daha etkilidir [7].

Seramik sektöründe renk verici safsızlıklar istenmemektedir. Bu safsızlıkları ayırmak için genellikle manyetik ayırma kullanılmaktadır. Ancak manyetik ayırma her zaman yeterli gelmemekte, flotasyon yöntemi ile kombine edilerek uygulanmaktadır. Feldspat zenginleştirmesinde, manyetik ayırma ve flotasyon yöntemlerinin kombinasyonu üç farklı şekilde yapılmaktadır [40].

1 - Kuru Manyetik Ayırma + Flotasyon

2 - Flotasyon + Kuru / Yaş Manyetik Ayırma

3 - Kuru Manyetik Ayırma + Flotasyon + Yaş Manyetik Ayırma

2.5.4. Elektrostatik ayırma

Elektrostatik ayırma ile zenginleştirme cevher içindeki çeşitli minerallerin reversibilite özellikleri ve voltaj farklarına (Çizelge 2.8) dayanılarak yapılan bir ayırma işlemidir. Yöntem tek başına uygulanabildiği gibi diğer yöntemlerle kombineli bir şekilde, özellikle flotasyon yöntemi ile beraber uygulanmaktadır. Endüstriyel çapta uygulanması, cevheri beslemeden önce kurutma, ısıtma, tozdan arındırma ve boyuta göre sınıflandırma gibi ön işlemlere gerek duyulması ve bu işlemlerin zor ve pahalı olması nedeniyle tercih edilmemektedir [19].

Feldspat ve kuvars mineralleri çok zayıf iletken olduklarından, feldspat mineralleri HF asidi ile aktive edilir. Feldspat minerallerinin yüzeyleri F^- iyonları ile daha büyük negatif yük değeri kazanırlar. Böylece feldspat ve kuvars mineralleri arasında negatif yük bakımından büyük farklılık doğar ve elektrostatik ayırma yöntemi uygulanabilir. Feldspat minerallerinin HF ile aktive edilmesi neticesinde ürünlerdeki Fe_2O_3 oranının azaldığı tespit edilmiştir [31].

Çizelge 2.8. Bazı silikat minerallerinin elektrostatik özellikleri [31]

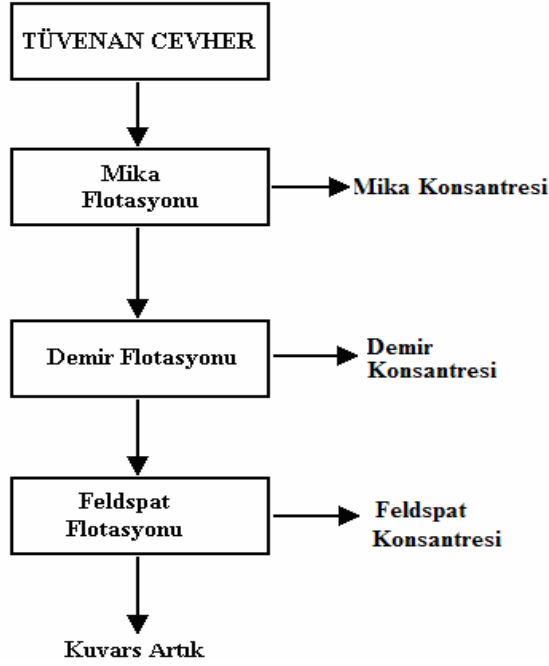
Mineral	Voltaj	İletkenlik (Reversibilite)
Kuvars		
Kuvars (Dumanlı)	9.672	RN
Kuvars (Kristal)	13.416	RN
Kuvars (Çakmaktaşı)	14.820	RN
Kuvars (Süt)	14.820	RN
Mikroklin	7.488	RO
Oligoklaz	6.240	RN
Gröna	18.000	RO
Turmalin	7.176	RP
Muskovit	2.964	RO

RN: Reversibil Negatif, RP: Reversibil Pozitif, RO: Reversibil Olmayan

2.5.5. Flotasyon

Flotasyon yöntemi istenmeyen minerallerin ayrılmasında ve endüstriyel minerallerin çeşitli ürünler halinde elde edilmesinde uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntem ile pegmatitlerdeki feldspat ve kuvars, diğer minerallerden (mika, turmalin ve ağır mineraller) ekonomik olarak ayrılabilir. Flotasyon yöntemine ait genel akım şeması Şekil 2.4’de görülmektedir [7 ve 19].

Ülkemizde feldspat zenginleştirme yapan tesisler bulunmaktadır. Bu tesislerin adları, hangi yöntemle zenginleştirme yaptıkları, elde ettikleri ürünler ve kapasiteleri Çizelge 2.9’da görülmektedir [7].



Şekil 2.4. Flotasyon deneyi akım şeması

Çizelge 2.9. Ülkemiz feldspat zenginleştirme tesisleri [7]

Şirket	Cevher	Bölge	Proses	Ürünler	Kapasite
Esan	Na- Feld	Milas	Mika/Titan Flotasyonu + Manyetik ayırma	Flote albit (Seramik/Cam)	200.000
Çine Akmaden	Na- Feld	Çine	Titan flotasyonu Yaş/kuru sınıflandırma	Flote Albit (Seramik) Albit (Cam)	90.000 80.000
Kalemaden	Na- Feld	Çine	Mika/Titan Flotasyonu	Flote Albit (Seramik)	50.000
Gamma	K- Feld	Kırıkkale	Kuru manyetik ayırma	Sırlık K- Feld.(Seramik) 2.KaliteK-Feld. (Seramik)	12.000 25.000
Sabuncular	Na- Feld	Çine	Kuru manyetik ayırma	Premier Albit (Seramik,Cam)	60.000

2.5.5.1. Mika flotasyonu

Feldspat cevherlerinin flotasyon ile zenginleştirilmesi için uygulanması gereken ilk kademe mikanın uzaklaştırılması işlemidir. Mika minerallerinin kafes yapısı, silis dört yüzlerinden oluşan iki tabaka arasındaki sekiz yüzeyli boşlukları alüminyum iyonlarının doldurması ile oluşan tabakalı bir yapıdır. Ancak her dört silisyum iyonundan birisinin yerine bir alüminyum iyonunun girmesi ile oluşan elektriksel yük dengesizliği, silis tabakaları arasında

giren bir toprak alkali metal iyonu ile karşılanmaktadır. Toprak alkali metal iyonlarının çözeltiye geçmesi ile kafes yapısı negatif yüklü duruma gelmekte ve mika mineralleri yüzeylerini kaplayan toplayıcılar ile yüzelebilmektedir. Toplayıcı olarak aminler kullanılmaktadır. Mikaları feldspattan ayırmak için asit ortamda Al^{+3} iyonu ilavesi aktifleştirici olarak faydalıdır [4]. Mika flotasyonunda H_2SO_4 ile pH 2.5-3.5'a ayarlanır [7]. Amin, yardımcı reaktif olarak gazyağı ve köpürtücü olarak MIBC (Metil-İso-Butil-Karbinol) ilave edilir ve mika mineralleri yüzdürülür. Kullanılan aminler 12–18 karbon içeren alifatik aminlerdir. Alkil zinciri uzun olan aminlerin toplayıcı özellikleri daha fazladır. Seçimlilik azalır ve feldspatın da bu aşama da yüzmesine dolayısı ile feldspat kaçaklarına neden olur. Amin miktarı ayarlanırken aminin türü, cevherin mineralojik bileşimi ve tane boyu gibi parametreler bilinmelidir. Toplayıcılardan hangisinin kullanılacağına toplayıcının fiyatı, bulunabilirliği ve tüketim miktarı, feldspat konsantrasyonunun kimyasal bileşimi (Fe_2O_3 ve TiO_2 içeriği), köpükteki feldspat kaçağı, toplayıcının sağlık ve güvenlik açısından kimyasal özellikleri, toplayıcı ile çalışma pH'ı, flotasyon kinetiği gibi özellikleri belirlenerek karar verilir [17].

2.5.5.2. Metal oksit flotasyonu

Feldspat cevherlerinin flotasyon ile zenginleştirilmesi için uygulanması gereken ikinci kademe demir içeren ve renk verici minerallerin (turmalin, gröna ve demir oksitler) uzaklaştırılması işlemidir. Mika flotasyonunda batan ürün (artık) H_2SO_4 ile pH 5-5.5' da oleat ile yada pH 2-4' de sülfonatlar (Aero 801, Aero 825, Aero 840) ile metal oksitler yüzdürülür [36]. Düşük pH' da hem demir oksit yüzeyleri temizlenir, hem de silikatların flotasyonu önlenir [6 ve 7].

2.5.5.3. Feldspat – Kuvars ayrımı

Feldspatlar da kuvars gibi silikat tetrahedronundaki dört oksijenin paylaşılması ile oluşan, üç boyutlu kafes yapısı gösteren minerallerdir. Fakat bu minerallerde silisin dörtte biri veya yarısı yerine alüminyum gelmiş, elektriksel denge, bileşiğe sodyum, potasyum veya kalsiyum ilavesi ile sağlanmıştır [4]. Mineral tanelerinin yüzelebilmeleri amin adsorbsiyonuna bağlı olduğu için pozitif RNH^+ (amin) iyonları ile negatif yüklü mineral yüzeyi arasındaki elektrostatik çekim kuvveti amin adsorbsiyonunun esasını oluşturmaktadır. Bu nedenle flotasyonda kimyasal reaksiyonun yanında elektriksel etkilerde önemli rol oynamaktadır [8]. F^- iyonlarında feldspatların negatif elektrokinetik potansiyelini arttırarak amin adsorbsiyonuna uygun duruma getirmektedir [17].

Feldspat flotasyonu ile ilgili çalışmalar genel olarak aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir

- HF ile feldspat kuvars ayırımı
- HF kullanılmadan yapılan feldspat kuvars ayırımı
 - Katyonik toplayıcılar ile feldspat kuvars ayırımı
 - Anyonik toplayıcılar ile feldspat kuvars ayırımı
 - Anyonik – katyonik toplayıcı karışımları ile feldspat kuvars ayırımı
- Na – Feldspat K – Feldspat Seçimli Ayırımı

HF ile feldspat kuvars ayırımı

Flüorür içeren veya içermeyen ortamlarda feldspat yüzeyi ile kuvars yüzeyi aynıdır. Feldspat yüzeyleri flüorür içeren ortamlarda çözünürlüğü az olan tuz türü bir bileşik ile kaplanır, böylece yüzey elektriksel potansiyeli değişir. Flüorür içermeyen asitli ortamlarda amin toplayıcı kullanılarak yapılan yüzdürmede feldspat yüzeyleri bozularak kuvarsa benzer bir yüzey elektriksel yükü kazanır. Bu nedenle ayırım seçimli olmamaktadır [42].

Feldspat, amin tipi toplayıcılar ile pH 3.5'un altında yüzdürülemez. HF, HF ile birlikte H₂SO₄, ya da NaF ile birlikte H₂SO₄ kullanılarak ortama yeterli miktarda F⁻ iyonu verilerek, pH 2-3'de uzun zincirli amin tuzu (genellikle hidrokarbon zincirinde 18 karbon bulunan Tallow Amin Asetat Tuzu), köpürtücü (MIBC veya çamyacı), fuel-oil veya gazyağı ilave edilerek 8–10 dakika koşullandırılarak feldspatlar yüzdürülür ve kuvars bastırılır [22].

HF bu kademedeki pH ayarlamak, feldspatı canlandırmak ve kuvarsa bastırmak için kullanılır [4]. Canlandırıcı olarak kullanılacak F⁻ miktar ve mineral cinsi önemlidir. NaF ilavesi feldspat ve kuvarsa etkilemez [14].

Feldspat-kuvars ayırımı, çok düşük pH' larda feldspatın flüorür iyonu ile canlandırılması ve uzun zincirli alkali amin bazlı katyonik reaktiflerle yüzdürülmesi esasına dayanır. Bu veriler ışığında O'Meara ve diğerleri (1939) tarafından yapılan çalışmalarda HF içeren asidik ortamda toplayıcı olarak lauril amin kullanılmış ve feldspat yüzeyine flüorür iyonlarının selektif olarak adsorplanarak feldspatı yüzdürdüğünü, HF yerine HCl kullanıldığında ise verimin düştüğünü bildirmişlerdir [14, 19 ve 24].

Dean ve Ambrose (1944), feldspat kuvars ayırımının flüorürlü ortamlarda amin tipi toplayıcılar ile mümkün olamayacağını ileri sürmüşlerdir. Flüorürsüz ortamda alkali ve toprak

alkali iyonlarının çözeltiliye geçerek feldspat yüzeyini negatif yaptığını belirtmişlerdir. Canlandırıcı olarak kullanılan flüorür iyonu miktarının kullanılan mineral cinsine bağlı olduğunu saptamışlardır [19, 24 ve 25].

Buckhenham ve Rogers (1954), 0,5-5mM NaF ilavesinin feldspat ve kuvars üzerinde flotasyon açısından önemli bir etkisinin olmadığını bulmuşlardır. pH 4' ün altında ve 5 mM flüorür iyonu içeren ortamlarda kuvars bastırılırken feldspat yüksek verimle yüzdürülmüştür [19 ve 24].

Suliiin ve Smith (1966), tarafından konsantre HCl ve HF kullanılarak mikroklin üzerinde yapılmış ve HCl içeren ortamda mineral bastırılırken HF içeren ortamda mikroklinin canlandırıldığını bulmuşlardır [19].

Joy ve diğerleri (1966), feldspat minerallerinin yüzeylerinin asit ortamlarda alüminyum oksit bileşenini kaybederek bir silis jeli ile, bazik ortamlarda ise silisyum oksit bileşenini kaybederek bir alüminyum oksit/hidroksit jeli ile kaplandığını belirtmişler ve bu yüzden asidik pH değerlerinde ve flüorürsüz ortamlarda katyonik toplayıcılar ile feldspatın yüzmesinin beklenmemesi gerektiğini belirtmişlerdir [19].

Tröndle ve diğerleri(1968), feldspat kuvars karışımları üzerinde boyut fraksiyonlarına uyguladıkları HF canlandırma mekanizmasında pH 3.5'in altında HF' in HCl' e göre selektif etkisini gözlemişlerdir. Farklı boyut gruplarına ayrılan ortoklaz ile yaptıkları flotasyon deneylerinde pH 3.5'de HF konsantrasyonu artışıyla feldspat veriminin düştüğünü belirlemişlerdir. Diğer yandan yüksek HF konsantrasyonlarında boyut küçüldükçe veya pH düştükçe verimin arttığını bulmuşlardır. pH 2.5 civarında iken 10mM HF'e kadar mikroklinin flotasyonunda yüksek bir verim gözlenmiştir [14].

Uhlig (1985), tarafından tüm feldspat mineralleri üzerinde HF'in farklı pH'larda flotasyon verimine etkisi araştırılmıştır. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, pH 2.7-1.8 arasında tüm feldspatlar çok yüksek HF ile aktive edilebilmektedir. Kuvars pH 3'ün altında yüzmezken feldspatın kuvarstan ayrılabilmesinin flüorür konsantrasyonunun yeterince yüksek olmasıyla mümkün olabileceğini sonuçlarla göstermiştir. HF' in boyut fraksiyonları üzerinde yapılan canlandırmaya etkisinde 0.1-0.315 mm boyut fraksiyonunda 1-10 kg/t'a kadar yeterli olacağını, 5-20 µm boyutundaki malzemenin ise çok yüksek asit tüketimi gerektirdiği bulunmuştur [19 ve 41].

Flüorür içeren veya içermeyen ortamlarda kuvars yüzeyi aynıdır. Feldspat yüzeyleri flüorür içeren ortamlarda çözünürlüğü az olan tuz türü bir bileşik ile kaplanır, böylece yüzey

elektriksel potansiyeli değişir. Flüorür içermeyen asitli ortamlarda amin toplayıcı kullanılarak yapılan yüzdürmede feldspat yüzeyleri bozuşarak kuvarsa benzer bir yüzey elektriksel yükü kazanır. Bu nedenle ayırım seçimli olmamaktadır [42].

Okur, Önal(1984), Simav – Dağardı feldspatlarının feldspat-kuvars ayırımına yönelik yaptıkları çalışmalarda üç aşamalı flotasyon uygulamıştır. pH HF ile ayarlanmış Tallow amin asetat ile feldspat mineralleri yüzdürülmüştür. Tüvenan cevherdeki % 11.28 olan toplam alkali değerinin feldspat konsantresinde % 14.06' ya % 71.14 verimle yükseldiğini bildirmişlerdir [30].

Çuhadaroğlu vd. (1992), Karacaören (Simav) yöresi alkali feldspatlarının feldspat-kuvars ayırımına yönelik yaptığı çalışmalarda iki aşamalı flotasyon uygulamıştır. pH 3'de Armac T kullanılmıştır. % 4.25 K₂O ve % 6.24 Na₂O içelikli feldspat konsantresi % 75.14 K₂O ve % 79.80 Na₂O verim ile kazanıldığını bildirmişlerdir [12].

Akar vd. (1994), Gördes – Köprübaşı (Manisa) yöresi feldspat ve cevherinin feldspat-kuvars ayırımına yönelik yaptıkları çalışmalarda üç aşamalı flotasyon uygulamıştır. pH 2'de Armac T kullanılmıştır. % 4-6 K₂O ve % 3-4.5 Na₂O içelikli ham cevherden % 8. K₂O ve % 5 Na₂O içelikli ve düşük empüriteli konsantrenin aşamalı selektif flotasyonla elde edildiğini bildirmişlerdir [2].

Geredeli, Özbayoğlu (1995), Simav feldspatının zenginleştirilmesine yönelik çalışmalarında pH 3'de Armoflote 820 kullanmışlardır. % 6.38 K₂O ve % 3.57 Na₂O tenörlü cevherden % 8.92 K₂O ve % 4.29 Na₂O tenörlü konsantre % 84.15 K₂O ve % 77.51 Na₂O verimi ile elde edildiğini bildirmişlerdir [18].

Gence (1997), feldspat-kuvars ayırımına yönelik yaptığı çalışmalarda üç aşamalı flotasyon uygulamıştır. HF ile pH 3'e ayarlamış ve Armac T kullanılmıştır. Feldspat flotasyonu sonucunda % 7.96 K₂O ve % 4.31 Na₂O içeren konsantre % 95.47 K₂O ve % 89.44 Na₂O verimi ile elde edilmiştir [17].

Karagüzel vd. (2000), Simav-Dağardı feldspatlarının zenginleştirilmesine yönelik yaptığı çalışmada 3 aşamalı flotasyon uygulamıştır. HF ile pH 2.5'da Armac T ile yapılan deneyler sonucunda; % 6.03 K₂O, % 3.84 Na₂O ve % 0.46 Fe₂O₃ tenörlü cevherden % 7.55 K₂O, % 4.53 Na₂O ve % 0.22 Fe₂O₃ tenörlü feldspat konsantresi sırasıyla % 65.27, % 61.44, % 21.44 kazanma verimi ile üretilmiştir. Kuvars konsantresi % 91.05 SiO₂ tenörlü ve % 44.90 kazanma verimi ile elde edilmiştir. Üretilen feldspat konsantresi porselen sanayinde kullanılabilir özelliktedir [23].

Sümer, Kaya (1995), Aydın-Çine yöresi feldspatlarının feldspat-kuvars ayırımına yönelik yaptığı çalışmalarda üç aşamalı flotasyon uygulamıştır. R840 tipi sülfonat toplayıcısı ile K_2O tenörü % 8.66'dan % 9.82'e % 56 verimle ve Na_2O tenörü % 2.32'den % 2.79'a % 69 verimle çıkmıştır [40].

HF kullanılmadan yapılan feldspat kuvars ayırımı

HF/amin yöntemi yüksek verim ve kolay seçimli ayırım sağladığı için tercih edilmektedir. HF çevresel etkileri ve aşındırıcı özelliği bakımından alternatif reaktiflerin aranmasına sebep olmuştur. HF kullanılmadan feldspat kuvars ayırımı gerçekleştirmek için anyonik ve katyonik toplayıcılar ve bunların karışımlarından yararlanılmıştır. Verimi arttırmak, tenörde selektiviteyi sağlamak ve HF' in çevreye verdiği olumsuz etkileri gidermek için hem anyonik hem de katyonik toplayıcıların bir arada kullanıldığı yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde göre; ilk kademede pH 8'de toplayıcı olarak NaOl (Sodyum Oleat) feldspat yüzeylerini aktif hale getirip hidrofobik yapar. İkinci aşamada pülpe HMP (Sodyum hegzamet meta fosfat) ilave edilerek kuvarsın bastırılması sağlanır. İkinci toplayıcı olarak DAA (Dodesil amin asetat) ve köpürtücü ilave edilir. Köpükten feldspat, batandan kuvars alınarak ayırım gerçekleştirilmiş olur [33].

Feldspatın HF' siz ortamda kuvarstan kurşun / oleat kombinasyonu ile çok başarılı bir şekilde ayırım yapılabildiğini bildirmektedir. Bu çalışmada kurşun nitrat ($Pb(NO_3)_2$) canlandırıcı, Na- oleat toplayıcı olarak kullanılmıştır [20]. Kullanılan kimyasalların düşük maliyette olması ve pH 7.0 – 7.5 gibi nötr değerlere yakın değerlerde çalışılması yöntemin avantajlarıdır [7].

HF kullanılmadan yapılan katyonik toplayıcılar ile feldspat kuvars ayırımı

Klyachim vd.(1969), HF' den kaynaklanan zehirliliği azaltmak ve aynı zamanda da feldspat konsantrasyonunun tenörünü arttırmak için, katyonik toplayıcı ve HF ile koşullandırmadan sonra yüzdürme işleminde HF yerine HCl veya H_2SO_4 kullanılmasını önermiştir. Aynı yazar daha sonra (1972), feldspat minerallerinin tetradesil amin ile yüzdürülmeleri sırasında % 85 $NH_4F.HF$ ve % 15 NH_4F içeren karışımın % 30'luk çözeltisinin, eşdeğer HF ile aynı etkiyi gösterdiğini öne sürmüştür [19, 24, 25 ve 26].

Shelkova ve diğ.(1979), alkali ortamda gerçekleştirilen ağır metal pegmatit zenginleştirilmesi atıklarından feldspat kuvars ayırımında HF yerine $NH_4F.HF$ asit tuzunu kullanmıştır [19 ve 38]. Czygan (1967), nefelin-feldspat ayırımı için önerilen yöntemde toplayıcı olarak dodesilamin, köpürtücü olarak amil alkol ve düzenleyici olarak sodyum

hekzametafosfat kullanımını önermiştir. Yazar, bu çalışmada HF kullanarak pH'ı 3.5-4.0 arasında ayarlarken 1974 yılında yaptığı çalışmada 1N HCl ile ön koşullandırmanın seçimli yüzdürmeyi iyileştireceğini göstermiştir [14, 19 ve 24].

El-Salmawy (1995), toplayıcı olarak N-alkildiamin kullanarak değişik pH koşullarında yaptığı deneylerinde kısa zincirli alkil aminlerin kuvarsı seçimli olarak yüzdürebilme özelliklerinin yüksek olduğunu saptamıştır [15 ve 25].

HF kullanılmadan yapılan anyonik toplayıcılar ile feldspat kuvars ayırımı

Iverson (1932), flotasyonda kurşun nitrat ile birlikte Na-oleat kullanarak feldspatı yüzdürmüş ve kuvarstan ayırmıştır [25].

Manser (1975), Shaplov ve Polkine (1958)'ne dayanarak feldspatın anyonik toplayıcılar ile kolayca yüzmeyeceğini, fakat anyonik toplayıcılara karşı katyonlar ile kuvarsa benzer bir biçimde canlandırılacaklarını belirtmekte ve mikroklinin hafif asit koşullarda demir ile yüksek pH'larda ise kalsiyumla kolayca canlandırılacağını belirtmektedir [14, 19, 24 ve 29].

Nikol'skaya ve Skobev (1967), Al, Fe ve Ca tuzlarının kuvars, feldspat ve silimanit üzerinde canlandırıcı etkisinin bulunduğunu fakat 300 mg/l'den daha derişik çözeltilerde bu minerallerin hem asit hem de alkali ortamlarda yüzdürülmelerinin zorlaştığını belirtmektedir [19 ve 24].

Bozdoğan vd. (1992), Milas – Çine yöresi cevherlerinin feldspat-kuvars ayırımını pH 8-9 ve toplayıcı olarak oleik asit kullanarak gerçekleştirmişlerdir. % 9.82 Na₂O ve % 0.31 K₂O içeren hammaddeden % 10.40 Na₂O ve % 0.37 K₂O tenörlü konsantre elde ettiklerini bildirmişlerdir [10].

Kılavuz ve Gülsoy (2000), feldspat kuvars ayırımında metal iyonların (Pb, Al, Ba ve Mg) etkisini oleat varlığında incelemişlerdir. Bu incelemeye göre;

- Sadece Pb iyonlarının etkin bir ayırmaya neden olduklarını (2000gr/t Na-oleat ve 300 gr/t Pb(NO₃)₃),
- Kondisyonlama süresinin önemli bir parametre olduğunu ve en iyi ayırmanın kısa kondisyonlamada başarılı olduğunu,
- En iyi ayırmanın doğal pH' da (pH=7.6) olduğunu,

- Kazandıkları konsantrenin özelliklerinin konvansiyonel metotla kazanılan konsantrenin özellikleri ile hemen hemen aynı olduğunu bulmuşlardır [20].

HF kullanılmadan yapılan anyonik–katyonik toplayıcı karışımları ile feldspat kuvars ayırımı

Bunge ve diğ. (1965), primer amin veya primer amin tuzunun etoksillenmiş veya propoksillenmiş yağ asidi, yağ amid ya da yağ aminin koşullandırma sırasında birlikte kullanılmasını önermiştir [14 ve 24].

Verhayden ve Hartman (1972), amonyum ya da amin tuzlarının, ester sülfonatlarının, esteramin tuz sülfonatları karışımlarının veya amonyum ve amin sülfonat tuzları karışımlarının yüzdürmede kullanılabileceği önerilmiştir [19]

Katayanagi (1973), alifatik amin tuzları ve sülfonatların kombinasyonu ile HF kullanılmaksızın 120°C 'den daha yüksek sıcaklıklarda ve pH 2.5'de feldspat kuvars ayırımını yapılabileceğini belirtmiştir. Ayırımın HCl kullanılarak pH 2'de alkil sülfonik asit tuzları ile birlikte yüksek alkil-alkilen diamin karışımı kullanılarak da yapılabileceğini ileri sürmüştür [24].

Katayanagi (1974), alkil – alkilen diaminin (N-alkil-trimetilendiamin) asit ortamlarda feldspat yüzeylerine tek başına adsorpsiyonun feldspatı yeteri kadar yüzdüremediğini ve toplayıcı adsorpsiyonunun petrol sülfonatları kullanılarak güçlendirilebileceğini ortaya koymuşlardır [14 ve 24].

Shimoiizaka ve diğ.(1978), N-alkil-trimetilendiamin asetatın petrol sülfanatu ile H₂SO₄ ya da HCl kullanılarak pH 2'de yüzdürme sonuçlarının flüorür canlandırması ile elde edilen sonuçlardan daha kötü olmadığını belirtmişlerdir [19 ve 24].

Rao ve Forsberg (1993), amin ve SDS karışımından oluşan bir reçeteyi mikroklin kuvars ayırımında kullanmış ve nötr yük boyunca çözeltilerde moleküler kompleksler meydana geldiğini ancak mol oranına bağlı olarak ayırımın olabileceğini bulmuşlardır. Anyonik ve katyonik kolektörün mol oranı 1'den küçükse yüzebilirliğin arttığını, 1 ve 1'den büyük değerlerde ise yüzebilirliğin azaldığını, bununda partiküllerin aşırı negatif yüklenmesinden ve yüklerin anyonlar tarafından kontrol edilmesinden kaynaklandığını bulmuşlardır [24 ve 34].

Ardha ve Atangsaputra (1998), doğal feldspatik kumlardan feldspat kuvars ayırımı amacıyla iki aşamada gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarının ilk aşamasında Na-oleat

kullanarak felspatı aktive ederken Na-hekza meta fosfat ile kuvarı bastırılmış, ikinci aşamada ise dodesilamin asetat kullanarak feldspat flotasyonunu gerçekleştirmişlerdir [3, 14 ve 24].

Shehu ve Spaziani (1999), Düzenleyici olarak EDTA (etildiamintetraasetat) kullanıldığında pH 2’de ve katyonik/anyonik toplayıcı oranı 3:1 olduğunda feldspat ve kuvarın ayrılabilirdiğini belirlemişlerdir [25].

Vidyadhar ve diğ.(2002), pH 1.75-2 arasında tallow alkali propanediaminedioleate karışımı varlığında feldspatı kuvarstan selektif olarak ayırmışlardır. pH 2’nin üzerinde her iki mineralin benzer flotasyon özellikleri verdiğini, altında ise albitin yük farklılığının flotasyonunu kolaylaştırdığını ifade etmişlerdir. Nötr oleik asit molekülleri ile pozitif yüklenmiş diamine parçalarının bir araya gelmesiyle hidrofobluk önemli ölçüde artmıştır. Amonyum iyonlarının silonal grupları üzerine hidrojen bağı ve elektrostatik çekim ile albit ve kuvar üzerine adsorplandığını iddia etmektedirler [19, 24 ve 43].

Kalyon, Gülsoy(2005), feldspat-kuvar ayırımında hidroflorik asit kullanılmayan yöntemlerin karşılaştırılmasına yönelik çalışmalarında HF yöntemi ile anyonik, katyonik, anyonik ve katyonik toplayıcı karışımlarını kullanmışlardır. Sonuçları karşılaştırdıklarında en iyi sonucu HF yöntemi ile elde etmişlerdir. HF’ siz yöntemlerde en iyi sonuç pH 1.75-2.0 olan Duomen TDO kullanılan anyonik katyonik toplayıcı karışım ile sağlanmıştır. Buna göre % 5.49 K₂O, % 1.27 Na₂O tenörlü cevherden % 10.27 K₂O, % 2.42 Na₂O tenör ve % 66.18 K₂O, % 67.42 Na₂O verimli konsantre elde edildiğini bildirmişlerdir [22].

2.5.5.4. Na–Feldspat K–Feldspat seçimli ayırımı

Na – feldspat ve K – feldspatın seçimli ayırımında bazı görüşler ileri sürülmüştür. Bu görüşler;

Shapolov ve Polkine (1958), Manser (1975); feldspatların anyonik toplayıcılar ile kolayca yüzmeyeceğini, mikroklinin kuvarsta olduğu gibi katyonlar kullanılarak canlandırılabilirliğini, yüksek pH’larda kalsiyum iyonlarının canlandırma yaptığını bildirilmişlerdir [8 ve 29].

Manser (1975), şu görüşleri savunmaktadır.

- Mikroklin ve albit, kendilerince zengin olan kayalardan ayrı ayrı elde edilebildikleri için aralarında bir ayırım gerekli olmamaktadır.

- Plajiyoklazlar, sodyum ve potasyumlu feldspatlara oranla daha zor yüzmektedir. Bu nedenle kaba yüzdürme devreleri yerine süpürme devrelerinden elde edilmeleri daha kolaydır.

- Plajiyoklazlardan sodyumlu feldspat HF ile, kalsiyumlu feldspata oranla daha kolay canlandırılmaktadır [19 ve 29].

Yanis (1967), HF' li ortamda amin flotasyonu ile Mg^{+2} ve Ca^{+2} iyonlarının Na-feldspat üzerine bastırıcı etki yaptığını ve böylece K-feldspat konsantrisinin yüzdürüldüğünü açıklamıştır. Kovalenko (1968) bu tezi destekleyerek patent almıştır [8, 19, 42 ve 44].

Nikols'kaya ve Skobev (1967), alüminyum, demir ve kalsiyum tuzlarının kuvars, feldspat ve silimanit üzerine canlandırıcı etkisinin bulunduğunu, ancak 300 mg/lit den daha düşük çözeltilerde bu minerallerin hem asit hem de alkali ortamlarda yüzdürülmelerinin zorlaştığını bildirmişlerdir [8].

Starikova (1968), 15 gr/lit NaCl ile florit aktivasyonunu gerçekleştirip albit ve mikroklinin farklı flotasyon davranışları gösterdiğini ve feldspat konsantrisi içindeki potasyumun arttığını bildirmiştir [42].

Revnitzev vd (1968), potasyum ve iyon çapları potasyuma yakın iyonların (Rb, Cs ve Ba) K-feldspatı, sodyum ve iyon çapları sodyuma yakın iyonların (Ca, Mg ve Sr) Na-feldspatı bastırıldığı bildirilmiştir. HF kullanıldığında hem selektivitenin arttığını hem de gerekli tuz konsantrisinin azaldığını bildirmiştir [8, 35 ve 42].

Klyachin vd (1969), feldspatın $CuSO_4$, $CaCl_2$ yada başka çok değerlikli metal tuzları ile canlandırılabilceğini, ancak bununla birlikte canlanan kuvarsın bastırılabilmesi için cevherin yeniden HCl veya H_2SO_4 kullanarak pH 2-3'te işlem görmesi gerektiğini bildirmişlerdir [8 ve 26].

Marius ve Laura (1970), eşit Na-K içerikli pegmatitlerde NaCl kullanıldığında Na-feldspatın bastırıldığını bildirmişlerdir [8].

Dlugosz ve Ociepa (1972), 5 gr/lit NaCl ve 5 gr/lit $CaCl_2$ 'nin birlikte veya tek başlarına kullanılarak albit mineralinin bastırıldığını bildirmişlerdir [8 ve 42].

Sheiko (1972), çeşitli feldspat mineralleri arasındaki seçimli yüzdürme sırasında oluşan yüzey kimyasal olaylarının etkisini incelemiş ve şu sonuçları elde etmiştir [42];

- Dodesilaminin mikroklin yüzeyine adsorpsiyonu, albite adsorpsiyonundan daha fazladır. Aynı toplayıcının NaCl varlığındaki mikroklin yüzeyine adsorpsiyonu, bu elektrolitin kullanılmadığı duruma göre daha azdır. Bu azalma, elektrolit ile aynı katyona sahip mineraller için daha yüksek orandadır. Dodesilamin mikroklin ve albit yüzeylerine adsorpsiyonu, KCl ve NaCl elektrolitlerin varlığında seçimli olmaktadır.

- Pülpte KCl ve NaCl elektrolitlerin varlığı minerallerin yüzey potansiyellerindeki artış kuvvetle etkilemiştir. Elektrolit derişimindeki artış ile birlikte potansiyelin bağıl değeri, toplayıcı adsorpsiyonu ve yüzdürülebilirliğine paralel olarak azalma göstermiştir.

Filminov (1972), flüorür içeren hafif asit ortamlarda kararlı olan SiF_6^{-2} anyonlarının bu minerallerin yüzeylerinde bulunan K, Ba (Fe, Ca, Mg, Al, vb.) katyonları ile K_2SiF_6 ve BaSiF_6 gibi zor çözünen türde bileşikler yaparak yada bu katyonların yer alacağı yüzey bileşikleri oluşturarak bu mineralleri anyonik toplayıcı olan sodyum oleata karşı bastırıldığını bildirmiştir [8].

Yanis ve Gorelik (1973), amin ile yüzdürmede potasyum iyonunun potasyumlu feldspatlar, sodyum ve kalsiyum iyonlarının da sodyumlu feldspatlar için bastırıcı etkide bulunduğunu bildirmişlerdir. Bunun kullanılan iyonların mineral kristal kafesindekiler ile benzer olmalarından ve dodesilaminyum iyonu ile yüzey konumları için rekabet etmelerinden kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Eğer mineral HF ile ön işlemden geçirilmemişse, kullanılması gereken elektrolit miktarı oldukça yüksek olmaktadır. HF ile ön işlem hem seçimliliği arttırmakta hem de bastırmak için gerekli katyon (sodyum, potasyum, kalsiyum) derişimini azaltmaktadır [8, 42 ve 44].

El – Salmawy vd (1993), flotasyon ile kuvarsın mikroklinden ayrılmasında toprak alkali metal iyonlarının etkisini inceledikleri çalışmalarında, yüksek alkali ortamlarda kalsiyum iyonunun kuvars üzerine mikroklinden daha fazla adsorplandığını tespit etmişlerdir. Bunun nedeni ise yüksek alkali ortamlarda mikroklin yüzeyinde hidrate tabaka oluşmasına ve K, Al gibi katyonların CaOH^+ ile yarışarak Na veya NaOH ile yer değiştirmesine bağlamışlardır [8].

Bayraktar ve diğ. (1999), Manisa, Demirci – Gördes yöresinden alınan numunelerden K–feldspat Na–feldspat ayırımı yapılmıştır. Cevhere önce mika ve oksit flotasyonu uygulanmış, renk verici empüritelere uzaklaştırılmıştır. K–feldspatı yüzdürmek için pH = 2.5’da HF ve 5–20 gr/lit NaCl kullanarak 50–150 gr/t amin kullanılmıştır. Daha sonraki aşamada aynı miktarda amin ile Na–feldspat yüzdürülerek kuvarstan ayrılmıştır. % 4.8 K_2O ve % 2.4 Na_2O içeren cevherden % 13.1 K_2O ve % 3.3 Na_2O içeren K–feldspat konsantresi ve % 6.4 Na_2O ve % 4.7 K_2O içeren Na–feldspat konsantresi elde etmişlerdir [19 ve 24].

Demir vd. (2001), Albit ve mikroklin de bir silikat minerali olduğundan alkali ve toprak alkali metal iyonları bu minerallerin yüzeylerine adsorplandığını bildirmektedirler [13]. Nitekim tek değerlikli alkali metal iyonlarından Na^+ albitin yüzey yükünü arttırırken, mikroklinin yüzey yükünü marjinal olarak değiştirdiği, böylece albit ve mikroklinin seçimli olarak ayırımının mümkün olduğu mikroflotasyon sonuçları ile desteklemiştir. Demir Na–feldspat ile K–feldspatı seçimli olarak birbirinden ayrılması konusunda şu görüşleri ileri sürmektedir [14]:

- Na^+ ve K^+ iyonları kullanarak yapılan zeta potansiyel çalışmalarında albit ve mikroklin kafesindeki ortak iyonların albit ve mikroklinin negatif yüzey yükünü düşürdüğü, zıt iyonların minerallerin yüzey yüklerinde değişiklik yapmadığı ve bu durumda iyon değiştirme mekanizmasının gerçekleştiğini iddia etmektedir.

- NH_4 iyonu albitin yüzey potansiyelini düşürdüğü, Li iyonları ise her iki mineralin zeta potansiyeline etki etmediğini bildirmektedir. Ayrıca Mg, Ca, Sr, Ba ve Al iyonları artan miktarlarıyla beraber her iki mineralin yüzey yükünü mutlak değer olarak düşürmekte ve pozitif değerlere getirmektedir.

- 5×10^{-2} M NaCl konsantrasyonunda ve 0.267 mg/lit G-TAP miktarında albit mikroklin arasında maksimum selektivite elde edilmiştir. Aynı miktarda KCl ve G-TAP varlığında selektivitenin sağlanmadığını hatta KCl her iki mineral için bastırıcı etki gösterdiğini belirtmektedir. İlginç olanı ise albit üzerinde bu etkinin daha fazla olması nedeniyle K^+ iyonlarının seçimli flotasyonda söz konusu sistem için kullanılamayacağını iddia etmesidir.

- Nötr pH, flüorürlü (F^-) ortam ve 5×10^{-2} M NaCl konsantrasyonunda yapılan adsorpsiyon çalışmalarında mineral yüzeyine adsorplanan G-TAP miktarında bir maksimum ve minimum tespit edilmiştir.

- Doğal pH'da albit mikroklin seçimli ayrılmasında Ca^{+2} ve Ba^{+2} iyonlarının etkisi incelenmiştir. Ca^{+2} iyonları albiti bastırırken, mikroklini pek etkilemediği, Ba^{+2} iyonları ise her iki mineral üzerinde etki göstermemiştir. Dolayısıyla sadece Ca iyonlarının seçimli flotasyonda kullanılabileceği önermektedir.

- Denver tipi flotasyon hücrelerinde yapılan deneylerde hem doğal pH hem de HF içeren düşük pH'larda Na iyonları varlığında, yapay olarak hazırlanmış karışımdan K–feldspat Na–feldspattan seçimli olarak ayrılmıştır.

Bentli vd. (2004), HF' siz ve doğal pH' da çift değerlikli tuzlardan CaCl₂' ün albit–mikroklin seçimli ayırımında kullanılabilirliğini araştırmışlar. Na–feldspat ile K–feldspatı seçimli olarak birbirinden ayrılması konusunda şu görüşleri ileri sürmektedir [8]:

- Ca⁺² konsantrasyonunun artışıyla birlikte hem albit hem de mikroklinin yüzey yükleri artmaktadır. Bu durum çözeltiliye ilave edilen Ca⁺² iyonlarının feldspat yüzeyinde iyon değiştirmesi ve elektriksel çift tabakayı sıkıştırması ile açıklanabilir.

- Demir vd., mikroklinin albitten 9 mV daha negatif olduğunu bulmuşlardır. Bentli vd. bunun aksine albitin mikroklinde 12 mV daha negatif olduğunu saptamışlar. Numuneler arasındaki bu farklılıkların yüzeylerdeki empüritelere kaynaklandığını tahmin etmişlerdir.

- Doğal pH'da sadece 8x10⁻⁷ mol/lt G-TAP miktarında albit ve mikroklin arasında % 49.6 oranında seçimli bir ayırım tespit edilmiştir. Albitin yüzey yükü mikrokline göre daha negatif olduğundan amin ile adsorplanma o derece fazladır.

- Doğal pH'da 8x10⁻⁷ mol/lt G-TAP, 5x10⁻⁴ mol/lt CaCl₂ tuz konsantrasyonunda % 61.7 miktarında ayırım tespit edilmiştir.

- Ca⁺² iyonlarının albit üzerine mikroklinde daha fazla adsorplandığını bildirmişlerdir. Bu özelliğin mikroklinin zeta potansiyel eğrisini daha pozitif yaparak flotasyon sonuçlarına yansımaları sonucunda mikroklinin bastırıldığı bildirilmiştir.

Gülgönül (2004), değişik albit, mikroklin ve ortoz numuneleri üzerinde çözünürlük ölçümleri, adsorpsiyon, desorpsiyon, zeta potansiyel, mikroflotasyon ve yüzey karakterizasyonu ile ilgili deneyler yapmıştır. Na–feldspat ile K–feldspatın seçimli olarak birbirinden ayrılması ile ilgili yaptığı deneyler ile şu sonuçlara ulaşmıştır [19]:

- Saf su varlığında katı konsantrasyonuna bağlı olarak mikroklinde ortama geçen K⁺ iyon miktarı (% 0.076) ile albitten ortama geçen Na⁺ iyon miktarları (% 0.10) hemen hemen birbirine eşit olup, katı konsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. İçerdikleri toplam iyon miktarları göz önüne alındığında; mikroklinde ortama geçen K⁺ iyon miktarı albitten ortama geçen Na⁺ iyon miktarına göre daha az olmaktadır. Mikroklinde ortama geçen Na⁺ iyon miktarı albitten ortama geçen K⁺ iyon miktarının 10 katı daha fazladır.

- NaCl varlığında albitten çözeltiliye geçen K⁺ iyon miktarı saf sudakinin 13 katı ve mikroklinde çözeltiliye geçen K⁺ iyon miktarı saf sudakinin 4.5 katı daha fazladır. KCl varlığında albitten çözeltiliye geçen Na⁺ iyon miktarı saf sudakinin 3.4 katı ve mikroklinde çözeltiliye geçen Na⁺ iyon miktarı saf sudakinin 4 katı daha fazladır.

- NH_4^+ iyonu ile K^+ iyonunun kristal ve hidrate iyon çaplarının birbirine yakın olması sonucunda NH_4^+ iyonu, albitten çözeltiliye geçen K^+ iyon miktarını 100 kat, mikroklindeki 10 kat arttırmaktadır.

- LiCl varlığında albitten çözeltiliye geçen sodyum miktarı 2 kat, potasyum miktarı 3 kat, mikroklinde ise her iki miktar birbirine eşit olup 4.5 kat artmaktadır.

- Albit ve mikroklinde saf su, zıt iyonlar, NH_4Cl ve LiCl varlığında süreye bağlı olarak ortama geçen Na^+ ve K^+ iyon miktar artışları değişmediği ve süreden bağımsız olduğu ortaya çıkarılmıştır.

- Mikroklin ve albitten ortama geçen zıt iyon miktarları NaCl ve KCl konsantrasyonu arttıkça orantılı olarak artmaktadır. Bu artışlar saf su değerlerine nazaran 10 kat olmaktadır. Bu da çözeltideki iyonların mikroklin veya albitteki zıt iyonlar ile yer değiştirdiğinin bir göstergesidir.

- CaCl_2 varlığında mikroklin K -feldspat olmasına rağmen, tek değerlikli iyonlar varlığındaki gibi albit kadar ortama Na^+ iyonu vermektedir. Albitten çözeltiliye geçen K^+ iyon miktarı ise çok düşük seviyelerde kalmaktadır.

- CaCl_2 varlığında albit ve mikroklinin çözeltiliye geçen Na^+ iyon miktarları saf su varlığındaki değerlere göre albitte 14.7, mikroklinde ise 8 kat artmaktadır. Çözeltiliye geçen K^+ iyon miktarları ise albitte 10, mikroklinde ise 4.5 kat olmaktadır. Albit mikrokline oranla çözeltiliye yaklaşık 2 kat Na^+ ve K^+ iyonu vermektedir.

- Ca^{+2} iyonu her iki mineralden en fazla Na^+ iyonunu, NH_4^+ iyonu ise K^+ iyonunun çözeltiliye geçmesine neden olmaktadır.

- Na^+ iyonları kristal durumda albit yüzeyinin % 13.2'sini ve mikroklin yüzeyinin % 17.7'sini kaplamakta ve hidrate durumda albit ve mikroklinin yüzeyinde adsorpsiyon yaklaşık iki tabaka (double layer) derecesindedir. Ancak iyonların hidrate formunda kristal yapıya girmedikleri dolayısıyla adsorplanmada kristal çapının önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

- K^+ iyonunun kristal durumda mikroklinin yüzeyinin % 21.2'sini, hidrate de ise tamamını kapladığı (mono layer) anlaşılmaktadır.

- NH_4^+ iyonunun albit ve mikroklin üzerine eşit adsorplanmaktadır.

- Ca^{+2} iyonu kristal durumda mikroklinin yüzeyinin % 77.7'sini kaplarken, albit yüzeyinin tamamını kaplamaktadır.

- Mikroklinin NaCl varlığında iyon değiştirme etkin olup % 95 iken, KCl varlığında iyon adsorpsiyonu daha etkin olup % 80 değerlerini almaktadır.

- Albitin NaCl varlığında iyon adsorpsiyonu çok etkin olmakta ve iyon değiştirme kapasitesi ancak % 5 civarında olmaktadır. Bu da albitin, potasyum içeriğinin az olması ve NaCl varlığında çözeltiliye K^+ iyonlarının düşük seviyelerde geçmesi nedeniyle, iyon değiştirmeye yatkın olmadığını ortaya çıkarmaktadır. KCl varlığında, düşük konsantrasyonlarda iyon değiştirme, yüksek konsantrasyonlarda ise iyon adsorpsiyonu etkin olduğu bulunmuştur.

- CaCl_2 varlığında albit mineralinde 4.2×10^{-4} M'a kadar iyon değiştirme, konsantrasyon arttıkça iyon adsorpsiyonu ortaya çıkıp iyon değiştirme azalmaktadır. Mikroklinde ise 1.61×10^{-3} M denge konsantrasyonuna kadar iyon değiştirme şeklinde olup daha sonra azalmaktadır.

- Albitin mikrokline göre tüm katı miktarlarında daha negatif yüzey yüküne sahip olmaktadır ve aralarındaki yüzey yük farkı genelde korunarak ortalama 6 mV olmaktadır.

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

- Albit, 1×10^{-5} seviyelerinde NH_4 ve Cs iyonlarının Ba gibi çift değerlikli iyonlarla çok hızlı iyon değiştirerek düşük konsantrasyonlarda bile zeta potansiyeli pozitifeye yaklaştırmaktadır.

- 1×10^{-2} M konsantrasyonuna kadar K^+ , Na^+ iyonları varlığında albit ve mikroklinin yüzey yükleri sabittir. Bu noktaya kadar iyon değiştirme söz konusudur. Derişim arttıkça albit ve mikroklinin yüzey yükleri sıfıra yaklaşarak azalmaktadır. Bu noktada iyon adsorpsiyonu etkili olmaktadır.

- CaCl_2 miktarı arttıkça albit ve mikroklinin yüzey yükü pozitifeye yaklaşmaktadır.

- 0.34 mg/lit G-TAP konsantrasyonunda albit % 82.64 verimle yüzerken, mikroklin % 46.56 verimle yüzmektedir. Bu amin konsantrasyonlarında albitin mikroklinde selektif olarak ayrılabilceği göstermektedir. Albit mikrokline nazaran daha negatif yüzey yüküne sahiptir. Bu nedenle aminin albit yüzeyine elektrostatik olarak adsorplanması daha kolay olmaktadır.

- Mikroklindeki K yerine Na, Ca, Ba gibi katyonların geçmesi ile kimyasal içerikleri ppm mertebesinde değişmekte ve bu değişim sonucu mikroklın yüzeylerinde farklı iyonların birikmesine sebep olmaktadır ve bu iyonların flotasyonda birincil derecede etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır.

- Tek değerlikli iyonların 1×10^{-1} M'a kadar varlığı albitin yüzme verimlerini mikroklına oranla daha fazla düşürmektedir. Albitin yüzey yükü tek değerlikli iyonlar varlığında mikroklına oranla daha negatiftir. Özellikle Cs^+ , NH_4^+ , ve K^+ iyonları albiti etkin bir biçimde, mikroklını ise daha az miktarda bastırmaktadır.

- Albit ve mikroklın 8×10^{-7} M G-TAP varlığında mikroklın verimleri yaklaşık 1×10^{-2} M CaCl_2 konsantrasyonuna kadar sabitliğini korurken, albit verimleri başlangıçta bir miktar artsa da artan tuz miktarıyla birlikte kesin bir şekilde düşmektedir. Ba iyonları ise, albiti canlandırırken mikroklın üzerinde bir etki göstermemektedir.

- Tane yüzeyinde veya kristal yapının içinde yer alan Ni, Cr, Fe, Ba, Ca, Mn, Cu, Zn, P, Sr gibi elementlerin varlığı flotasyon ortamını değiştirmektedir. Na ve K feldspatların selektif ayrılmasının birincil derecede yüzeylerinde var olan empüritelere bağlı olduğu bulunmuştur. Bu empürüteler tanelerin zayıf yüzeyleri boyunca kırılmalar sonrası flotasyon ortamına girerek şartları değiştirmektedir.

Karagüzel (2005), Denver flotasyon hücresiyle Manisa – Gördes Feldspatları üzerinde HF ve doğal pH' da tek değerlikli iyonların etkisini araştırmıştır. Deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir [24]:

- Doğal pH'da 50 g/t G-TAP konsantrasyonunda % 15 civarında olan K_2O verimi artan G-TAP miktarı ile 150 g/t'da % 67'lik değere ulaşmıştır. Na_2O verimi aynı miktar aminle % 40 civarında kalmıştır.

- HF'li ortamda artan NaCl konsantrasyonu ile K_2O ve Na_2O verimleri azalırken, K_2O ve Na_2O tenörlerinde bir fark oluşmaktadır. Artan KCl konsantrasyonu ile K_2O verimi azalmaktadır.

- HF'li ortamda yapılan kademeli flotasyon deneylerinde elde edilen süpürme artığındaki kuvars, yaklaşık % 98 SiO_2 tenör ve % 70 verim ile elde edilmiştir. Diğer ürünlerde % 8 alkali elde edilerek endüstride kullanım alanı bulabilecektir.

- Na-feldspat ile K-feldspatın seçimli olarak Na^+ iyonları varlığında ayrıldığı tespit edilmiştir. Albitin yapısında Na^+ iyonları bulunduğundan ortama ilave edilen Na^+ iyonları iyon

değiştirmenin olmaması nedeniyle albit yüzeyine amin adsorpsiyonunu, ortoklaza göre daha fazla engellediği tespit edilmiştir.

- HF⁺ li ortamda % 3.78 K ve % 3.37 Na içerikli cevherden tek değerlikli tuzlar kullanılarak % 10.51 K ve % 3.02 Na içerikli K–feldspat konsantresi elde etmiştir [30].

3. ORTA ANADOLU MASİFİNİN GENEL JEOLJİSİ VE PETROGRAFİSİ

Cevher Nevşehir'e 30 km, Acıgöl'e 12 km uzakta bulunan Gülşehir ilçesindeki ocaktan temin edilmiştir.

3.1. Bölgenin Jeolojisi

Nevşehir'in Hacıbektaş ilçesinin güney batısı ile Gülşehir ilçesinin kuzeybatısında yer alan granitler Akçataş graniti olarak isimlendirilmiştir. Plutonda granitler, ortoklaz granitler, oligoklazlı ortoklaz granit, granodiyoritler, kuvarsdiyoriller, diyorit (albitleşmeye maruz kalmış), siyenitler, monzonitler, kuvars monzonit, monzodiyoritler ve alterasyona maruz kalmış plütonik kayaçlar (granitler ve/veya ortoklaz granitler) belirlenmiştir. Granitlerin ve granodiyoritlerin içinde seyrek olarak enklavlar görülmektedir. Damar kayaçları granit aplit, granit porfir, diyorit porfirit (albitleşmeye maruz kalmış) olarak saptanmıştır [5].

3.2. Bölgenin Petrografisi

Plutonda farklı kayaç tipleri görülmektedir. En yaygın görülen kayaç granitlerdir ve her kesimde gözlenmektedir [5].

3.2.1. Granitler

İri kristaller daima feldspat olarak saptanmıştır. Bunlar en/boy olarak ortalama 0,5/4 cm boyutundadır.

Granitlerde ortoklaz ile plajiyoklaz iri kristalleri birlikte bulunmaktadır veya sadece ortoklaz iri kristalleri yer almaktadır. Granitlerin ara malzemesinde kuvars, ortoklaz, plajiyoklaz, biyotit ve/veya hornblend ile seyrek olarak bunlara eklenen diyopsit, ender olarak kalsit gözlenmiştir. Aksesuarik mineraller apatit, zirkon, titanit, epidot olarak saptanmıştır.

Ortoklaz iri kristalleri daima ksenomorf şekilli olmak üzere levhamsı veya az olarak çubuksu biçimlidir. Granitlerin ortoklaz iri kristalleri ile ara malzemedeki kuvars arasında mikrografik tekstür gözlenmiştir. Ara malzemedeki bulunan daima ksenomorf şekilli olan kuvarslar diş diş kenetlenme göstermektedir. İçlerinde apatit, hornblend, plajiyoklaz, kalsit inklüzyonları yer almaktadır. Titanit ve epidot fazla yaygın değildir.

Granitlerde en yaygın mafit olan biyotit, bu kayaçları yapan minerallerin en küçük boyusudur. Hipidiyomorf veya ksenomorf şekilli, levhamsı veya çubuksu biçimlidir. Zirkon ve opak minerali inklüzyon olarak bulundurabilmektedir.

Hornblendler idiomorf, hipidiyomorf (bazısı idiomorfa çok yakın), ksenomorf şekilli, levhamsı ve çubuksu biçimlidirler. Bazen, ancak mikroskopla seçilebilen, belli bir dış şekli olmayan kümeler oluşturmuşlardır. Biotit, apatit, zirkon, opak mineral inklüzyonları gözlenmiştir [5].

3.2.2. Albitleşmeye maruz kalmış Diyoritler

Pek iyi gelişmemiş olmakla beraber porfirik tekstürü olduğu mikroskobik çalışmalar sırasında görülmüştür. Plajiyoklaz iri kristalleri oligoklaz veya albit özelliğindedirler. Albitleşmeye maruz kalmışlardır. Ksenomorf şekillidirler. Plajiyoklaz, ortoklaz, zirkon, opak mineral inklüzyonu gözlenmiştir [5].

3.2.3.Ortoklaz Granitler ve Oligoklazlı Ortoklaz Granitler

Ortoklaz granitlerin hemen hemen hepsi holokristalin porfirik tekstür göstermektedir. Ortoklaz granitlerde feldspat iri kristallerinin boyutları en/boy olarak ortalama 1,5/2 cm, ince taneli olanlarda 1,5/2 mm, 3/5 mm'dir. İri kristaller daima ortoklaz olarak saptanmıştır ve ksenomorf şekillidir. Bazılarında mikropertitik oluşum gözlenmiştir. Biotit inklüzyonu bulundurmamaktadır. Ortoklaz iri kristalleri ile ara malzemedeki kuvars arasında mikrografik tekstür görülmektedir. Ara malzemedeki kuvarlar ksenomorf, ortoklazlar ksenomorf veya hipidiyomorf şekillidirler. Bu iki mineral arasında seyrek olarak granofirik tekstür gözlenmiştir. Kuvarların içinde bazen biyotit inklüzyonu gözlenmektedir [5].

3.2.4. Alterasyona maruz kalmış plutonik kayalar

Ortoklaz iri kristalleri görülmüştür. Bu kayaların ara malzemelerinde alterasyon oranına bağlı olarak sadece kuvars veya onun yanı sıra ortoklaz ve/veya biyotit izlenmiştir. Kuvarların içinde yer yer apatit veya zirkon inklüzyonu, kuvars ile ortoklaz arasında ender olarak granofirik tekstür görülmektedir. Bu kayaların çatlaklarında gözlenen ve kayaların içine yayıldığı görülen hidrotermal malzeme kuvars, klorit, serisit, kil mineralleri, opak mineraller ve kalsit olarak izlenmiştir[5].

3.2.5. Granodiyoritler

Granodiyoritler holokristalin porfirik tekstür göstermektedir. Feldspat iri kristallerinin boyutları en/boy olarak ortalama 8-9 mm/2 cm, 2/5 cm.' dir. Biotit hornblend granodiyorit, hornblend biyotit granodiyorit, diyopsit biyotit hornblend granodiyorit olarak belirlenmişlerdir [5].

3.2.6. Plütonik kayaçlarda gözlenen mineraller

Ortoklaz; Plutonik kayaçlarda hem iri kristaller halinde hem de ara malzemede yer almaktadır. Ortoklaz iri kristalleri az oranda kil mineralleşmesine nadiren bunun yanı sıra serisitleşmeye maruz kalmışlardır.

Mikroklin; Plutonitlerde, ender olarak görülen bu mineral monzonitlerin ara malzemesinde izlenmiştir. Çok az miktarda kil mineralleşmesine maruz kalmıştır.

Plajiyoklaz; Hem iri kristaller halinde hem de ara malzemede bulunmaktadır.

Kuars; Doğru sönmeli olanları varsa da, zayıf ve kuvvetli oranda, dalgalı sönmeye gösterenleri çok yaygındır.

Biyotit; Plutonitlerdeki en yaygın mafittir.

Hornblend; İkinci derecede yaygın olan mafittir.

Kalsit; Ortoklaz granitler, siyenitler ve alterasyona maruz kalmış plütonik kayaçlar hariç bütün plütonik kayaçların ara malzemesinde eser miktarda belirlenmiştir. Ksenomorf şekillidir.

Apatit; Plutonik kayaçlarda yaygındır. Renkli veya renksizdir.

Opak mineraller; Yaygın olmakla beraber az miktardadırlar.

Zirkon; Daima eser miktardadır.

Titanit; Plutonitlerde yaygın sayılmaz.

Epidot; En az yaygın olan aksesuarik mineraldir [5].

4. MALZEME VE YÖNTEM

Bu bölümde, deneysel çalışmalarda kullanılan numuneler, cihazlar, kimyasal maddeler ve kullanılan yöntemler anlatılmıştır.

4.1. Malzeme

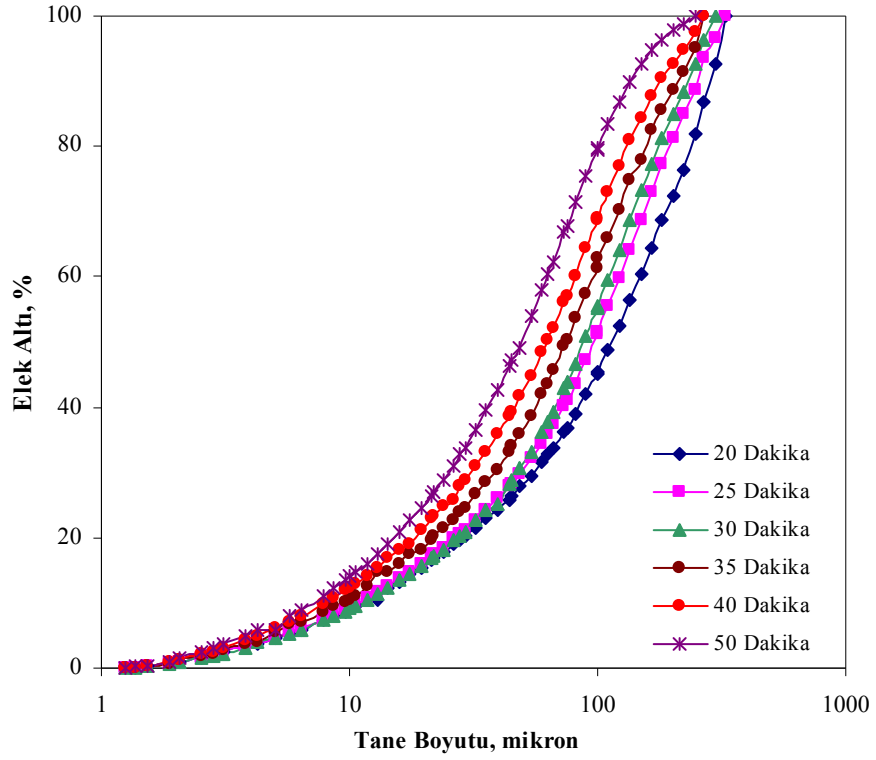
Bu bölümde, deneylerde kullanılan numune ve kimyasal maddelerin özellikleri anlatılacaktır.

4.1.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan numuneler

Mikroflotasyon çalışmalarında çeşitli bölgelerden edinilmiş elle seçilmiş albit, mikroklin, ortoz, mısır ortozu, Hindistan ortozu, Bilecik feldspatı, Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu cevherleri kullanılmıştır. Bu minerallere önce çeneli kırıcıda boyut küçültme işlemi uygulanmıştır. Seramik bilyalı değirmende ayrı ayrı öğütülen tüm cevherlerin -150+53 μ m'luk boyutu mikroflotasyon deneylerinde kullanılmıştır. Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu minerallerinin -53 μ m boyutu zeta potansiyel ölçümlerinde kullanılmıştır.

Flotasyon deneylerinde kullanılan feldspat cevheri Nevşehir bölgesinden temin edilmiştir. Laboratuara gelen cevherler önce boyut küçültme işlemine tabi tutulmuş ve cevherin tamamı 1mm altına indirilerek flotasyon deneyleri öncesinde öğütme işlemlerine tabi tutulmak üzere ayrı ayrı paketlenerek stoklanmıştır.

Flotasyon çalışmaları öncesi yapılan öğütme işlemleri seramik değirmende seramik bilyalar kullanılarak yapılmıştır. Öğütme işlemi yaş olarak yapılmıştır. Seramik değirmene ortalama 2 cm çaplı 2400 gr seramik bilya, 1200 gr su ve 350 gr numune konularak % 50 katı oranı sağlanmıştır. 82 dev/dak hızla yaş öğütme işlemi yapılmıştır. Numune 20, 25, 30, 35, 40 ve 50 dakika sürelerde öğütme testlerine tabi tutulmuştur. Şekil 4.1'de 25, 30, 35, 40 ve 50 dakika öğütme sürelerinde elde edilen elek analiz sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.1. Çeşitli öğütme sürelerinde elde edilen elek analiz sonuçları

Sonuçlara göre 35 dakika ile yapılan öğütmede uygun serbestleşme deneysel olarak sağlanmıştır.

4.1.2. Numunelerin kimyasal bileşenleri

Mikroflotasyon deneylerinde kullanılan elle seçilmiş numunelerin kimyasal analizleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Mikroflotasyon deneylerinde kullanılan numunelerin kimyasal analiz sonuçları

Bileşen %	Albit	Ortoz	Mikroklin	Mısır Ortozu	Hindistan Ortozu	Bilecik Feldspatı	Nevşehir Kuvarısı	Nevşehir Ortozu
Na ₂ O	10.51	2.36	2.84	2.87	2.95	3.05	< 0.11	1.7
MgO	0.02	0.01	0.01	0.07	0.01	-	< 0.03	< 0.03
Al ₂ O ₃	19.81	19.15	18.72	18.53	18.73	11.77	< 0.02	17.18
SiO ₂	68.25	66.21	65.30	66.45	66.3	80.11	99.0	68.97
K ₂ O	0.17	12.04	11.81	11.57	11.85	4.32	0.06	10.85
CaO	0.53	0.08	0.24	0.14	0.10	0.42	0.01	0.12
TiO ₂	0.1	< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.14
Fe ₂ O ₃	0.08	0.06	0.05	0.07	0.05	0.16	0.02	0.28

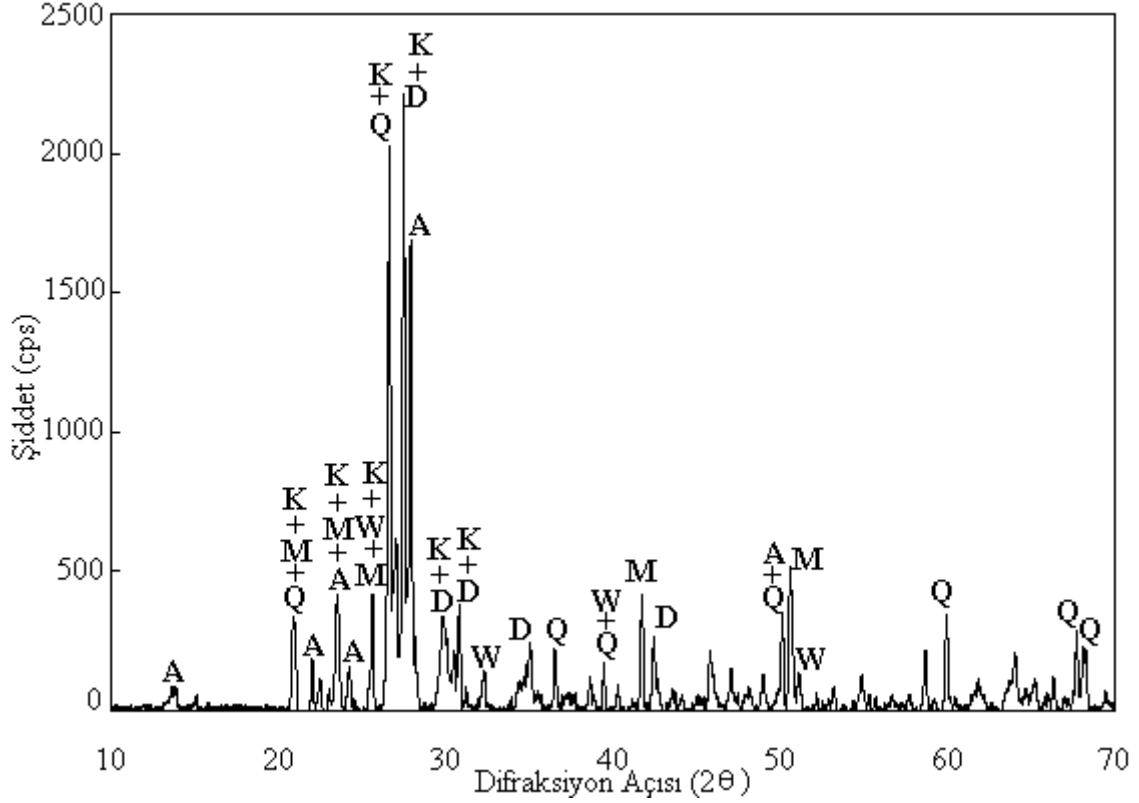
4.1.3. Cevherin kimyasal bileşenleri

Deneylerde kullanılan cevherin kimyasal analizi Dumlupınar Üniversitesi Seramik Mühendisliği Bölümünde Spectro X Lab 2000 marka XRF cihazı ile yapılmıştır. Çizelge 4.2’de cevhere ait kimyasal analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.2. Cevherin kimyasal analiz sonuçları

Bileşen %	Cevher
Na ₂ O	2.76
MgO	< 0.03
Al ₂ O ₃	14.60
SiO ₂	69.84
K ₂ O	8.67
CaO	0.14
TiO ₂	0.02
Fe ₂ O ₃	0.40
Ateş Zaiyatı	0.30

4.1.4. Cevherin XRD analizi

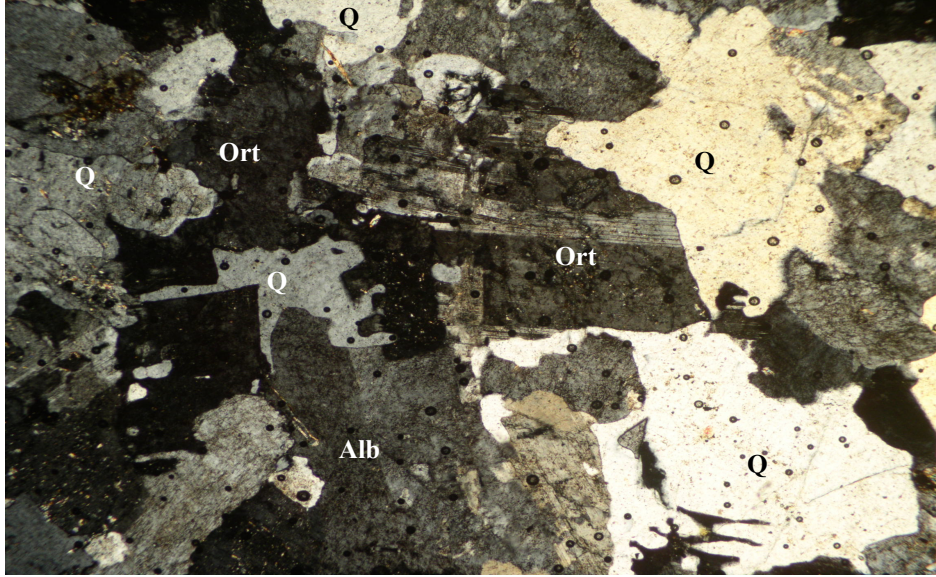


K:Ortoz, M: Mikroclin, A: Albit, Q: Kuvars, D: Diopsit, W: Wollostonit

Şekil 4.2. Nevşehir-Gülşehir cevherinin XRD faz diyagramı

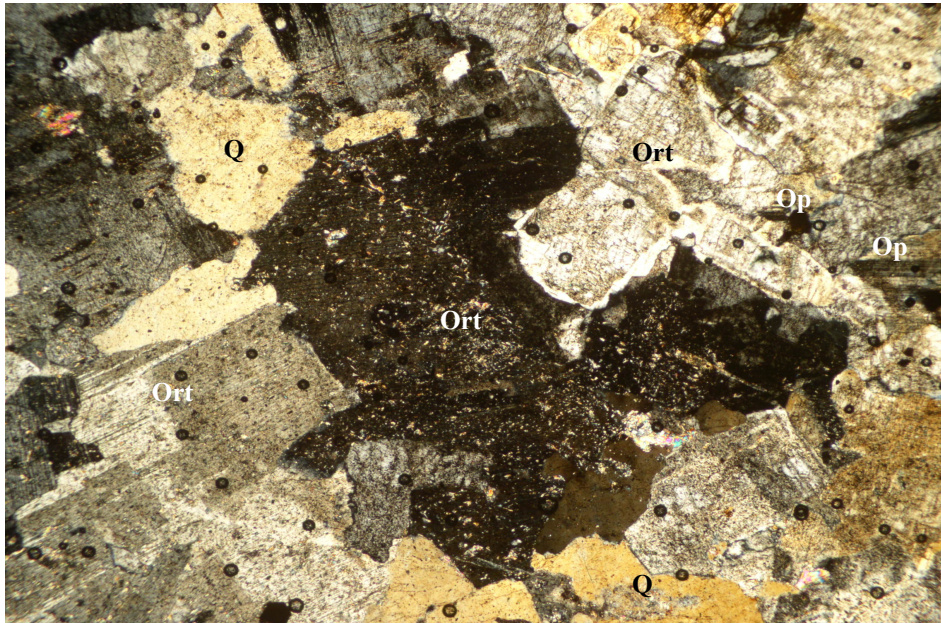
Cevherin RİGUKA marka XRD cihazında yapılan XRD pikleri Şekil 4.2’de gösterilmektedir. XRD sonuçlarına göre cevherde ortoz (KAlSi_3O_8), mikroclin (KAlSi_3O_8), albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), kuvars (SiO_2), diopsit ($\text{Ca}(\text{Mg},\text{Al})(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_6$), wollastonit($(\text{Ca},\text{Fe})\text{SiO}_3$) minerallerinin olduğu saptanmıştır. XRD sonuçları cevherde Fe’li mineral olarak wollastonit olduğunu bildirmektedir. Ayrıca ortoz olarak bilinen cevherde hem mikroclin hem de albit minerallerinin pikleri tespit edilmiştir.

4.1.5. Numunelerin mineralojik yapıları



Q: Kuvars, Alb: Albit, Ort: Ortoz,

Şekil 4.3. Nevşehir-Gülşehir yöresi cevherinin ince kesit görünümü (a)



Q: Kuvars, Ort: Ortoz, Op: Opak Mineraller

Şekil 4.4. Nevşehir-Gülşehir yöresi cevherinin ince kesit görünümü (b)

Şekil 4.3 ve 4.4'de cevherin mikroskoptaki ince kesit görüntüleri gösterilmektedir. Buna göre cevherin bileşimini kuvars ve feldspat oluşturmaktadır. Opak mineraller (demirli mineraller) oldukça yaygın görülmektedir. Kuvarlar kırıklı yapıda özşekilsizdir. Feldspatlar içsel şekillerini kaybetmiş, köşelerinden yemiş şekilde gözlenmiştir. Feldspatlar kenarlarından itibaren bozuşma göstermektedirler. İri boyutta kırıklı kuvarlar mevcuttur. Kuvarlarda inklüzyonlar gözlenmiştir. İkizli albitler mevcuttur. Çok az plajiolaz mevcuttur. Kesitteki siyah noktalar ise kesit yapımında oluşan hatadan kaynaklanan kabarcıklardır.

4.1.6. Deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasal maddeler

Deneylerde yüzey aktif maddeler grubunda yer alan katyonik kolektörler, alkali ve toprak alkali metallerin inorganik tuzları ve çeşitli asitler kullanılmıştır. Çizelge 4.3'de kullanılan tüm kimyasalların özellikleri verilmiştir. Flotasyon deneylerinde Kütahya şebeke suyu, mikroflotasyon ve zeta potansiyel ölçümü deneylerinde saf su kullanılmıştır.

Çizelge 4.3. Deneylerde kullanılan kimyasal malzemeler ve özellikleri

Kimyasal Adı	Formülü	Mol Ağırlığı gr/mol	Safılık Derecesi, %	Üretici Firma
Genamin-TAP	R-NH-(CH ₂)-NH ₃	323-357	99	Aldrich-Chem.
Sodyum Klorür	NaCl	58.44	99.5	Merck
Potasyum Klorür	KCl	74.55	99.5	Merck
Kalsiyum Klorür	CaCl ₂	110.99	90	BDH
Baryum Klorür	BaCl ₂	244.28	99.5	Merck
Sülfürik Asit	H ₂ SO ₄	98.08	95-97	Riedel-de Haën
Hidroflorik Asit	HF	20.01	38	Merck
Hidroklorik Asit	HCl	36.46	37	Riedel-de Haën
Çamyacı	PINE 5000-D			Robertet

4.2 Yöntem

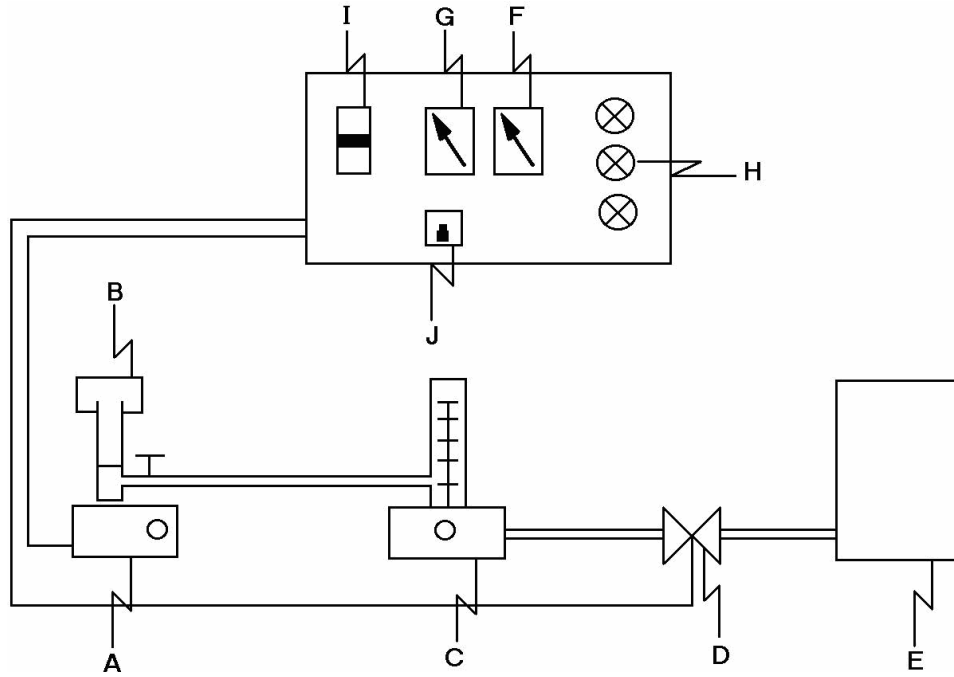
Bu tez kapsamında, tek ve çift değerlikli iyonlar ile birlikte katyonik reaktiflerin albit, mikroklin, ortoz, Mısır Ortozu, Hindistan Ortozu, Bilecik Feldspatı, Nevşehir Kuvarı ve Nevşehir Ortozu minerallerinin yüzme davranışlarına etkileri araştırılmıştır. Nevşehir Kuvarı ve Nevşehir Ortozu numuneleri üzerinde tek ve çift değerlikli iyonların zeta potansiyeline etkisi

araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde laboratuvar ölçekli flotasyon deneylerine geçilmiştir.

4.2.1. Mikroflotasyon deneyleri

Temiz numuneler üzerinde yapılan mikroflotasyon deneyleri ile kullanılan değişik miktarlardaki reaktifler ve tuzlar ile numunelerin yüzebilirlikleri incelenmiştir.

Mikroflotasyon deneyleri şekil 4.5’de görülen otomatik kontrollü bir düzenek ile yapılmıştır [14].

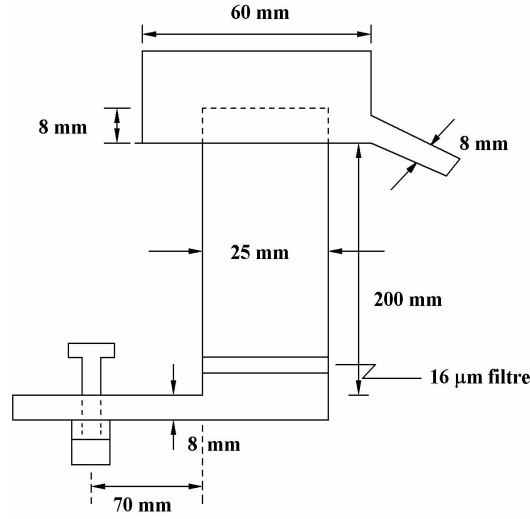


- | | |
|---------------------------|--|
| A: Manyetik Karıştırıcı | F: Zaman rölesi 1 karıştırma süresi ayarlama |
| B: Flotasyon hücresi | G: Zaman rölesi 2 karıştırma süresi ayarlama |
| C: Akışölçer (flow metre) | H: Işıklı sinyal lambaları |
| D: Akış kontrol valfi | I: Sigorta |
| E: Azot tüpü | J: Açma-kapatma anahtarı |

Şekil 4.5. Mikroflotasyon ünitesi

Flotasyonla zenginleştirme yönteminde değişken olan başlıca fiziksel parametreler; kondisyon süresi, flotasyon süresi, ve flotasyon ortamına üflenen gaz miktarıdır. Bu parametreler otomatik kontrollü mikroflotasyon ünitesi ile ayarlanabilmektedir. Sistem elektrik enerjisi ile çalışmaktadır. Zaman ayarlaması 2 adet zaman rölesi (timer) ile yapılmaktadır. Bu

rölelerden birisi gazı devreye veren akış kontrol valfini kumanda etmektedir. Mikroflotasyon deneylerinde kullanılan cam hücrenin hacmi 150 ml'dir. Cam malzemeden özel olarak yapılan hücrenin boyutları şekil 4.6'de verilmiştir [24].



Şekil 4.6. Özel olarak yapılmış mikroflotasyon hücresinin boyutları

Otomatik kontrollü mikroflotasyon cihazında mikroflotasyon deneyleri boyunca aşağıdaki şartlar sağlanmıştır.

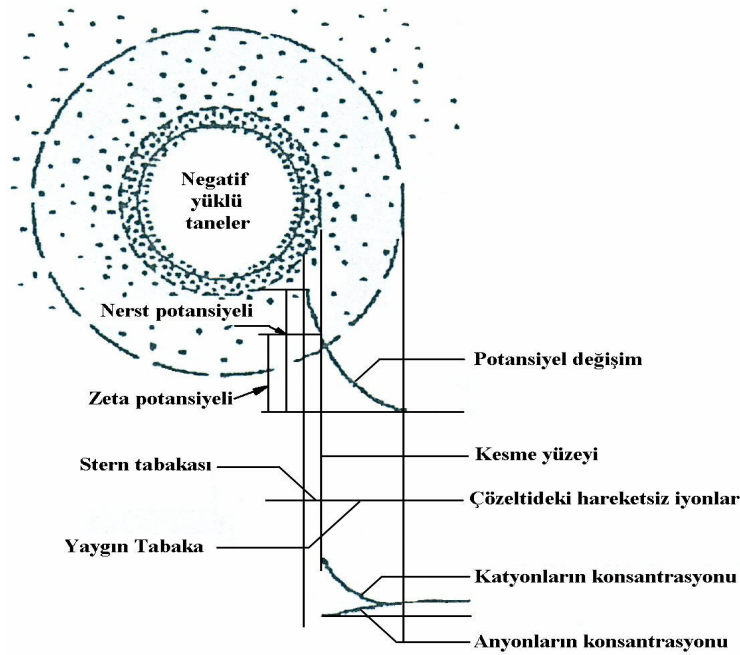
Numune Miktarı	1 gr
Su Miktarı	150 ml
Flotasyon öncesi kıvam süresi	5 dakika
Flotasyon hücresindeki kıvam süresi	1 dakika
Flotasyon süresi	1 dakika

Mikroflotasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra, konsantre toplama bölümünde biriken yüzen kısım ile hücrede kalan yüzmeyen kısım ayrı ayrı beherlere alınarak ürünler filtre edilmiş, kurutulduktan sonra tartılmış ve flotasyon verimleri hesaplanmıştır.

4.2.2. Elektrokinetik özelliklerin tespiti

Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu numuneleri üzerinde kullanılan tek (KCl, NaCl) ve çift değerlikli (CaCl_2 , BaCl_2) iyonların zeta potansiyeline etkileri araştırılmıştır.

Katı bir madde su içine konulduğu zaman ortamda başka iyonlar bulunmasa da katı maddeden suya geçen iyonlar ve sudaki H^+ ve OH^- iyonları nedeni ile katı madde yüzeyi pozitif veya negatif işaretli bir elektrik yükü kazanır. Elektrokinetik olaylar, elektrik yüklü bir yüzey ile bunu çevreleyen ve çeşitli iyonları ihtiva eden çözeltinin birbirine karşı hareketleri sonucu meydana gelir. Yüzey ve zeta potansiyeli, elektriksel çift tabaka, Stern düzlemi, yaygın ve çift tabaka gibi olaylar elektrokinetiğin temel elemanlarıdır.

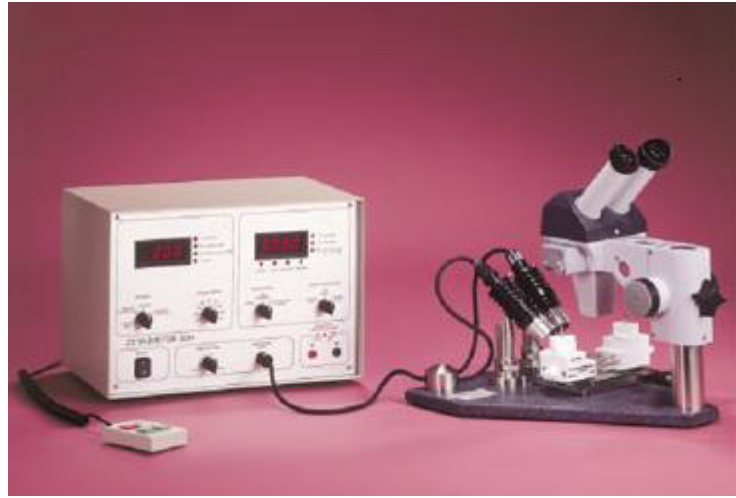


Şekil 4.7. Zeta potansiyel – yüzey potansiyeli ilişkisi ve elektriksel çift tabaka

Her tane potansiyeli tayin eden iyonlar nedeni ile sıvı içerisinde bir elektrik yüküne sahiptir. Bu sayede taneler birbirlerini iter veya çekerler. Örneğin negatif yüklü bir tane sıvı içerisinde pozitif iyonları kendine çekerken genel olarak kationlar ve anyonlar bir denge halindedir. Tane yüzeyinde kationlar en yoğun şekilde yer alırlar. Tane yüzeyinden itibaren bir molekül kalınlığındaki tabakaya “Stern tabakası”; bu noktadan başlayıp anyon ve kationların dengeye ulaştığı mesafeye kadar olan tabakaya “Yaygın tabaka (diffuse layer)”; her ikisinin de birlikte olduğu sisteme ise “Elektriksel çift tabaka” denir. Şekil 4.7’de yüklü bir tane ve bunu çevreleyen çift tabaka görülmektedir. Katı yüzeyin ölçülebilen elektrik yüküne “elektrokinetik potansiyel” veya “zeta potansiyel (ξ)” adı verilir. Bu potansiyel, tane yüzeyinden bir molekül kalınlığı uzakta bulunan ve Stern düzlemi olarak adlandırılan hayali kesme düzleminde ölçülebilen potansiyeldir. Zeta potansiyel değerini ölçmek için çeşitli

yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler Mikroelektroforesis, Streaming Potansiyel, Elektroosmosis ve Sedimantasyon Potansiyelidir [24].

Bu çalışmada, zeta potansiyel ölçümleri Şekil 4.8 de görülen mikro işlem donanımlı mikroelektroforesis yöntemi ile çalışan Zeta Meter 3.0 cihazı ile yapılmıştır. Cihaz, voltaj ve tane hızını dikkate alarak zeta potansiyel değerini otomatik olarak hesaplayabilmektedir. Cihazın numune konulan hücresi plexiglasstan imal edilmiştir.



Şekil 4.8. Zeta Metre 3.0 cihazı

4.2.3. Flotasyon deneyleri

Flotasyon deneylerinde laboratuvar ölçekli Denver flotasyon makinesi kullanılmıştır. Selül hacmi 1.5 litredir. Çalışmalar doğal pH'da ve HF'li ortamda gerçekleştirilmiştir. Her iki ortamda da sabit tutulan test parametreleri Çizelge 3.4'de verilmiştir. HF ile yapılan deneyler sırasında ortam pH'ı H_2SO_4 ile 2.5–2.8 arasında ayarlanmıştır. Doğal pH ortamında yapılan çalışmada numune 1 dakika boyunca karıştırılmıştır. Daha sonra ortamın tuz derişimini ayarlamak için yüksek oranda saf olan tuz, katı olarak ilave edilmiş ve 2 dakika karıştırılmıştır. Böylece iyonların ortamda homojen bir şekilde dağılması sağlanmıştır. HF'lü ortamda doğal pH'daki ortamdan farklı olarak HF için 2 dakikalık bir kıvamlanmadan sonra tuz ilavesi yapılmış ve 2 dakikalık kondisyonlamadan sonra toplayıcı ilavesi yapılmıştır. Toplayıcı ile 4 dakika kondisyonlama yapılmıştır. Ayrıca ortama yeterli miktarda köpürtücü ilave edilerek köpük alınmıştır.

Çizelge 4.4. Flotasyon deneylerinde sabit tutulan parametreler

Parametre		Koşullar
Ortamın sıcaklığı		18 – 20 ⁰ C
Tane boyutu		-150 + 38 µm
Karıştırma hızı		1250 d/dak
Pülpteki katı oranı		% 20
Toplayıcı		Genamin – TAP
Toplayıcı miktarı		50 – 250 g/t
HF Miktarı		250 - 2500 g/t
Köpürtücü		Çamyacı
Toplayıcı kıvam süresi		4 dakika
pH	Doğal pH	7.5 – 7.7
	HF	2.5 – 2.8
HF için kıvam süresi		2 dakika
Tuz için kıvam süresi		2 dakika
Köpürtücü kıvam süresi		1 dakika
Köpük sıyırma süresi		2 dakika

4.2.4. Manyetik ayırma deneyleri

Manyetik ayırma deneyleri Aksa Magnet firmasına ait laboratuvar ölçekli kuru manyetik ayırıcıda gerçekleştirilmiştir. Tamburlu sabit mıknatıslı (Permroll tipi) manyetik ayırıcı 10000 Gauss alan şiddetinde çalışmaktadır. Çalışmalarda tambur dönme hızı 30 dev/dak, bıçak ayırıcı 25⁰'ye ayarlanarak sabit tutulmuştur. +1.18, -1.18+0.425, -0.425+0.250, -0.250+0.106, -106+0.053 mm boyutlarına ayrılan numuneler manyetik ayırıcıdan geçirilmiştir. Manyetik ürün (Artık) ve manyetik olmayan ürün (Konsantre) şeklinde iki ürün elde edilmiştir.

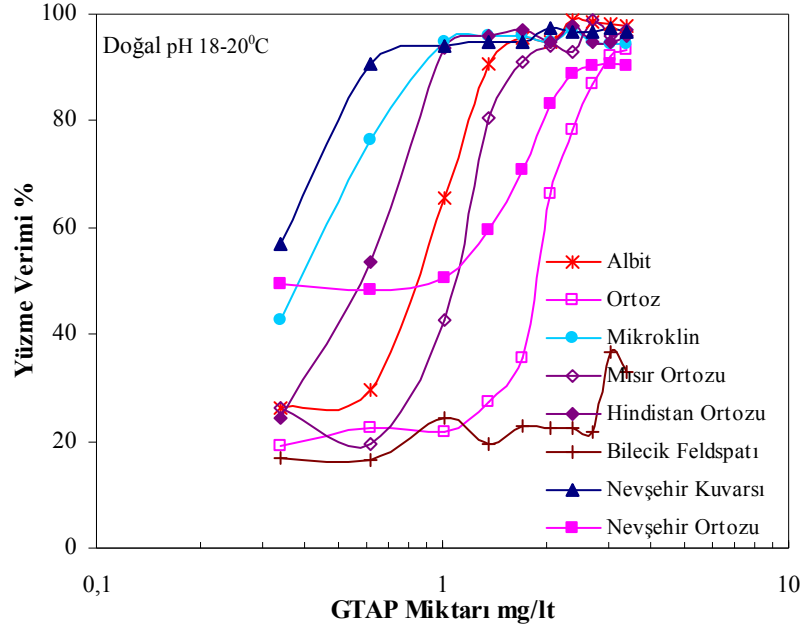
5. MİKROFLOTASYON VE YÜZEY YÜKÜ DENEY SONUÇLARI VE İRDELENMESİ

5.1. Mikroflotasyon Sonuçları

Feldspat özellikle seramik sanayinde kuvars ise cam sanayinde önemli bir hammadde olarak kullanılmaktadır. Feldspat içerisinde kuvars alkaliteyi düşürdüğü için istenmemektedir. Seramik sanayinde başlıca hammadde K-feldspattır. Ürünlerin kırılmaya karşı dayanımını zayıflatan Na-feldspat seramik ürünlerde istenmemektedir. Bu nedenle Na-feldspat K-feldspat ayırımını sağlayacak proseslerin tespit edilip geliştirilmesi gerekmektedir. Mikroflotasyon deneyleri ile Feldspat-Kuvars ve Na-feldspat, K-feldspatın seçimli ayırımı tespit edilmeye çalışılmıştır. Doğal ortamda yapılan bu deneylerde amin konsantrasyonu ve tuz konsantrasyonunun optimum şartları tespit edilmiştir. Mikroflotasyon deneylerinde Nevşehir Kuvarısı, Nevşehir Ortozu, mikroklin, albit, Hindistan Ortozu, Mısır Ortozu, ortoz ve Bilecik Feldspatı kullanılmıştır. Bu numunelerin yüzebilirlikleri ve ayrılabilirlikleri tespit edilmiştir. Böylece Denver flotasyon deneylerinde kullanılacak olan cevherdeki Nevşehir Ortozu, Nevşehir Kuvarısı ve albitin nasıl davranış göstereceği hakkında bilgi edinilmiştir. Ayrıca Nevşehir Ortozunun yüzebilirlikleri ile Mısır Ortozu ve Hindistan Ortozunun yüzebilirlikleri karşılaştırılmıştır.

5.1.1. G-TAP konsantrasyonunun etkisi

Şekil 5.1’de değişik amin miktarına bağlı olarak sekiz adet numune üzerinde yapılan mikroflotasyon deneyleri sonucunda minerallerin yüzme verimleri görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi 1.36 mg/lit G-TAP konsantrasyonunda Nevşehir Kuvarısı % 94.92 oranında yüzerken, mikroklin % 95.88, Hindistan Ortozu % 95.79, albit % 90.48, Mısır Ortozu % 80.61, Nevşehir Ortozu % 59.51, ortoz % 27.33, Bilecik Feldspatı % 19.39 oranında yüzmektedir. Bu sonuçlara göre kuvarısın ortozdan ayrılması mümkün görülmektedir. Artan amin konsantrasyonu ile birlikte verimler hızla yükselmekte ve ayırım giderek azalmaktadır. Bu verilerin ışığı altında en iyi yüzme özelliğine sahip olan mineral Nevşehir Kuvarısıdır. Daha sonra sırasıyla mikroklin, Hindistan Ortozu, albit, Mısır Ortozu, Nevşehir Ortozu, ortoz ve Bilecik Feldspatı gelmektedir.



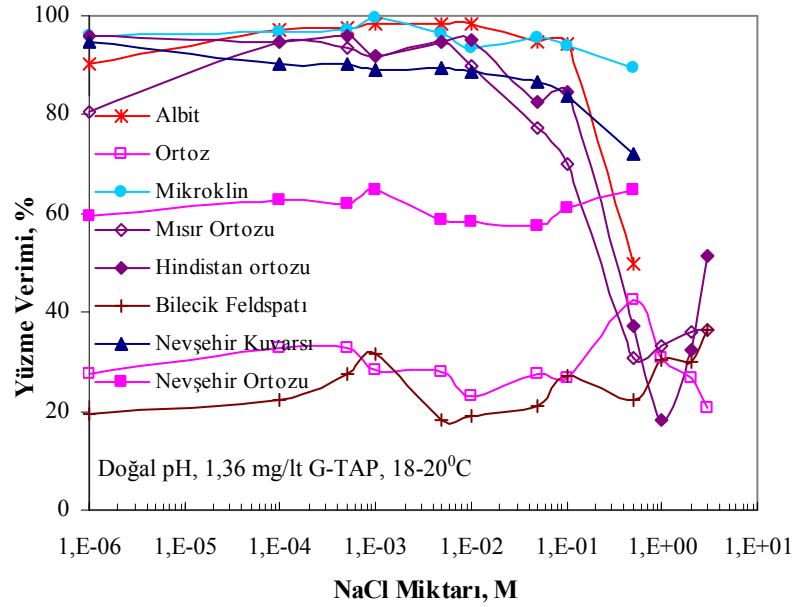
Şekil 5.1. G-TAP konsantrasyonuna bağlı olarak ortoz, albit ve kuvars numunelerinin mikroflotasyon verimleri

5.1.2. Tuz konsantrasyonunun etkisi

Flotasyon deneylerinde kullanılacak olan tuzların seçimli ayırma olan etkisini görebilmek amacıyla mikroflotasyon deneyleri yapılmıştır. Deneylerde tek değerlikli tuz olarak NaCl ve KCl, çift değerlikli tuz olarak BaCl₂ ve CaCl₂ kullanılmıştır.

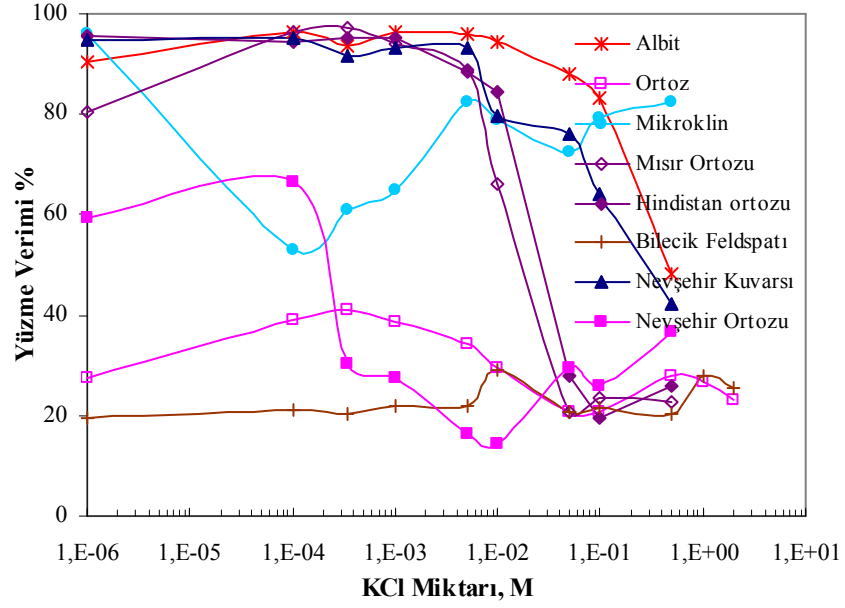
5.1.2.1. Tek değerlikli tuz konsantrasyonunun etkisi

Tek değerlikli tuzlardan NaCl ile yapılan mikroflotasyon deneyi sonuçları Şekil 5.2' de verilmektedir. Minerallerin yüzme özellikleri sırasıyla mikrokin, albit, Hindistan ortözü, Nevşehir Kuvarısı, Mısır Ortözü, ortöz, Nevşehir Ortözü ve Bilecik Feldspatı şeklindedir. NaCl miktarı arttırıldıkça albit, Hindistan Ortözü, Mısır Ortözünün yüzme verimleri azalırken mikrokin, Nevşehir Kuvarısı, ortöz, Nevşehir Ortözü ve Bilecik Feldspatı minerallerinin yüzme verimlerinde belirgin bir değişim gözlenmemiştir. Tuzsuz ortamda ve tuz ilavesi ile yapılan mikroflotasyon deneylerinde NaCl ilavesinin mineraller üzerinde yüzebilirliğe etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre NaCl ilavesi ile selektif bir ayırmanın gerçekleşmeyeceği gözlenmiştir.

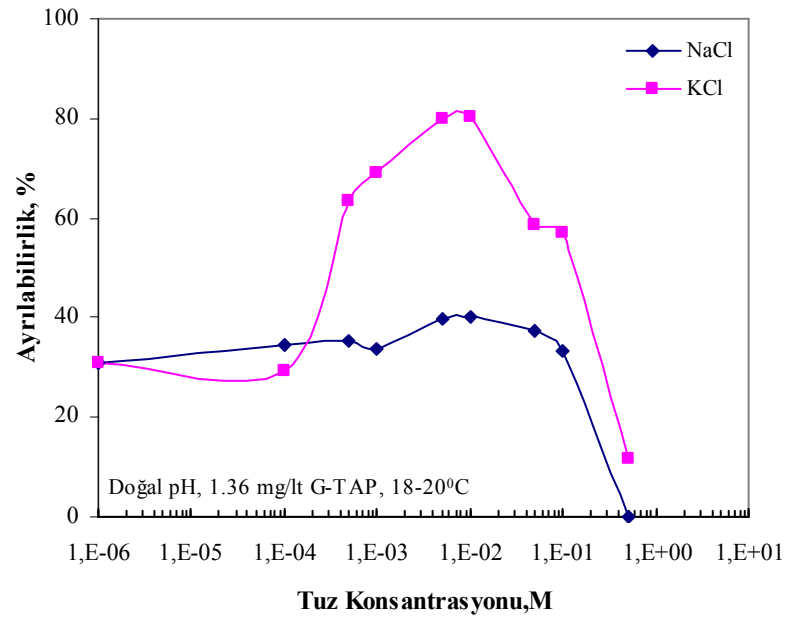


Şekil 5.2. NaCl konsantrasyonuna bağlı olarak elde edilen minerallerin mikroflotasyon sonuçları

Şekil 5.3' de KCl konsantrasyonuna bağlı olarak numuneler üzerinde yapılan mikroflotasyon deneyleri sonucunda minerallerin yüzme verimleri görülmektedir. En iyi yüzme özelliğine sahip olan mineraller albit, Hindistan ortozu, mısır ortozu, Nevşehir Kuvarısı, mikroclin, ortoz, Nevşehir Ortozu ve Bilecik feldspatı şeklinde sıralanabilir. KCl ilavesi ile Nevşehir Ortozunun yüzebilirliğinin azalması K^+ iyonlarının K-feldspatı bastırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5.3. KCl konsantrasyonuna bağlı olarak elde edilen minerallerin mikroflotasyon sonuçları

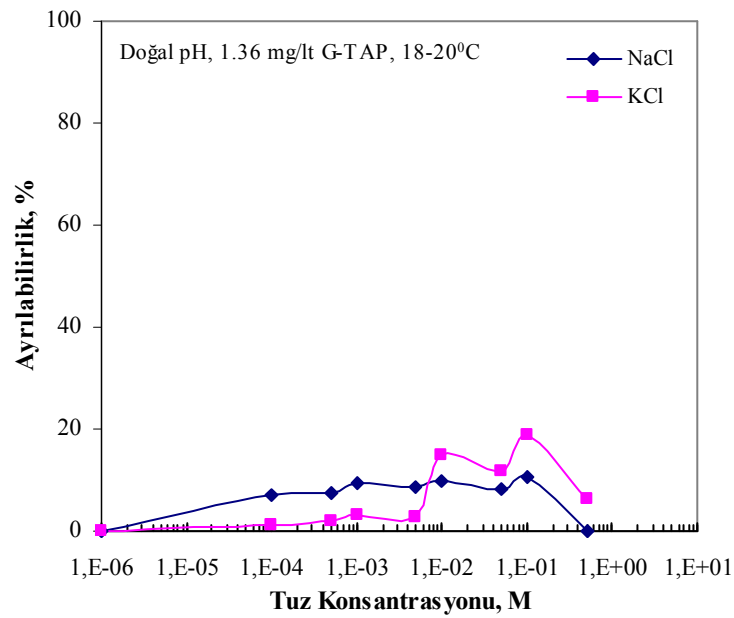


Şekil 5.4. Tek değerlikli tuz konsantrasyonlarında Albit ve Nevşehir Ortozunun ayrılabilirliği

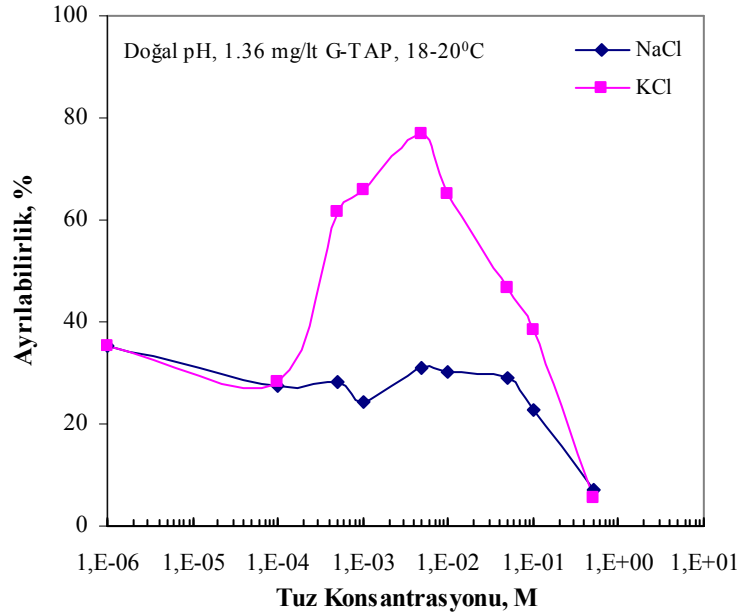
Şekil 5.4'de Albit ve Nevşehir Ortuzu ayırımında tek değerlikli tuz konsantrasyonlarında seçimli ayırım miktarları gösterilmektedir. NaCl ile albit ve Nevşehir Ortozunun yüzebilirlikleri değişmezken ayırım % 35 olarak görülmektedir. NaCl ile albit ve Nevşehir

Ortozunun seçimli ayırım miktarlarında değişim gözlenmemektedir. 10^{-2} M KCl konsantrasyonunda albitin yüzebilirliğinde değişim olmazken, Nevşehir Ortozunun K^+ iyonları ile yüzebilirliğinin azalması sonucunda seçimli ayırım % 30.97' den % 80.24'e çıkmaktadır. Bunun nedeni ise iyon değiştirme olabilir. Bu sonuç Albit-Nevşehir Ortozu ayırımında KCl'nin flotasyonda istenen seviyede seçimli ayırım sağlayabileceğini akla getirmektedir.

Şekil 5.5'de tek değerlikli tuz konsantrasyonlarında Albit- Nevşehir Kuvarsının seçimli ayırım sonuçları gösterilmektedir. Şekilden anlaşılacağı üzere hem NaCl'de hem de KCl'de belirgin bir seçimli ayırım tespit edilememiştir.



Şekil 5.5. Tek değerlikli tuz konsantrasyonlarında Albit ve Nevşehir Kuvarsının ayrılabirliği

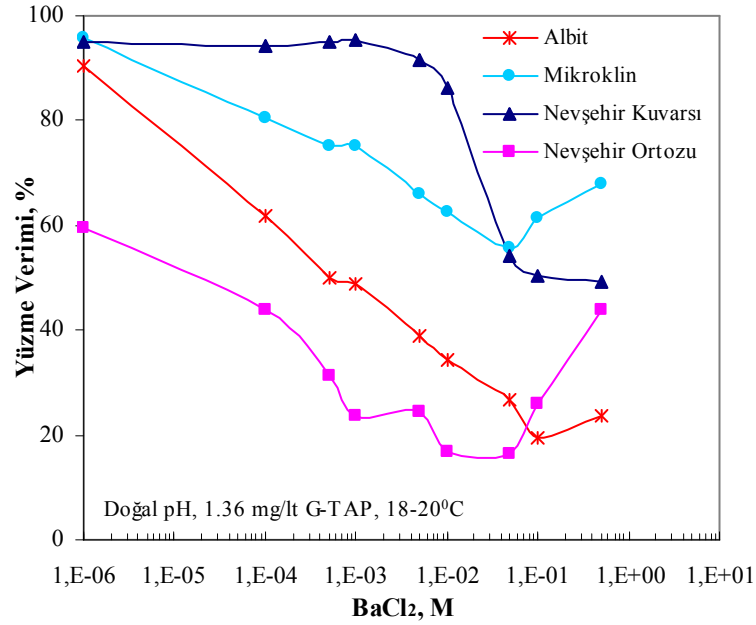


Şekil 5.6. Tek değerlikli tuz konsantrasyonlarında Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu'nun ayrılabilirliği

Şekil 5.6'da Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu ayırımında tuzsuz ayırım miktarı % 35.41 iken, NaCl ilavesi ile ayırım başarısı giderek azalmıştır. Buna karşın KCl ilavesi ile Nevşehir Kuvarısının 10^{-2} M KCl miktarından sonra yüzebilirliği azalmış, Nevşehir Ortozunun ise 10^{-4} M KCl miktarından sonra yüzebilirliği azalmıştır. Buna sebep K^+ iyonlarının bastırıcı etki yapması olabilir. Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozunun yüzebilirlikleri arasındaki fark artarak ayırım miktarı 5×10^{-3} M KCl konsantrasyonunda % 77.05'e yükselmiştir. Bu sonuçlar Denver flotasyonunda KCl'nin Nevşehir Kuvarısı- Nevşehir Ortozu seçimli ayırımında kullanılabileceğini göstermektedir.

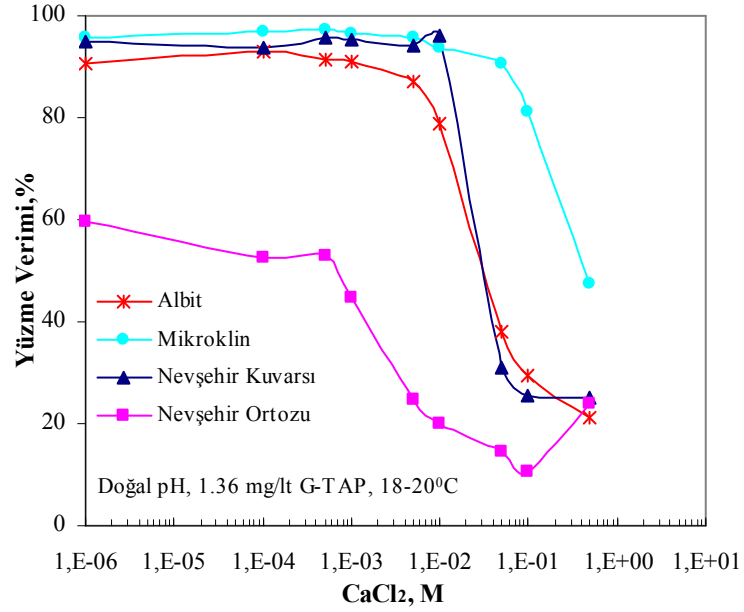
5.1.2.2. Çift değerlikli tuz konsantrasyonunun etkisi

Çift değerlikli tuz konsantrasyonlarının cevherin yüzme davranışına etkisini araştırdığımız deneylerde çift değerlikli tuz olarak $BaCl_2$ ve $CaCl_2$ tuzları kullanılmıştır. Şekil 5.7' de $BaCl_2$ konsantrasyonuna bağlı olarak albit, mikroklin, Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu numuneleri üzerinde yapılan mikroflotasyon deneyleri sonucunda minerallerin yüzme verimleri görülmektedir. En iyi yüzme özelliğine sahip olan mineraller Nevşehir Kuvarısı, mikroklin, albit ve Nevşehir Ortozu şeklinde sıralanabilir. Ba^{+2} iyonları ile K^+ iyonlarının çapları birbirine yakındır. Bu nedenden ötürü $BaCl_2$ ilavesi ile mikroklin ve Nevşehir Ortozunun bastırılmış olabileceği düşünülmektedir.

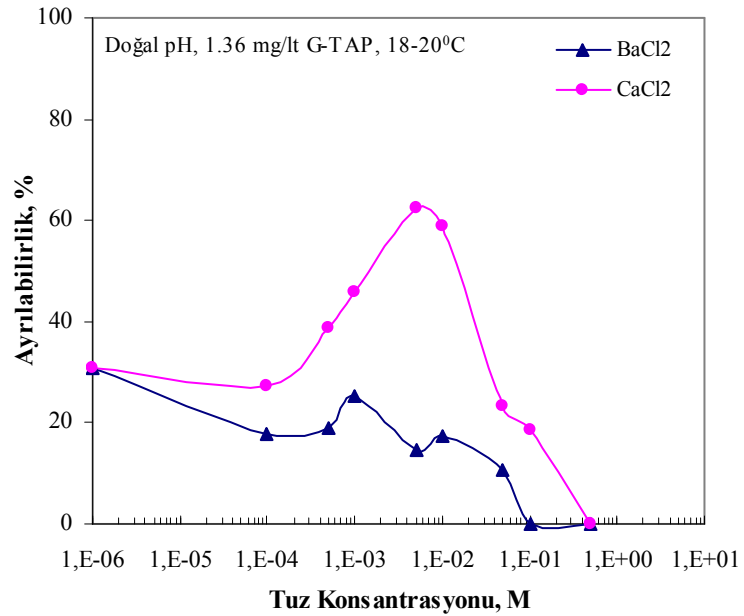


Şekil 5.7. BaCl₂ konsantrasyonuna bağlı olarak minerallerin yüzme verimleri

Şekil 5.8’ de CaCl₂ konsantrasyonuna bağlı olarak albit, mikroklin, Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu numuneleri üzerinde yapılan mikroflotasyon deneyleri sonucunda minerallerin yüzme verimleri görülmektedir. En iyi yüzme özelliğine sahip olan mineraller mikroklin, Nevşehir Kuvarısı, albit ve Nevşehir Ortozu şeklinde sıralanabilir. BaCl₂ sonuçlarının aksine mikroklin CaCl₂ ile daha iyi yüzebilmektedir. Burada Ca⁺² iyonlarının albiti bastırarak mikroklini canlandırmış olabileceği düşünülmektedir. Nevşehir Kuvarısı 10⁻² M tuz konsantrasyonuna kadar yüzerken, artan tuz ilavesi ile yüzebilirliği % 95.97’den % 23.88’e düşmektedir.



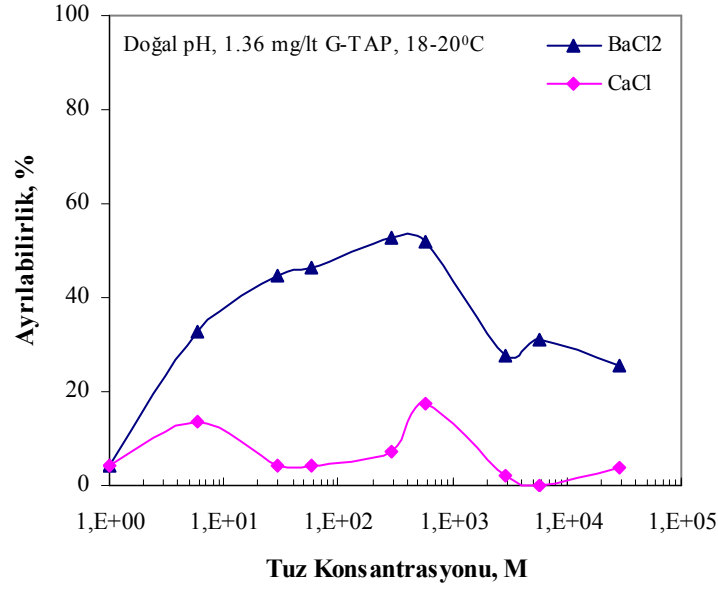
Şekil 5.8. CaCl₂ konsantrasyonuna bağlı olarak minerallerin yüzme verimleri



Şekil 5.9. Çift değerlikli tuz konsantrasyonlarında Albit ve Nevşehir Ortozunun ayrılabilirliği

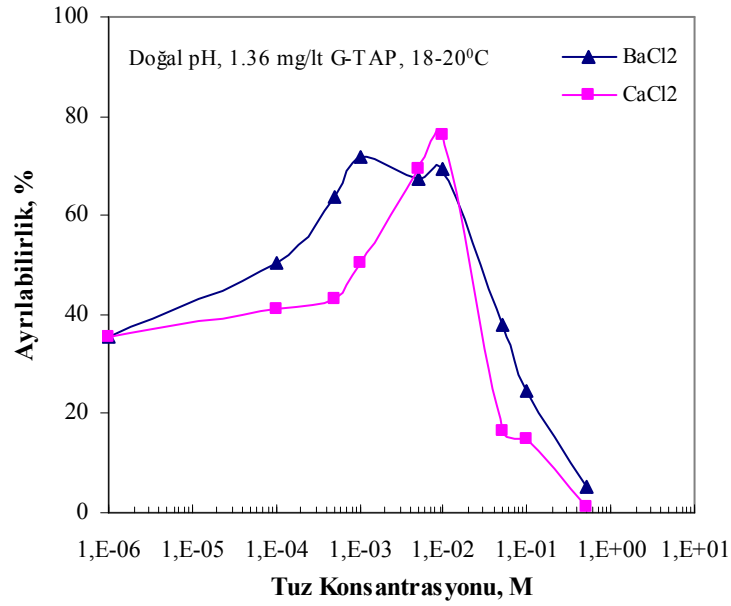
Şekil 5.9'da Albit ve Nevşehir Ortozunun çift değerlikli tuzlar ile seçimli ayırım sonuçları gösterilmektedir. Tuzsuz ortamda % 30.97 olan albit-Nevşehir Ortozu ayrımı BaCl₂ ilavesi ile giderek azalmaktadır. Buna karşın CaCl₂ ilavesi ile albit-Nevşehir Ortozu arasındaki

ayırım giderek artmış ve 5×10^{-3} M CaCl_2 'de seçimli ayırım miktarı % 62.36 yükselmiştir. Yine bu durum Denver flotasyon deneylerinde CaCl_2 'ün seçimli ayırımında kullanılabileceğini göstermektedir.



Şekil 5.10. Çift değerlikli tuz konsantrasyonlarında Nevşehir Kuvarısı ve Albitin ayrılabilirliği

Şekil 5.10'da Nevşehir Kuvarısı-albit ayırımında BaCl_2 'ün etkili olduğu görülmektedir. Artan BaCl_2 ilavesi ile Nevşehir Kuvarısında yüzme verimi % 94.92 iken ve 5×10^{-3} M BaCl_2 konsantrasyonuna kadar değişmezken, bu noktadan sonra % 49.07' ye düşmektedir. Albitin verimi ise % 90.48'den % 19.38' e kadar sürekli azalmaktadır. Bu sonuçlara göre Nevşehir Kuvarısı ve albit arasında bir ayırım olabileceği mümkün görülmektedir. CaCl_2 ile Nevşehir Kuvarısı ve albit aynı özelliklere sahip görülmektedir. % 90 seviyelerinde olan yüzebilirlikleri 10^{-2} M CaCl_2 ilavesinden sonra hızla düşmeye başlamış ve % 20 seviyelerine gelmiştir. Bu sonuçlara göre Nevşehir Kuvarısı ve albitin CaCl_2 ile ayrımı mümkün görülmemektedir.



Şekil 5.11. Çift değerlikli tuz konsantrasyonlarında Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozunun ayrılabilirliği

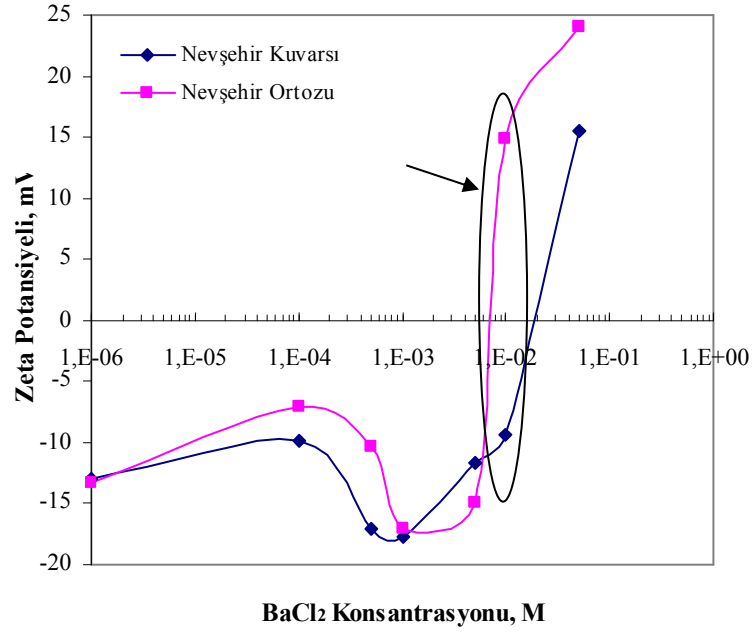
Deneysel çalışmalarda kullanılan cevherde amaç Nevşehir Kuvarısı-Nevşehir Ortozu ayırımı yapmaktır. Şekil 5.11’ de çift değerlikli tuzlar ile elde edilen mikroflotasyon sonuçları hem BaCl₂ ile hem de CaCl₂ ile % 80’ lere varan Nevşehir Kuvarısı-Nevşehir Ortozu seçimli ayırımını yapılabileceği gibi ilginç bir sonucu göstermiştir. BaCl₂ ve CaCl₂ ile Nevşehir Ortozu bastırılmaktadır. Buna karşın kuvars 10⁻² M tuz konsantrasyonuna kadar % 90 civarında yüzmekte BaCl₂ ilavesi ile % 49.07, CaCl₂ ile % 25.03’e düşmektedir. Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu arasındaki ayırım oranı artmakta ve bu iki mineralin çift değerlikli tuzlar ile seçimli ayırımının gerçekleşebileceği görülmektedir.

Çift değerlikli tuzlarla yapılan mikroflotasyon deneyi sonuçlarına göre Albit- Nevşehir Ortozu ayırımı için CaCl₂, Nevşehir Kuvarısı-Albit ayırımı için BaCl₂, Nevşehir Kuvarısı-Nevşehir Ortozu ayırımı için hem BaCl₂, hem de CaCl₂ etkin görülmektedir.

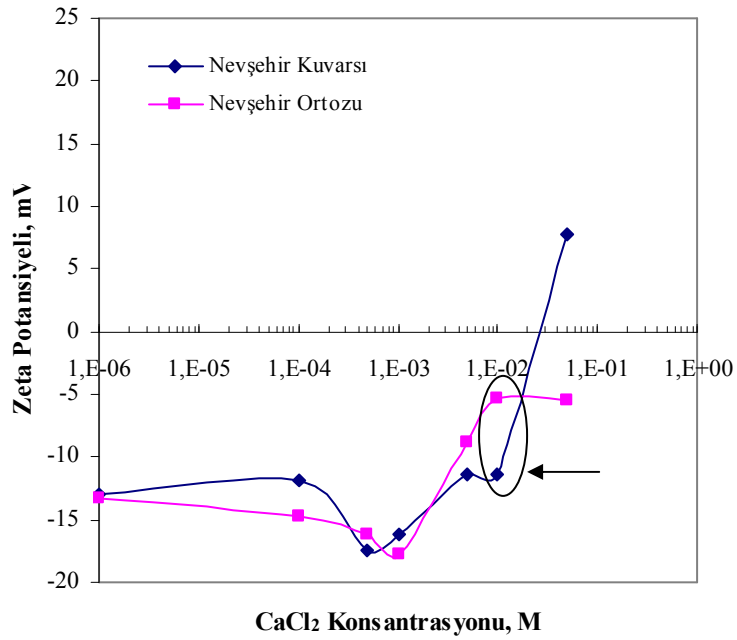
5.2. Zeta Potansiyel Sonuçları

Flotasyon yöntemi ile zenginleştirmede, tane ve sıvının fizikokimyasal özellikleri zenginleştirmeyi etkileyen en önemli parametrelerdir. Tanelerin yüzey yükleri bilindiği takdirde flotasyon ortamındaki taneler kontrol edilebilir. Bu çalışmada, flotasyon yöntemi ile ayrılması düşünülen Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu cevherinin yüzey yükleri tuz konsantrasyonuna bağlı olarak araştırılmıştır. $BaCl_2$ ve $CaCl_2$ varlığında Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu minerallerinin mikroflotasyon ile kolayca ayrılabilirdiği görülmüştür. Bu amaçla Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu minerallerine değişik tuz konsantrasyonlarında yüzey yükü ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler İstanbul Teknik Üniversitesinde Zeta metre 3.0 cihazı ile yapılmıştır. Zeta potansiyel ölçümleri, iyon adsorpsiyonunun türünü yani iyon değiştirme veya çift tabakada iyon adsorplanmayı tayin eden önemli tekniklerden biridir.

Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu mineralleri arasında $BaCl_2$ ve $CaCl_2$ konsantrasyonlarına bağlı olarak değişen zeta potansiyel ölçümlerine bakıldığında, iki mineralin yük değişimleri ve aralarındaki yük farklılıkları görülmektedir. Şekil 5.12'de 10^{-3} M $BaCl_2$ konsantrasyonunda Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu için negativitenin arttığı görülmektedir. Her iki mineral içinde hemen hemen aynı etki görülmektedir. Yaklaşık 5×10^{-3} M $BaCl_2$ konsantrasyonundan sonra elektriksel çift tabakanın bastırılması neticesinde yüzey yükleri pozitif yöne doğru yönelmektedir. 10^{-2} M $BaCl_2$ konsantrasyonunda iki mineralin yüzey yükleri arasındaki fark büyümeğe Nevşehir Kuvarısı için -9.38 mV, Nevşehir Ortozu için 14.8 mV olmaktadır. Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu minerallerinin yüzey yükleri arasındaki fark bu noktada 24.18 mV ulaşmaktadır. Dolayısı ile bu iki mineralin birbirinden ayrılması mümkün olmaktadır.



Şekil 5.12. Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozunun BaCl₂ konsantrasyonuna bağlı zeta potansiyel değişimi



Şekil 5.13. Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozunun CaCl₂ konsantrasyonuna bağlı zeta potansiyel değişimi

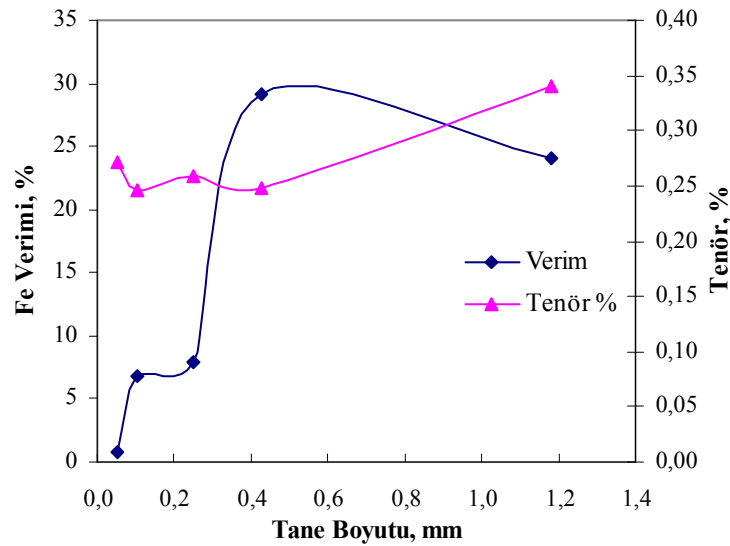
Şekil 5.13' de 10^{-3} M CaCl_2 konsantrasyonunda Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu için negativitenin arttığı görülmektedir. Her iki mineral içinde hemen hemen aynı etki görülmektedir. Bu değerden sonra elektriksel çift tabakanın bastırılması neticesinde yüzey yükleri pozitif yöne doğru yönelmektedir. 10^{-2} M CaCl_2 konsantrasyonunda iki mineralin yüzey yükleri arasındaki fark büyümekte Nevşehir Kuvarısı için -11.4 mV, Nevşehir Ortozu için -5.32 mV olmaktadır. Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu minerallerinin yüzey yükleri arasındaki fark bu noktada 6.08 mV ulaşmaktadır. Dolayısı ile bu iki mineralin birbirinden ayrılması mümkün olmaktadır. Mikroflotasyon deneyleri sonucunda Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu arasında en iyi ayırımın 10^{-2} M BaCl_2 ve CaCl_2 tuzları ilavesinde meydana geldiği görülmektedir. Elde edilen verilere göre mikroflotasyon sonuçları ile zeta potansiyel sonuçları birbiri ile uyum içerisindedir.

6. ZENGİNLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

6.1. Manyetik Ayırma

Deneysel çalışmalarda amaç seçimli Na-feldspat, K-feldspat, kuvars ayırımı yapmaktır. Bu nedenle cevher içindeki demirli minerallerin cevherden uzaklaştırılması gerekmektedir. Manyetik ayırma yöntemi demirli mineraller serbest halde iken avantajlı olmaktadır. Flotasyon öncesinde uzaklaştırılan manyetik mineraller ile reaktif sarfiyatı azalmakta ve ayırım daha ekonomik olmaktadır. Cevher içerisindeki demirli mineraller manyetik ayırma ile uzaklaştırılmış ve flotasyonda bu numuneler kullanılmıştır.

Deneylede tamburlu sabit mıknatıslı manyetik ayırıcı kullanılmıştır. Manyetik ayırıcı kuru manyetik ayırma yapıp 10000 Gauss alan şiddetine sahiptir. Tambur dönme hızı 30 dev/dak ve ayırıcı bıçak açısı 25° olarak ayarlanmıştır. +1.18, -1.18+0.425, -0.425+0.250, -0.250+0.106, -0.106+0.053 mm boyutlarına ayrılan numuneler manyetik ayırıcıdan geçirilmiş ve manyetik ürün (Artık) ve manyetik olmayan ürün (Konsantre) halinde elde edilmiştir. Şekil 6.1'de manyetik ayırma ile elde edilen konsantrelere ait sonuçlar gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Manyetik ayırma sonucu konsantrelerdeki Fe_2O_3 tenör ve verimi

Şekilden görüldüğü gibi tüm konsantrelerin tenörleri % 0.25 Fe_2O_3 ile % 0.34 Fe_2O_3 arasında değişmektedir. Konsantrelerin birleşmesi ile % 0.275 Fe_2O_3 tenörlü feldspat

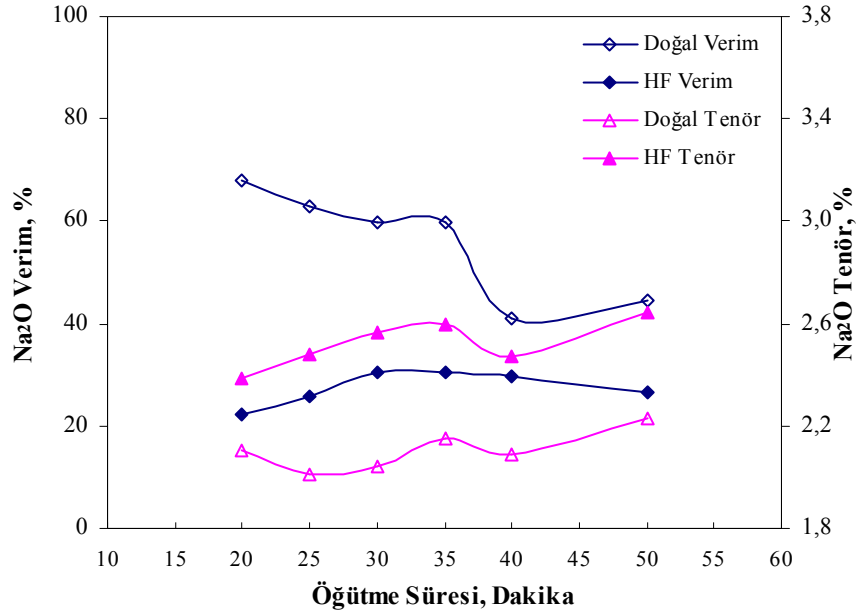
konsantresi, % 41.2 uzaklaştırma verimi ile edilmektedir. Ancak daha düşük Fe_2O_3 tenörlü konsantre elde etmek için ayrıntılı manyetik ayırma çalışmalarının yapılması gereklidir.

6.2. Flotasyon Deneyleri

Deneylerde kullanılan cevher Nevşehir-Gölşehir yöresinden temin edilmiştir. Cevherin K_2O tenörü % 8.67, Na_2O tenörü % 2.76 ve K_2O/Na_2O oranı 3.14'dür. Deneyler doğal ve HF'li ortamda olmak üzere iki bölümde gerçekleştirilmiştir. HF'li doğal ortamda öğütme süresi, G-TAP miktarı, HF miktarı, çamyacı miktarı, tek ve çift değerlikli tuz miktarının flotasyona etkisi araştırılmıştır.

6.2.1. Öğütme süresinin flotasyona etkisi

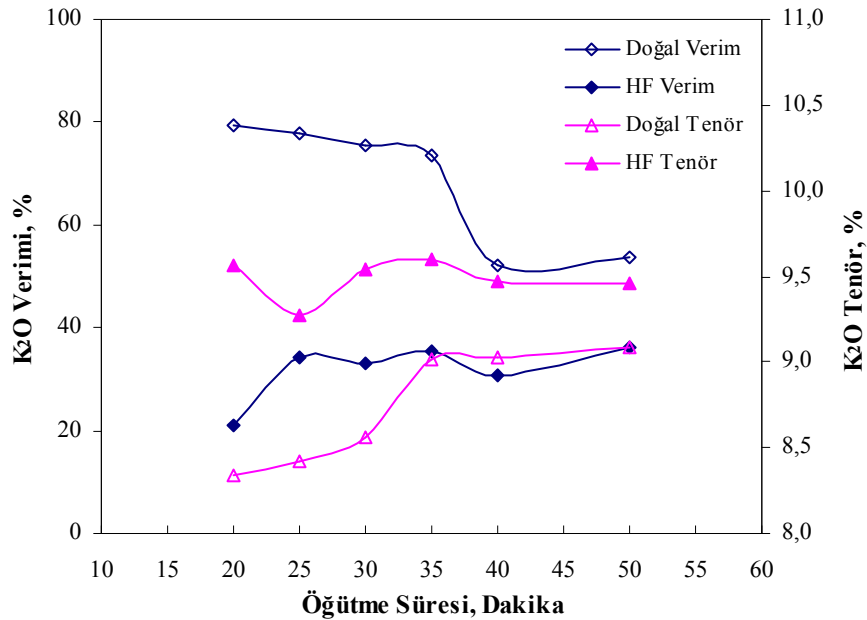
Doğal pH ve asidik ortamda tane boyutunun seçimli ayırma etkisini araştırmak için 20, 25, 30, 35, 40 ve 50 dakika öğütme sonucunda flotasyon deneyleri yapılmıştır. Öğütme işlemi seramik değirmende yaş öğütme ile gerçekleştirilmiş ve daha sonra malzemenin tamamı 38 μm 'den elenerek şlam uzaklaştırılmıştır. Doğal ve HF'li ortamda yapılan deneylerde başlangıçta 150g/t G-TAP, HF'li ortamda ise 1000 g/t HF sabit alınarak flotasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.2. Doğal ve HF'li ortamda öğütme süresinin Na_2O tenör ve verimine etkisi

Doğal ve HF'li ortamda öğütme süresinin Na_2O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.2'de gösterilmiştir. Doğal ortamda Na_2O verimi öğütme süresine bağlı olarak % 68.01'den % 44.70'e kadar sürekli azalmaktadır. Buna karşılık HF'li ortamda Na_2O verimi % 22.17 ile % 30.66 arasında değişmektedir. Optimum öğütme süresi olan 35 dakika öğütmede, % 30.66 Na_2O verimiyle % 2.60 Na_2O tenörlü konsantre elde edilmektedir.

Doğal ve HF'li ortamda öğütme süresinin K_2O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.3'de gösterilmiştir. Doğal ortamda K_2O verimi öğütme süresine bağlı olarak % 79.54'den % 53.82'ye kadar sürekli azalmaktadır. HF'li ortamda ise K_2O veriminde belirgin bir değişim gözlenmemiştir. Yine Na_2O tenöründe olduğu gibi bütün öğütme sürelerinde HF'li ortamdaki K_2O tenörü doğal ortamdakine göre yüksek bulunmuştur. Karagüzel(2005), Manisa-Gördes cevheri ile yaptığı deneylerde artan öğütme süresi ile Na_2O ve K_2O tenörleri arasında bir fark olmadığını, ancak 35 dakika öğütme süresinde K_2O veriminin arttığını bildirmiştir. Bu sonuçlar bulduğumuz sonuçlarla uyumludur. Gereksiz öğütmeden kaçınmak ve tenör-verim açısından optimum olarak gözlenen 35 dakika öğütme süresi olarak alınmıştır. En iyi öğütme süresi olan 35 dakika öğütmede malzemenin % 80'i 150 μm altına geçmektedir.



Şekil 6.3. Doğal ve HF'li ortamda öğütme süresinin K_2O tenör ve verimine etkisi

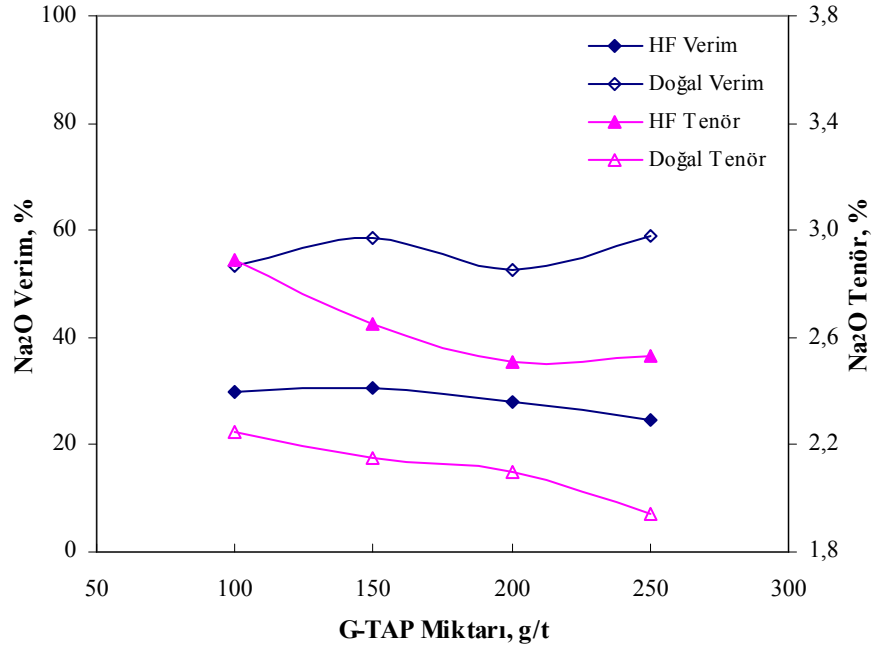
Çizelge 6.1. Doğal ve HF'li ortamda öğütme süresinin K_2O/Na_2O oranına etkisi

Ortam	Öğütme Süresi, dak	Na_2O tenör	K_2O Tenör	Alkali Miktarı	K_2O/Na_2O
HF	20	2.38	9.56	11.94	4.02
	25	2.48	9.27	11.75	3.74
	30	2.57	9.55	12.12	3.72
	35	2.60	9.60	12.20	3.69
	40	2.48	9.47	11.95	3.82
	50	2.64	9.46	12.10	3.58
Doğal pH	20	2.11	8.34	10.45	3.95
	25	2.01	8.42	10.43	4.19
	30	2.04	8.56	10.60	4.20
	35	2.15	9.02	11.17	4.20
	40	2.09	9.03	11.12	4.32
	50	2.23	9.09	11.32	4.08
Besleme		2.76	8.67	11.43	3.14

Çizelge 6.1'de doğal ve HF'li ortamda öğütme süresinin K_2O/Na_2O oranına etkisi verilmiştir. Sonuçlar toplam alkalitenin % 12'nin üzerinde olduğunu, K_2O/Na_2O oranının 3'ün üzerinde olduğunu göstermektedir. Doğal ortamda toplam alkalite % 11 civarında iken K_2O/Na_2O oranı 4'ün üzerine çıkmaktadır. Bu özellikte bir ürün seramik sanayinde kullanılabilir özelliktedir. Çizelge 6.1'de ilginç olan doğal ortamda Na-feldspatın HF'li ortamdakine oranla daha fazla bastırılmasıdır. Bundan sonra yapılan deneylerde alkalitenin artırılması hedeflenmiştir.

6.2.2. G-TAP miktarının saptanması

Doğal ve HF'li ortamda optimum amin konsantrasyonunu tespit etmek amacıyla yapılan deneylerde numune 35 dakika öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Flotasyon verimini olumsuz etkileyen ve reaktif sarfiyatını arttıran şlam, 38 μm 'luk elek kullanılarak flotasyon deneyi öncesinde malzemedan uzaklaştırılmıştır. Pülpte katı oranı % 20, karıştırma hızı 1250 dev/dak sabit olarak ayarlanmıştır. Toplayıcı olarak amin tipi toplayıcı olan G-TAP 100, 150, 200, 250 g/t miktarlarında kullanılarak toplayıcı miktarının flotasyona etkisi araştırılmıştır.



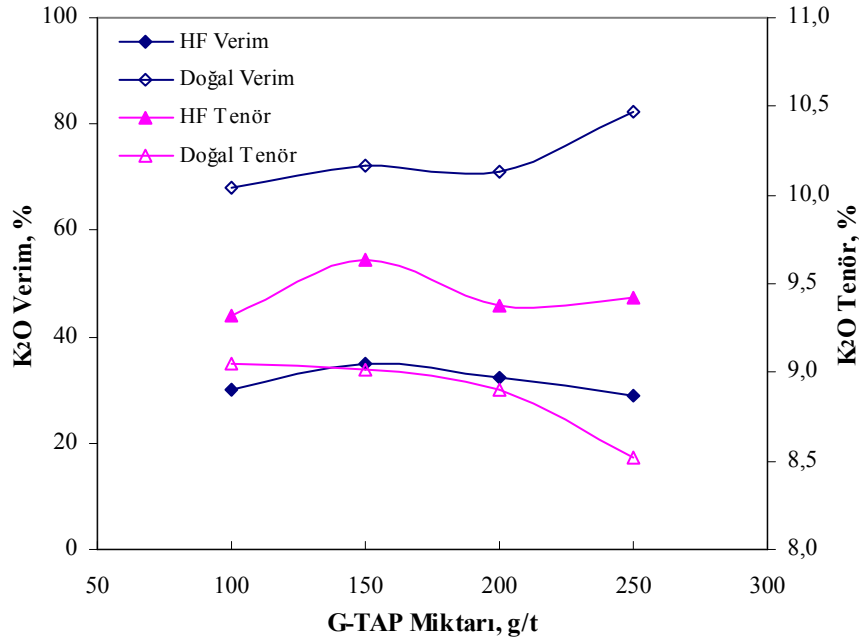
Şekil 6.4. Doğal ve HF'li ortamda G-TAP miktarının Na₂O tenör ve verimine etkisi

Doğal ve HF'li ortamda G-TAP miktarının Na₂O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.4'de gösterilmiştir. Artan G-TAP miktarı ile HF'li ve doğal ortamda verimlerde belirgin bir farklılık görülmemiştir. HF'li ortamda Na₂O tenörü % 2.89'dan artan G-TAP ile % 2.51'e kadar azalmaktadır. Doğal ortamda % 2.25 olan Na₂O tenörü % 1.94'e kadar sürekli azalmaktadır.

Doğal ve HF'li ortamda G-TAP miktarının K₂O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.5'de gösterilmiştir. Doğal ortamda % 68.22 verim 250 g/t G-TAP miktarı ile % 82.32'ye ulaşmaktadır. HF'li ortamda verimde belirgin bir değişiklik gözlenmemiştir. Doğal ortamda tenörde % 9.05 K₂O tenöründen % 8.52 K₂O tenörüne kadar sürekli düşüş gözlenmektedir. HF'li ortamda % 9.32 K₂O tenörü artarak 150 g/t G-TAP'da % 9.63'e ulaşmış, artan G-TAP ile azalmış ve 250 g/t G-TAP'da % 9.42 değerine ulaşmıştır. Demir(2001), saf mineral karışımı ile yaptığı çalışmalarda, doğal ortamda artan G-TAP ile Na₂O ve K₂O veriminin arttığını ancak tenörlerinde değişiklik olmadığını bildirmiştir. Buna karşılık bu çalışmada G-TAP miktarının verim üzerine etkisi görülmemiş ve tenörü azalttığı tespit edilmiştir. Karagüzel(2005), Manisa-Gördes cevheri ile yaptığı çalışmalarda K₂O veriminin Na₂O verimine oranla daha çok arttığını ve Na₂O ve K₂O tenörleri açısından net bir ayırımın olmadığını bildirmiştir. Dolayısıyla Karagüzel'in sonuçları bulunan sonuçla uyum içerisindedir. Karagüzel G-TAP ile HF'li ortamda Na₂O ve K₂O veriminin arttığını, buna karşın Na₂O ve K₂O tenörlerinin azaldığını

bildirmektedir. Oysa bu çalışmada G-TAP ile yeterli verimlere ulaşılmamıştır. Bu durum her cevherin G-TAP ile yüzdürülemeyeceğini göstermektedir.

Sonuçlar toplayıcı olarak kullanılan GTAP'ın feldspat üzerine hem verim hemde tenör açısından seçimli bir ayırım yapmadığını göstermektedir.



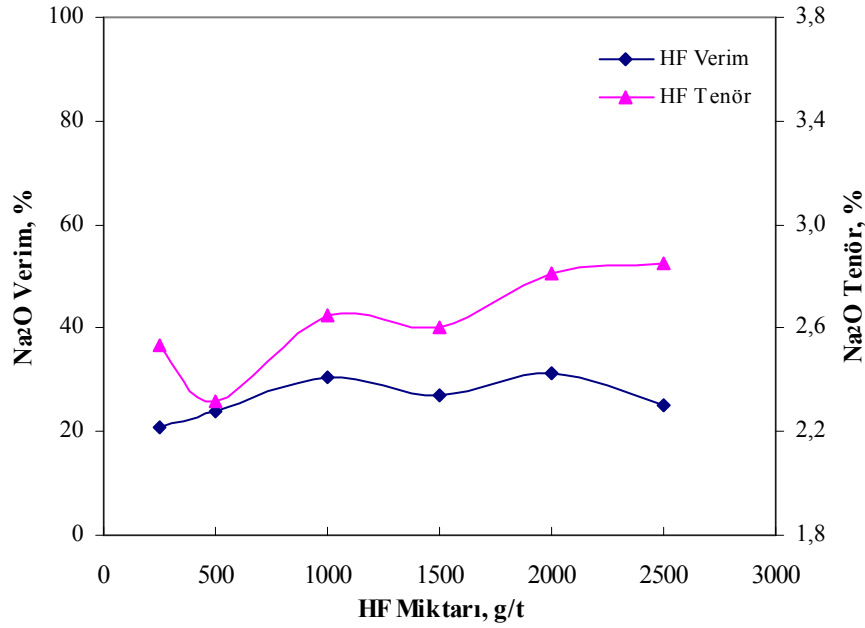
Şekil 6.5. Doğal ve HF'li ortamda G-TAP miktarının K₂O tenör ve verimine etkisi

Elde edilen veriler ışığında yüksek Na₂O ve K₂O tenör ve verimini elde etmeyi sağlayan G-TAP miktarının 150 g/t olduğu tespit edilmiştir. Bundan sonra yapılan flotasyon deneylerinde G-TAP miktarı 150 g/t alınmıştır.

6.2.3. HF miktarının saptanması

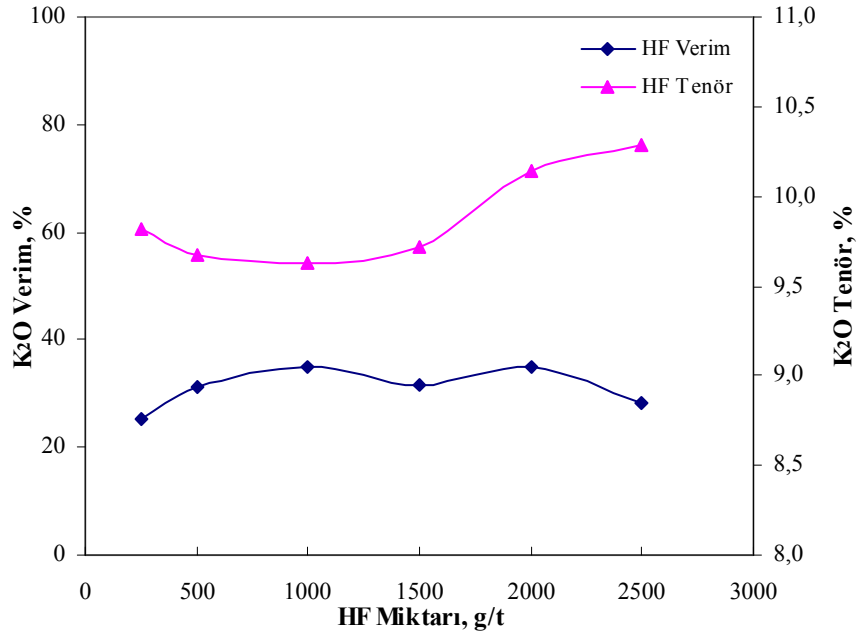
Flotasyon deneylerinde asidik ortamı oluşturacak olan HF'in optimum konsantrasyonunu tespit etmek amacıyla yapılan deneylerde numune 35 dakika öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Flotasyon verimini olumsuz etkileyen ve reaktif sarfiyatını arttıran şlam, 38µm'luk elekten elenerek flotasyon deneyi öncesinde malzmeden uzaklaştırılmıştır. Toplayıcı olarak 150 g/t G-TAP kullanılmıştır. 250, 500, 1000, 1500, 2000, 2500 g/t HF miktarlarının flotasyona etkileri araştırılmıştır.

HF miktarının Na₂O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.6'da gösterilmiştir. Artan HF miktarı ile Na₂O veriminde belirgin bir farklılık görülmezken, Na₂O tenöründe artış görülmektedir. 1000 g/t HF'de % 2.65 Na₂O, 2500 g/t HF miktarında ise % 2.85 Na₂O tenörü tespit edilmiştir.



Şekil 6.6. HF miktarının Na₂O tenör ve verimine etkisi

HF miktarının K₂O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.7'de gösterilmiştir. Artan HF miktarı ile K₂O veriminde yine Na₂O veriminde olduğu gibi değişiklik görülmezken, K₂O tenörü artmaktadır. 1000 g/t HF miktarında K₂O verimi % 34.85, K₂O tenörü % 9.63 olarak görülmektedir. 2000 g/t HF miktarında ise K₂O verimi % 35.10, K₂O tenörü % 10.14 olduğu tespit edilmiştir. Karagüzel(2005), Manisa-Gördes cevheri ile, Demir(2001), saf mineral karışımı ile yaptığı çalışmalarda artan HF miktarı ile Na₂O ve K₂O verimlerinin artarken, tenörlerde değişiklik gözlenmediğini bildirmişlerdir. Oysa bu çalışmada verimler sabit kalırken tenörler artmaktadır. Dolayısıyla Karagüzel ve Demir'in sonuçları ile uyumlu değildir.

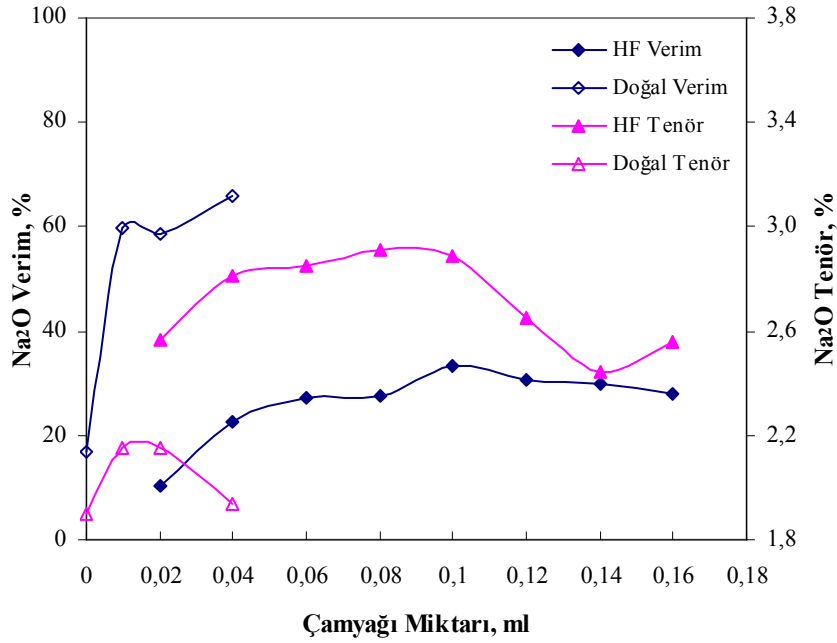


Şekil 6.7. HF miktarının K₂O tenör ve verimine etkisi

Bu aşamaya kadar yapılan deneylerde Na₂O ve K₂O veriminin önemli olduğu, bundan sonra tuzlarla yapılan deneylerde ise Na₂O ve K₂O tenörlerinin önemli olduğu düşüncesinden yola çıkılarak HF miktarında verimlerin yüksek olduğu 1000 g/t alınmasına karar verilmiştir. Bu seçimin diğer bir nedeni de HF'in bilinen çevresel olumsuz etkilerinin asgari seviyede tutulmasıdır.

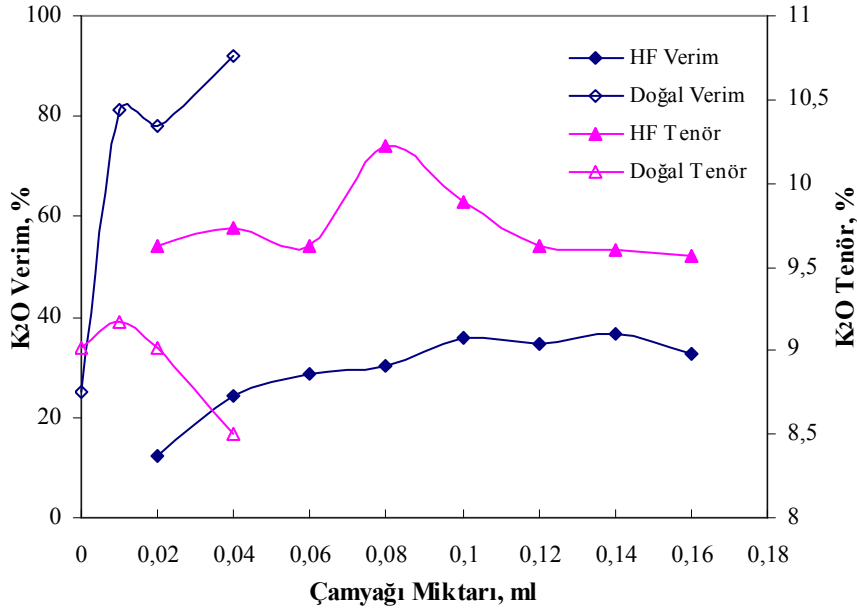
6.2.4. Çamyağı miktarının saptanması

Doğal ve HF'li ortamda çamyağı miktarının Na₂O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.8'de gösterilmiştir. Maalesef doğal ortamda yeterli Na₂O tenörleri elde edilememiştir. Buna karşılık HF'li ortamda % 27.62 verimle % 2.91 Na₂O tenörüne ulaşılmıştır. Çamyağı ile yapılan deneyler HF'li ortamda çamyağının seçimli ayırımında yararlı olacağını göstermektedir.



Şekil 6.8. Doğal ve HF’li ortamda çamyacı miktarının Na₂O tenör ve verimine etkisi

Doğal ve HF’li ortamda çamyacı miktarının K₂O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.9’da gösterilmiştir. Doğal ortamda % 16.69 olan yüzme oranı çok az (0.01 ml) miktarda çamyacı ilavesi % 81.17’lere varan oranlarda malzemenin yüzmesine neden olmaktadır. Çamyacı kullanılmadığında ise malzeme yüzmektedir. HF’li ortamda ise çamyacı hem verimi arttırmakta, hem de K₂O tenörünün artmasına neden olmaktadır. 0.08 ml çamyacıda % 30.35 K₂O verimle % 10.22 K₂O tenörüne ulaşılmaktadır. Karagüzel(2005), Manisa- Gördes cevheri ile yaptığı çalışmalarda çamyacının hem flotasyon verimini hemde tenörü arttırdığını bulmuştur. Dolayısıyla bulduğumuz sonuçlar Karagüzel’in sonuçları ile uyum içerisindedir.



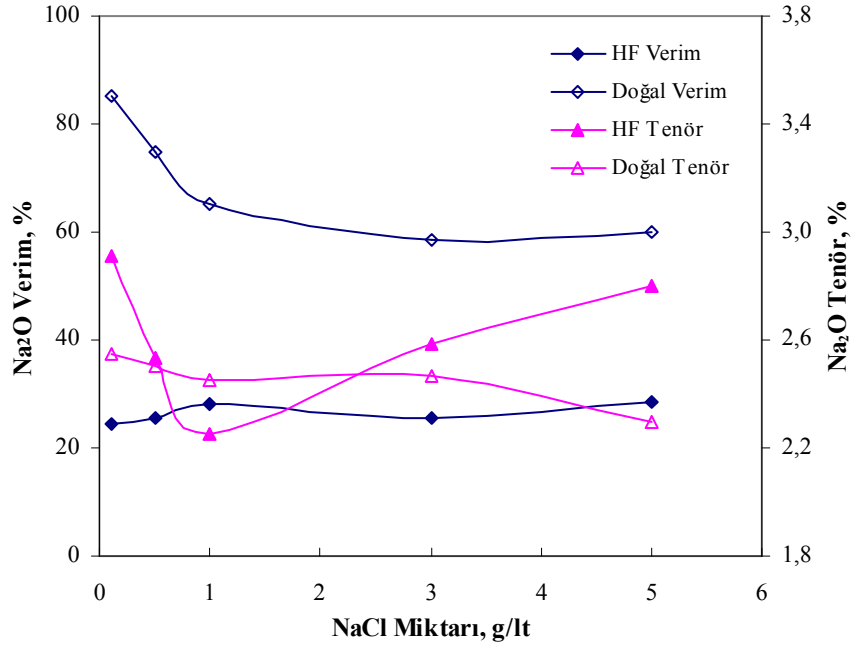
Şekil 6.9. Doğal ve HF'li ortamda çamyağlı miktarının K₂O tenör ve verimine etkisi

Elde edilen veriler ışığında çamyağlı ilavesinin flotasyonda etkili olduğu görülmektedir. Belli oranda ortama ilave edilen çamyağlı flotasyonda verimi arttırırken fazla oranda ilave edilen çamyağının ortam şartlarını değiştirmediği görülmektedir. Buna göre, yüksek Na₂O ve K₂O tenör ve verimini elde etmeyi sağlayan çamyağlı miktarı HF'li ortam için 0.08 ml, doğal ortam için 0.01ml olarak tespit edilmiştir. Bundan sonraki deneylerde HF'li ortamda 0.08 ml, doğal ortamda 0.01 ml çamyağlı kullanılmıştır.

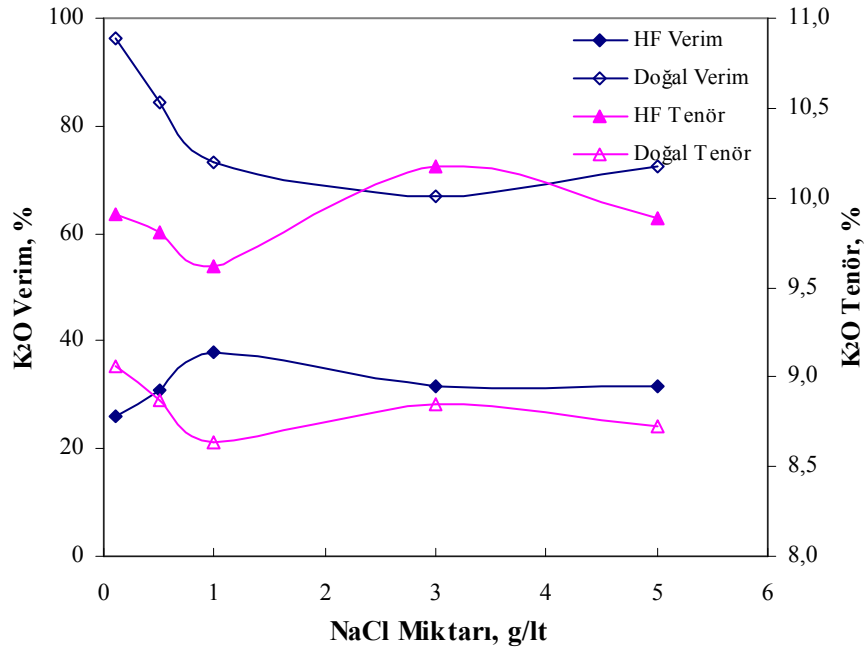
6.2.5. Tek değerlikli tuzların flotasyona etkisi

Doğal pH'da ve HF'li ortamda tuz çeşidini ve miktarını tespit etmek amacıyla tek değerlikli (NaCl, KCl) ve çift değerlikli (BaCl₂, CaCl₂) tuzlarla Denver flotasyon deneyleri yapılmıştır.

Doğal ve HF'li ortamda NaCl tuzunun Na₂O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.10'da gösterilmiştir. Artan NaCl miktarı ile HF'li ortamda Na₂O veriminde fark görülmemezken, doğal ortamda azalma görülmektedir. HF'li ortamda 1g/lit NaCl'de minimum vermektedir. Deney sonuçları NaCl ile Na₂O tenörlerinde istenen seviyede bir artış olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar Na⁺ iyonunun Na₂O üzerine bastırıcı etki yapmış olabileceğini akla getirmektedir.



Şekil 6.10. Doğal ve HF'li ortamda NaCl miktarının Na₂O tenör ve verimine etkisi

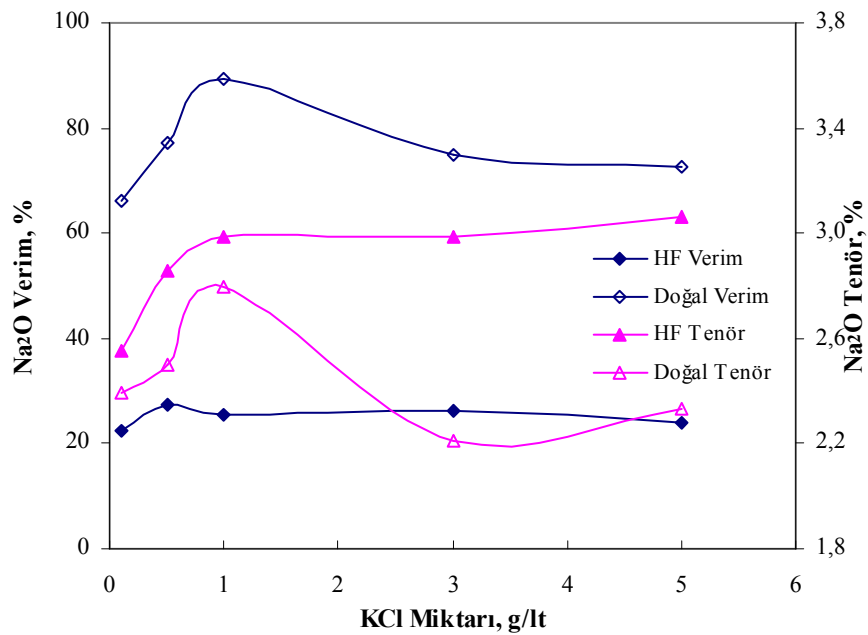


Şekil 6.11. Doğal ve HF'li ortamda NaCl miktarının K₂O tenör ve verimine etkisi

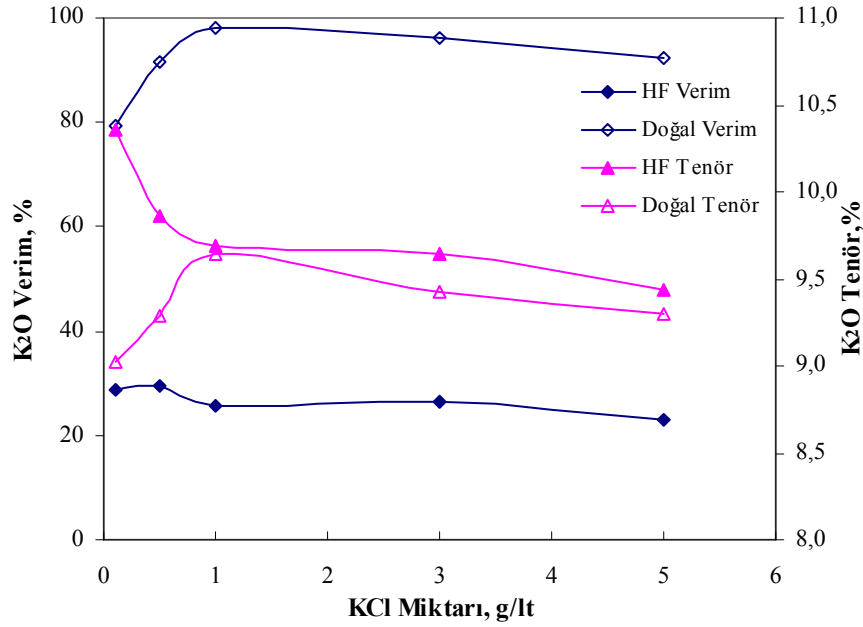
Doğal ve HF'li ortamda NaCl tuzunun K₂O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.11'de gösterilmiştir. HF'li ortamda 3 g/Lt NaCl ile % 31.64 K₂O verimiyle % 10.17 K₂O tenörlü

feldspat konsantresi elde edilmiştir. 0.1 g/lit NaCl ile doğal ortamda % 96.46 K₂O verimi ve % 9.06 K₂O tenörüyle kazanılmıştır. K₂O tenörünün yüksekliği Na⁺ iyonlarının ortoz üzerine canlandırma etkisi yapmış olabileceğini göstermektedir. Ancak sonuçlar NaCl tuzunun feldspat-kuvars seçimli ayırımında istenen seviyede etkin olmadığını göstermektedir. NaCl ile yapılan deneylerde, Na₂O ve K₂O tenör-verimi açısından en iyi sonuçlar HF'li ortamda 3g/lit, doğal ortamda 0.1 g/lit NaCl miktarlarında elde edilmiştir. Demir(2001), saf mineral karışımı ile yaptığı çalışmalarda hem doğal hem de HF'li ortamda artan NaCl konsantrasyonu ile seçimli ayırım tespit etmiştir. Yine Karagüzel(2005), Manisa-Gördes cevheri ile yaptığı çalışmalarda doğal ortamda artan NaCl miktarı ile Na₂O ve K₂O verimlerinde artış olduğunu bildirmiştir. Fakat yaptığımız çalışmalarda bu çalışmalara benzer sonuçlar elde edilememiştir. Bu durum her cevher için NaCl tuzunun etkili olamayacağını göstermektedir.

Doğal ve HF'li ortamda KCl tuzunun Na₂O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.12'de gösterilmiştir. HF'li ortamda verimde değişiklik görülmezken, doğal ortamda 1g/lit KCl miktarında % 89.37 K₂O verimi ile maksimum görülmektedir. Na₂O tenörü açısından 1 g/lit KCl miktarında hem doğal hem de HF'li ortamda bir maksimum tespit edilmiştir. 1 g/lit KCl ile HF'li ortamda % 27.49 Na₂O kazanma verimi ile % 2.99 Na₂O tenörlü konsantre elde edilmiştir. Sonuçlar KCl tuzunun Na-feldspatı canlandırmış olabileceğini göstermektedir.



Şekil 6.12. Doğal ve HF'li ortamda KCl miktarının Na₂O tenör ve verimine etkisi



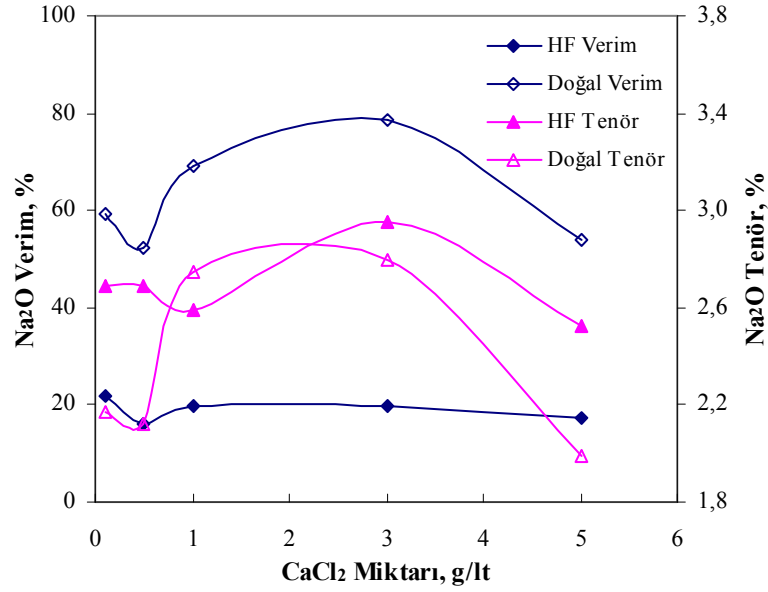
Şekil 6.13 Doğal ve HF'li ortamda KCl miktarının K₂O tenör ve verimine etkisi

Doğal ve HF'li ortamda KCl tuzunun K₂O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.13'de gösterilmiştir. HF'li ortamda artan KCl ile K₂O tenörü azalırken, verimde değişiklik görülmemiştir. Doğal pH'da 1 g/lt KCl miktarında % 9.65 K₂O tenörüne ulaşılmıştır. 1 g/lt KCl'de HF'li ve doğal ortamda K₂O tenörlerinin birbirine çok yakın olması oldukça ilginç bir sonuçtur. HF'li ve doğal ortamda KCl ile yapılan flotasyon deneylerinde, Na₂O ve K₂O tenör ve verimi açısından en iyi sonuçlar 1g/lt KCl miktarında elde edilmiştir. Demir(2001) ve Karagüzel(2005) ortoz cevheri için KCl ile hem tenörde hem de verimde olumlu sonuçlar elde edememiştir. Bu çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur.

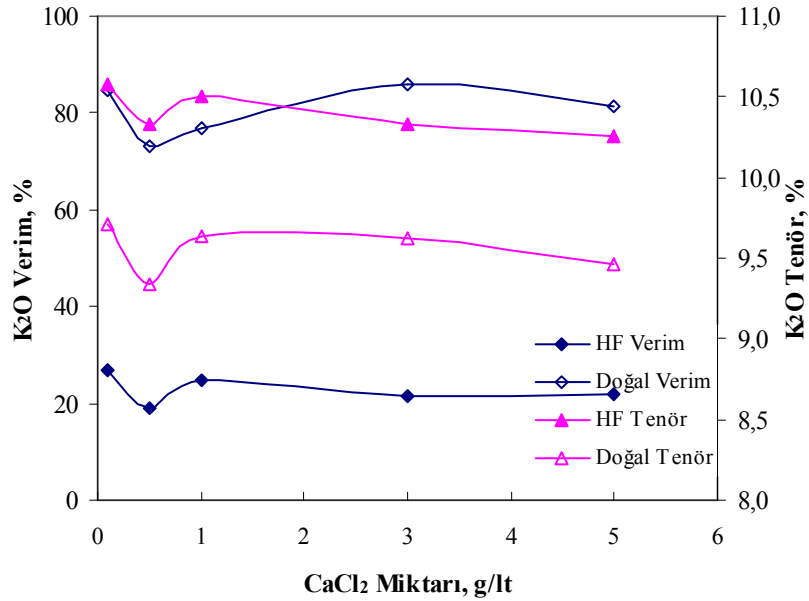
K⁺ iyonlarının K-feldspatı bastırıldığı düşüncesinden yola çıkılarak HF'li ortamdaki sonuçlar bu görüşün doğru olabileceğini göstermektedir. Ancak KCl tuzunun Na₂O tenörünü arttırdığını belirtmekte fayda vardır.

6.2.6. Çift değerlikli tuzların flotasyona etkisi

Doğal ve HF'li ortamda CaCl₂ tuzunun Na₂O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.14'de gösterilmiştir. HF'li ortamda artan tuz miktarı ile Na₂O veriminde belirgin bir değişim olmazken, 3 g/lt CaCl₂ konsantrasyonunda hem HF'li, hem de doğal ortamda bir maksimum tespit edilmiştir. 3 g/lt CaCl₂ ile HF'li ortamda %19.77 Na₂O verimiyle % 2.95 Na₂O tenörlü, doğal ortamda % 78.46 Na₂O verimle % 2.80 tenörlü feldspat konsantrasyonu elde edilmiştir.



Şekil 6.14. Doğal ve HF'li ortamda CaCl₂ miktarının Na₂O tenör ve verimine etkisi



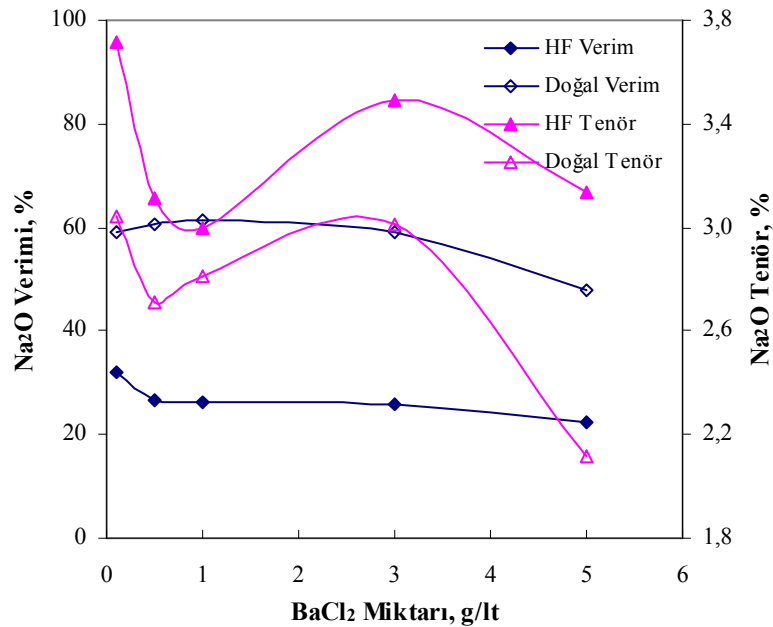
Şekil 6.15. Doğal ve HF'li ortamda CaCl₂ miktarının K₂O tenör ve verimine etkisi

Doğal ve HF'li ortamda CaCl₂ tuzunun K₂O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.15'de gösterilmiştir. 1 g/lt CaCl₂ ile HF'li ortamda 3 g/lt CaCl₂ ile doğal ortamda maksimum tespit edilmiştir. 1 g/lt CaCl₂ ile HF'li ortamda % 24,88 K₂O verimiyle % 10,331 K₂O tenörlü

konsantre elde edilmiştir. 3 g/lt CaCl_2 ile doğal ortamda % 85.85 K_2O verimiyle % 9.62 K_2O tenörlü konsantre elde edilmiştir. CaCl_2 ile yapılan flotasyon deneyleri sonucunda Na_2O ve K_2O tenör-verimi açısından HF'li ve doğal ortamda 3g/lt CaCl_2 miktarında en iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Literatürde Ca^{+2} ve Ba^{+2} iyonlarının Na-feldspat üzerine bastırıcı etki yaptığı bildirilmiştir[19, 35, 42 ve 44]. Ancak deneysel sonuçlar HF'li ortamda Ca^{+2} ve Ba^{+2} iyonlarının K-feldspat ve Na-feldspat ayırımında tek değerlikli tuzlara göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Bu durum literatürde Rusların görüşlerine tezat teşkil etmektedir.

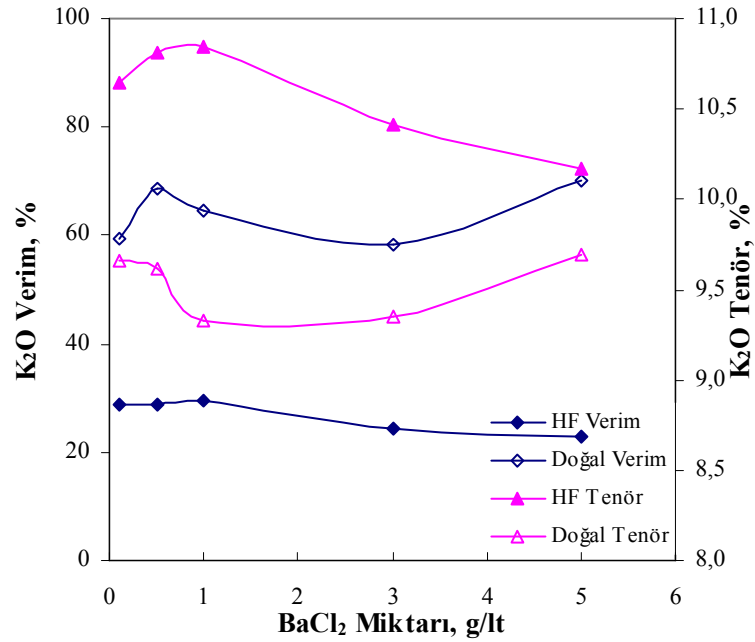
Doğal ve HF'li ortamda BaCl_2 tuzunun Na_2O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.16'da gösterilmiştir. HF'li ve doğal ortamda verimde belirgin bir değişiklik gözlenmezken, 3 g/lt BaCl_2 'de maksimum tespit edilmiştir. 3 g/lt BaCl_2 ile HF'li ortamda % 25.9 Na_2O verimiyle % 3.49 Na_2O tenörlü feldspat konsantresi, doğal ortamda % 59.20 Na_2O verimiyle % 3.01 Na_2O tenörlü feldspat konsantresi elde edilmiştir. Na_2O tenörü açısından en iyi sonuçlar BaCl_2 ile elde edilmiştir.



Şekil 6.16. Doğal ve HF'li ortamda BaCl_2 miktarının Na_2O tenör ve verimine etkisi

Doğal ve HF'li ortamda BaCl_2 tuzunun K_2O tenör ve verimine etkisi Şekil 6.17'de gösterilmiştir. 1 g/lt BaCl_2 tuz miktarında HF'li ortamda % 29.59 K_2O verimiyle % 10.84 K_2O

tenörlü feldspat konsantresi elde edilebilmektedir. Na_2O tenöründe göz önüne alınırsa BaCl_2 için 1 g/lit veya 3 g/lit tuz miktarlarının tercihen seçilebileceği görülmektedir. Her ikisinde de alkali toplamı ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) % 13.85 düzeyindedir.

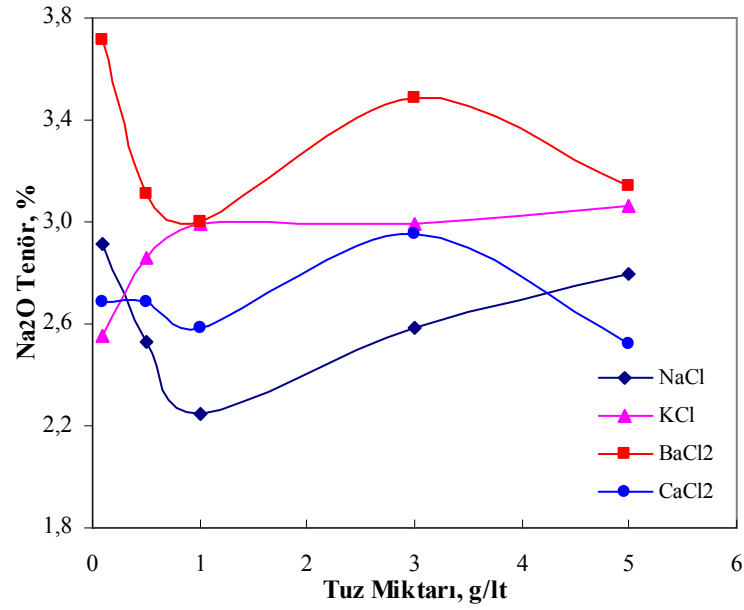


Şekil 6.17. Doğal ve HF'li ortamda BaCl_2 miktarının K_2O tenör ve verimine etkisi

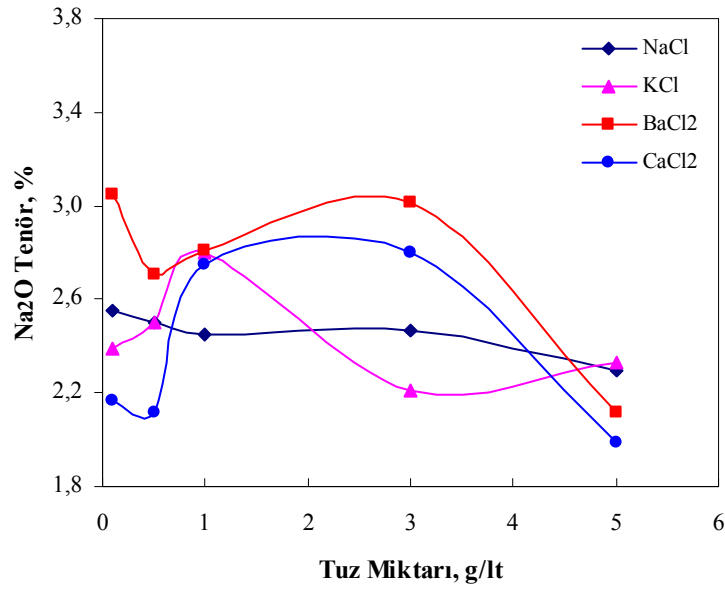
Mikroflotasyonda Ba^{+2} , Ca^{+2} iyonlarının doğal ortamda K-feldspatı bastırdığı tespit edilmiştir. Buna uygun olarak Denver flotasyon sonuçları doğal ortamda Ba^{+2} iyonlarının K-feldspatı bastırdığını göstermektedir. Ancak HF'li ortamda bu etki görülmemektedir.

Tek ve çift değerlikli iyonların K-feldspat ve Na-feldspat üzerine yaptığı etkileri görmek amacıyla yapılan deney verilerine bakıldığında elde edilen sonuçlar şöyledir.

HF'li ortamda tuzların Na_2O tenörüne etkisi Şekil 6.18'de gösterilmiştir. Na_2O tenörü açısından sırasıyla BaCl_2 , KCl , CaCl_2 , NaCl tuzlarının etkili olduğu görülmektedir. 3 g/lit BaCl_2 'de % 3.49 Na_2O tenörü elde edilebilmektedir. Buradan NaCl tuzu ile Na-feldspatın bastırılmış olabileceği görülmektedir. Doğal ortamda tuzların Na_2O tenörüne etkisi Şekil 6.19'da gösterilmiştir. Burada tuzlar arasında tam olarak bir sıralama yapmak mümkün değildir. Ancak NaCl ilavesi ile mineralin Na_2O tenöründe değişiklik olmazken, diğer tuzlarla tenörlerde artış gözlenmiştir. BaCl_2 'ün diğer tuzlara göre daha etkili olduğu görülmektedir. 3 g/lit BaCl_2 'de % 3.01 Na_2O tenörü elde edilebilmektedir.

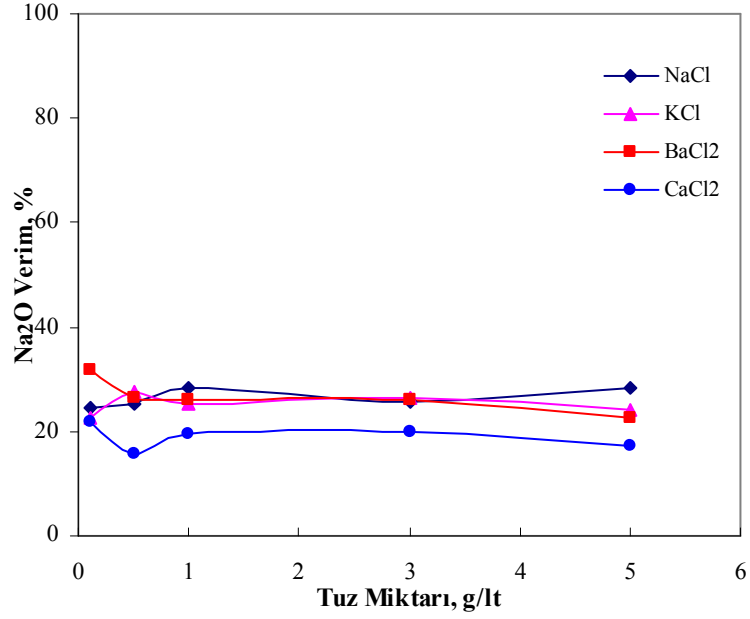


Şekil 6.18. HF'li ortamda tuz çeşidi ve miktarının Na₂O tenörüne etkisi

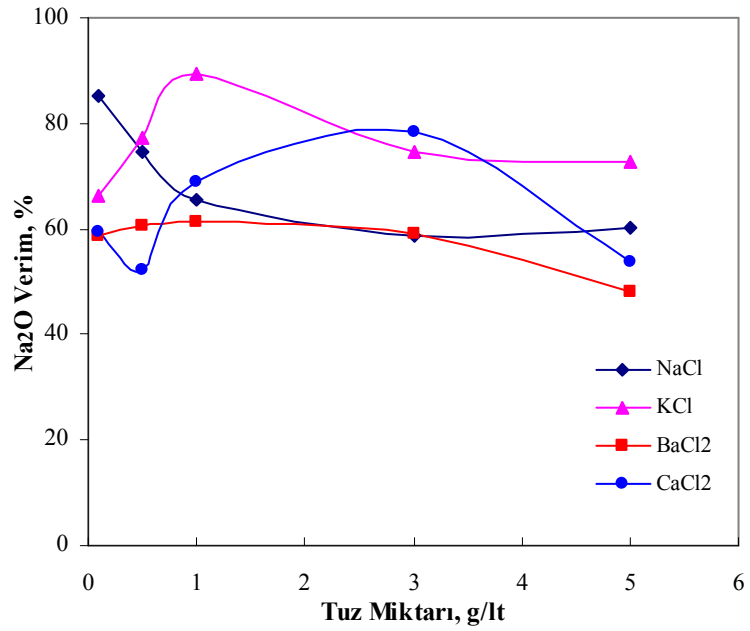


Şekil 6.19. Doğal ortamda tuz çeşidi ve miktarının Na₂O tenörüne etkisi

HF'li ortamda tuzların Na₂O verimine etkisi Şekil 6.20'de gösterilmiştir. BaCl₂, KCl, NaCl ile Na₂O verimleri hemen hemen aynıdır. En düşük verim CaCl₂ ile elde edilmiştir. 3 g/lt BaCl₂ ile % 25,90 Na₂O verimi elde edilebilmektedir.

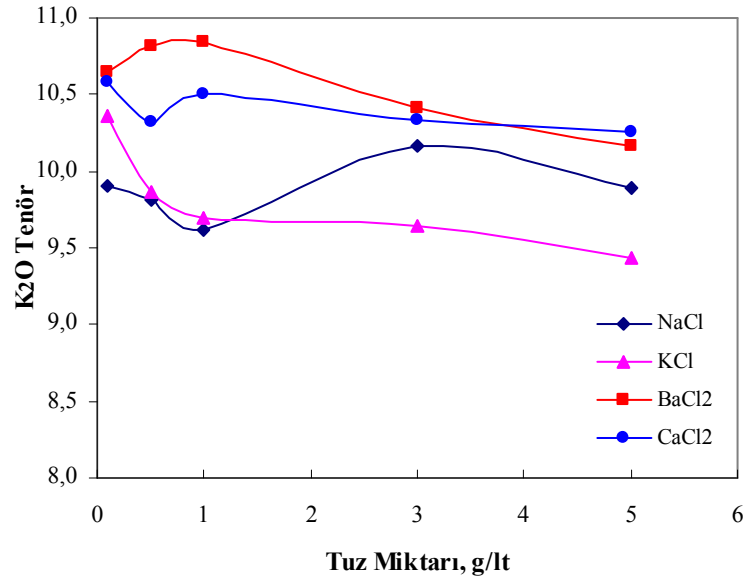


Şekil 6.20. HF'li ortamda tuz çeşidi ve miktarının Na₂O verimine etkisi

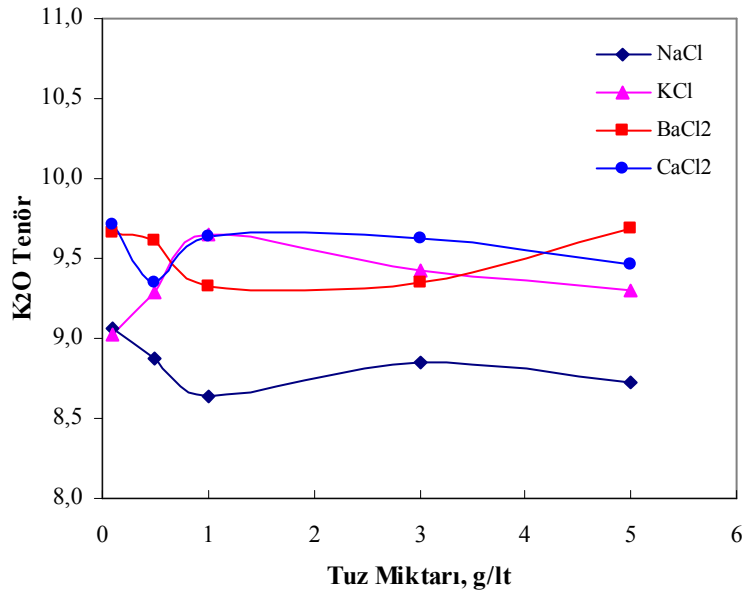


Şekil 6.21. Doğal ortamda tuz çeşidi ve miktarının Na₂O verimine etkisi

Doğal ortamda tuzların Na₂O verimine etkisi Şekil 6.21'de gösterilmiştir. Na₂O verimi açısından KCl, CaCl₂, NaCl, BaCl₂ sıralaması görülmektedir.



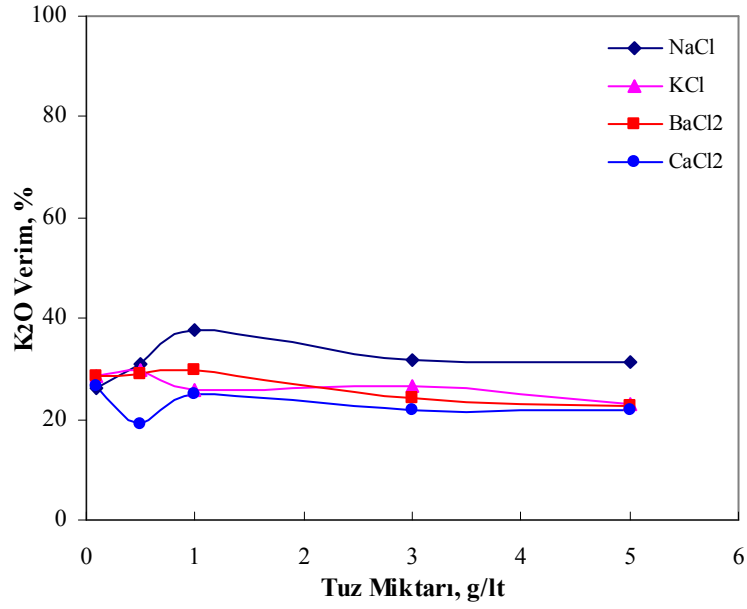
Şekil 6.22. HF'li ortamda tuz çeşidi ve miktarının K₂O tenörüne etkisi



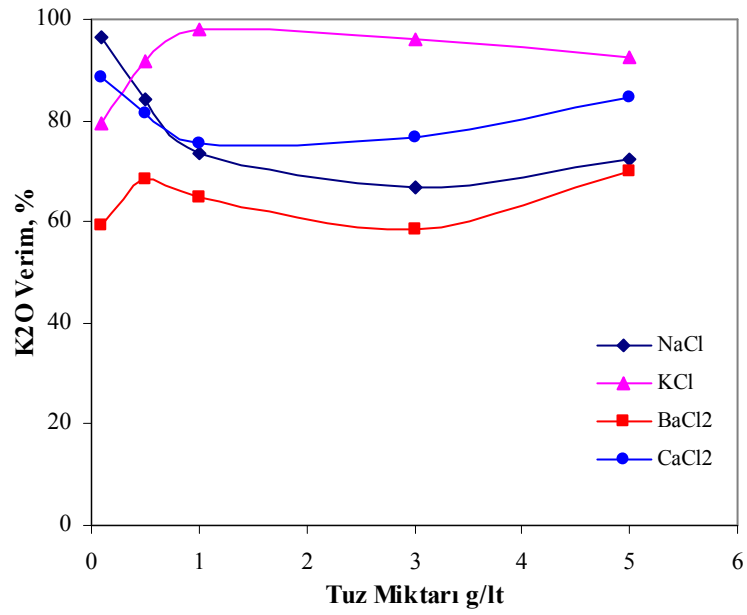
Şekil 6.23. Doğal ortamda tuz çeşidi ve miktarının K₂O tenörüne etkisi

HF'li ortamda tuzların K₂O tenörüne etkisi Şekil 6.22'de gösterilmiştir. K₂O tenörü açısından BaCl₂, CaCl₂, NaCl, KCl sıralaması görülmektedir. BaCl₂ ile % 10,64 K₂O tenörlü feldspat konsantrisi elde edilebilmiştir. Doğal ortamda tuzların K₂O tenörüne etkisi

Şekil 6.23'de gösterilmiştir. Burada K_2O tenörü açısından $CaCl_2$, $BaCl_2$, KCl , $NaCl$ sıralaması görülmektedir.



Şekil 6.24. HF'li ortamda tuz çeşidi ve miktarının K_2O verimine etkisi



Şekil 6.25. Doğal pH'da tuz çeşidi ve miktarının K_2O verimine etkisi

HF'li ortamda tuzların K_2O verimine etkisi Şekil 6.24'de gösterilmiştir. K_2O verimi açısından NaCl, KCl, $BaCl_2$, $CaCl_2$ sıralaması görülmektedir. Doğal ortamda tuzların K_2O verimine etkisi Şekil 6.25'de gösterilmiştir. K_2O verimi açısından KCl, $CaCl_2$, NaCl, $BaCl_2$ sıralaması görülmektedir. Mikroflotasyondaki sonuçların aksine KCl'ün K-feldspatın verimini arttırdığı, $BaCl_2$ ve $CaCl_2$ 'ün mikroflotasyon deneylerindeki gibi K-feldspatın verimini azalttığı tespit edilmiştir.

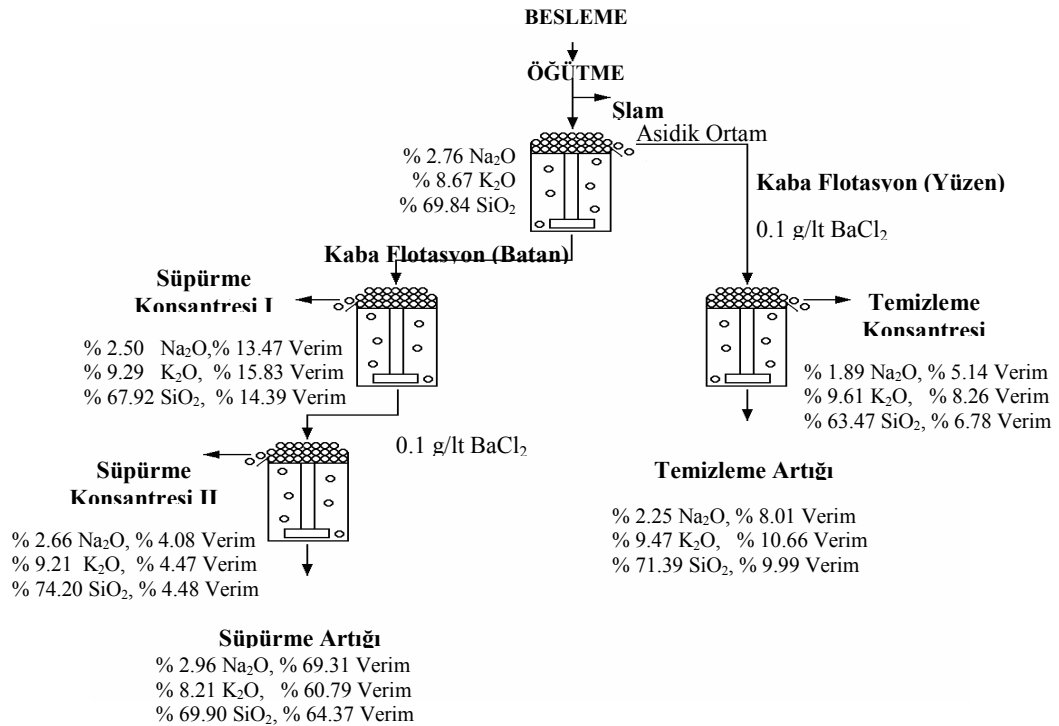
Tüm bu veriler ışığında yüksek % Na_2O ve % K_2O , düşük % SiO_2 tenörü açısından en uygun tuz $BaCl_2$ olarak görülmektedir. Çizelge 6.2'de HF'li ve doğal ortamda tuz miktarının K_2O+Na_2O ve K_2O/Na_2O oranına etkisi görülmektedir. HF'li ortamda en yüksek alkali $BaCl_2$ ile toplam % 14'e ulaşmaktadır. Doğal ortamda en yüksek alkali toplamı 1 g/lit tuz miktarlarında KCl, $CaCl_2$ ve $BaCl_2$ ile elde edilmiştir. 1 g/lit tuz miktarlarında % 12.4 alkali toplamı elde edilebilmektedir.

$BaCl_2$ etkisini seçimli ayırıda görebilmek amacıyla Denver flotasyon hücresinde dallanma tekniği kullanılmıştır. NaCl ve KCl ile yapılan flotasyon çalışmalarında net ayırımın gözlenmemesi üzerine geliştirilen yöntem tekrarlanan temizleme ve süpürme flotasyon adımlarını içerdiğinden dallanma tekniği (tree technique) olarak adlandırılmıştır[30]. Dallanma tekniğinde kaba flotasyon devresinde daha önce tespit edilen 150 g/t G-TAP, 1000 g/t HF, 3 g/lit $BaCl_2$ miktarları kullanılmıştır. Süpürme ve temizleme flotasyonlarında 0.1, 0.5, 1, 3, 5 g/lit $BaCl_2$ tuz miktarları ile çalışılmıştır.

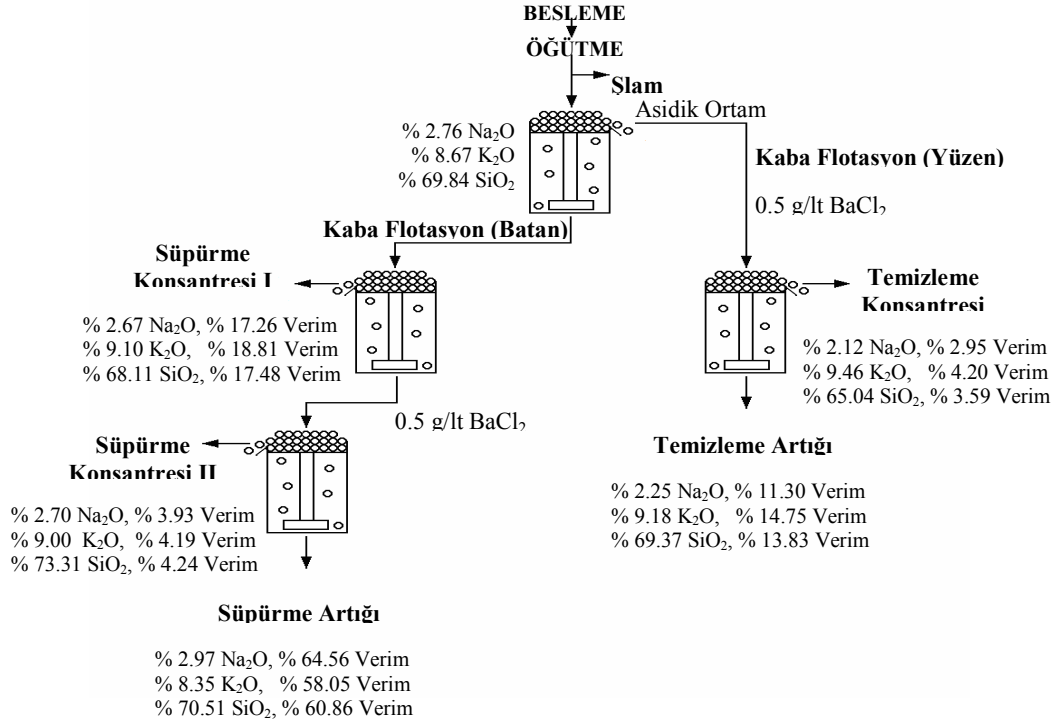
Çizelge 6.2. Asidik ortamda tuz miktarının K_2O+Na_2O ve K_2O/Na_2O oranına etkisi

Tuz Miktarı		NaCl		KCl		BaCl ₂		CaCl ₂	
		K_2O+Na_2O	K_2O/Na_2O	K_2O+Na_2O	K_2O/Na_2O	K_2O+Na_2O	K_2O/Na_2O	K_2O+Na_2O	K_2O/Na_2O
HF	0.1	12,82	3,41	12,91	4,06	14,36	2,87	13,27	3,94
	0.5	12,34	3,88	12,72	3,45	13,93	3,47	13,01	3,84
	1	11,87	4,28	12,68	3,24	13,84	3,61	13,09	4,06
	3	12,76	3,93	12,63	3,22	13,90	2,99	13,28	3,50
	5	12,69	3,53	12,50	3,08	13,30	3,24	12,78	4,06
Doğal pH	0.1	11,61	3,55	11,41	3,77	12,71	3,17	11,89	4,48
	0.5	11,37	3,55	11,79	3,72	12,32	3,55	11,46	4,41
	1	11,09	3,53	12,45	3,45	12,14	3,32	12,39	3,50
	3	11,32	3,58	11,64	4,26	12,37	3,10	12,42	3,44
	5	11,02	3,79	11,63	3,99	11,81	4,57	11,45	4,76

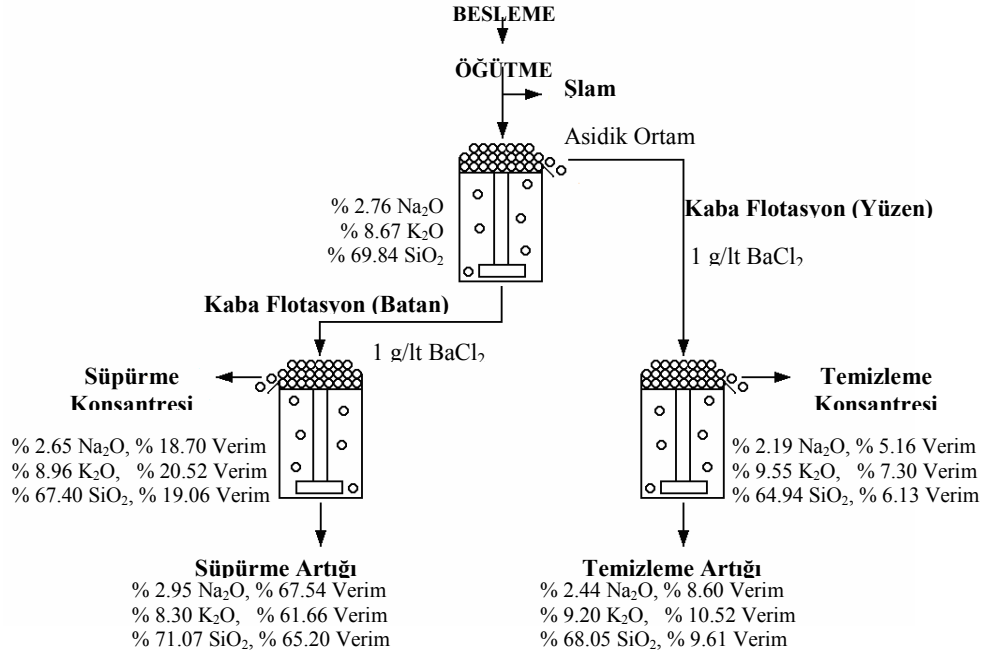
0.1, 0.5, 1, 3, 5 g/lit BaCl₂ miktarında temizleme ve süpürme flotasyonlarından elde edilen sonuçlar Şekil 6.26, 27, 28, 29, 30' da verilmektedir.



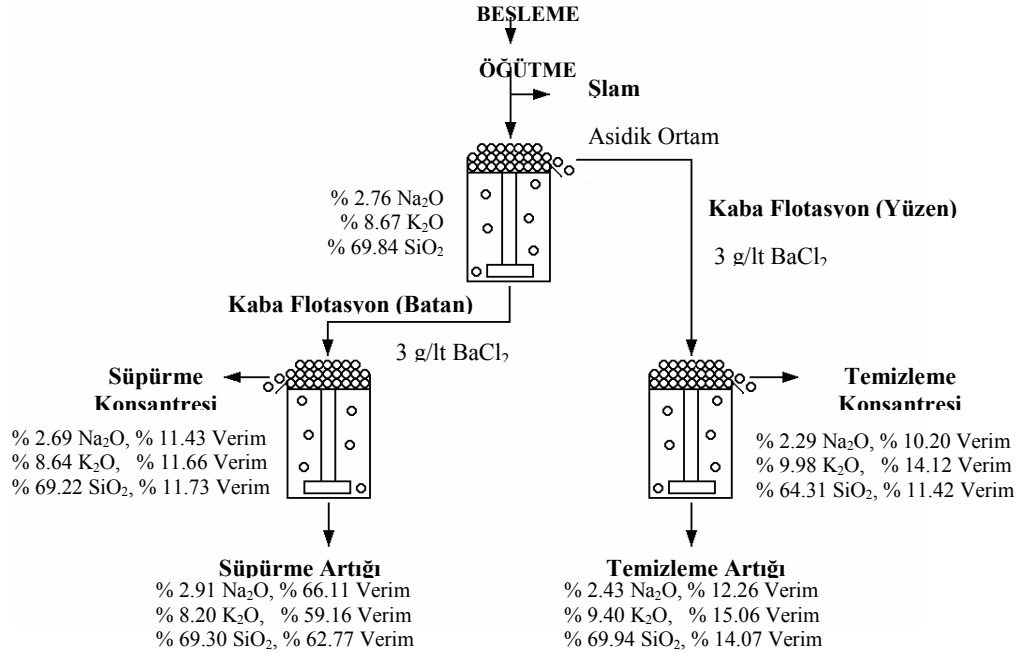
Şekil 6.26. HF'li ortamda temizleme ve süpürme devresine 0.1 g/lit BaCl₂ ilavesinin tenör ve verimlere etkisi



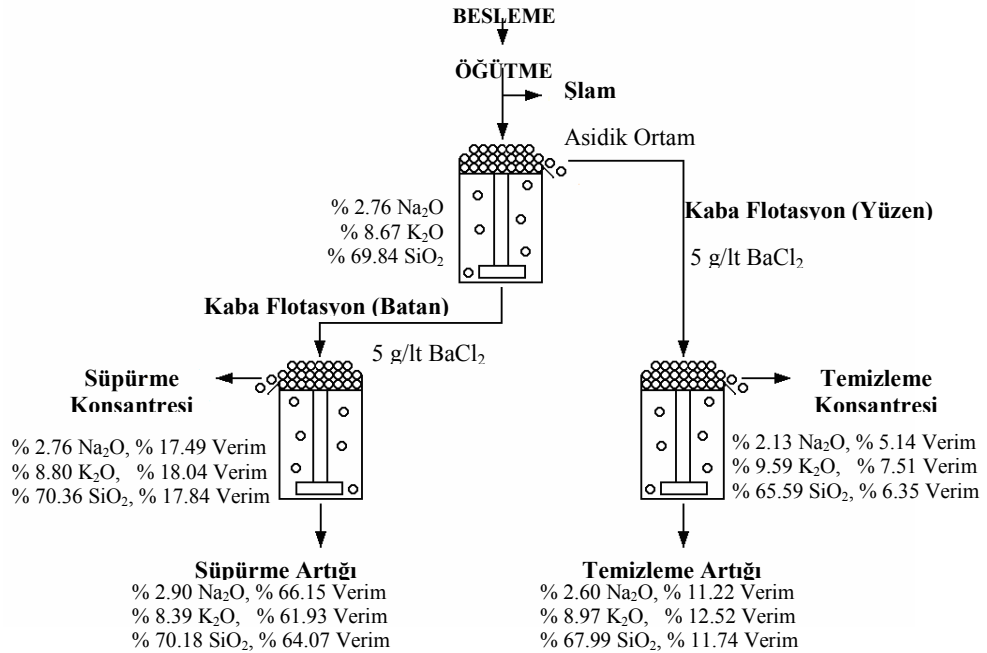
Şekil 6.27. HF'li ortamda temizleme ve süpürme devresine 0.5 g/l $BaCl_2$ ilavesinin tenör ve verimlere etkisi



Şekil 6.28. HF'li ortamda temizleme ve süpürme devresine 1 g/l $BaCl_2$ ilavesinin tenör ve verimlere etkisi



Şekil 6.29. HF'li ortamda temizleme ve süpürme devresine 3 g/lit BaCl₂ ilavesinin tenör ve verimlere etkisi

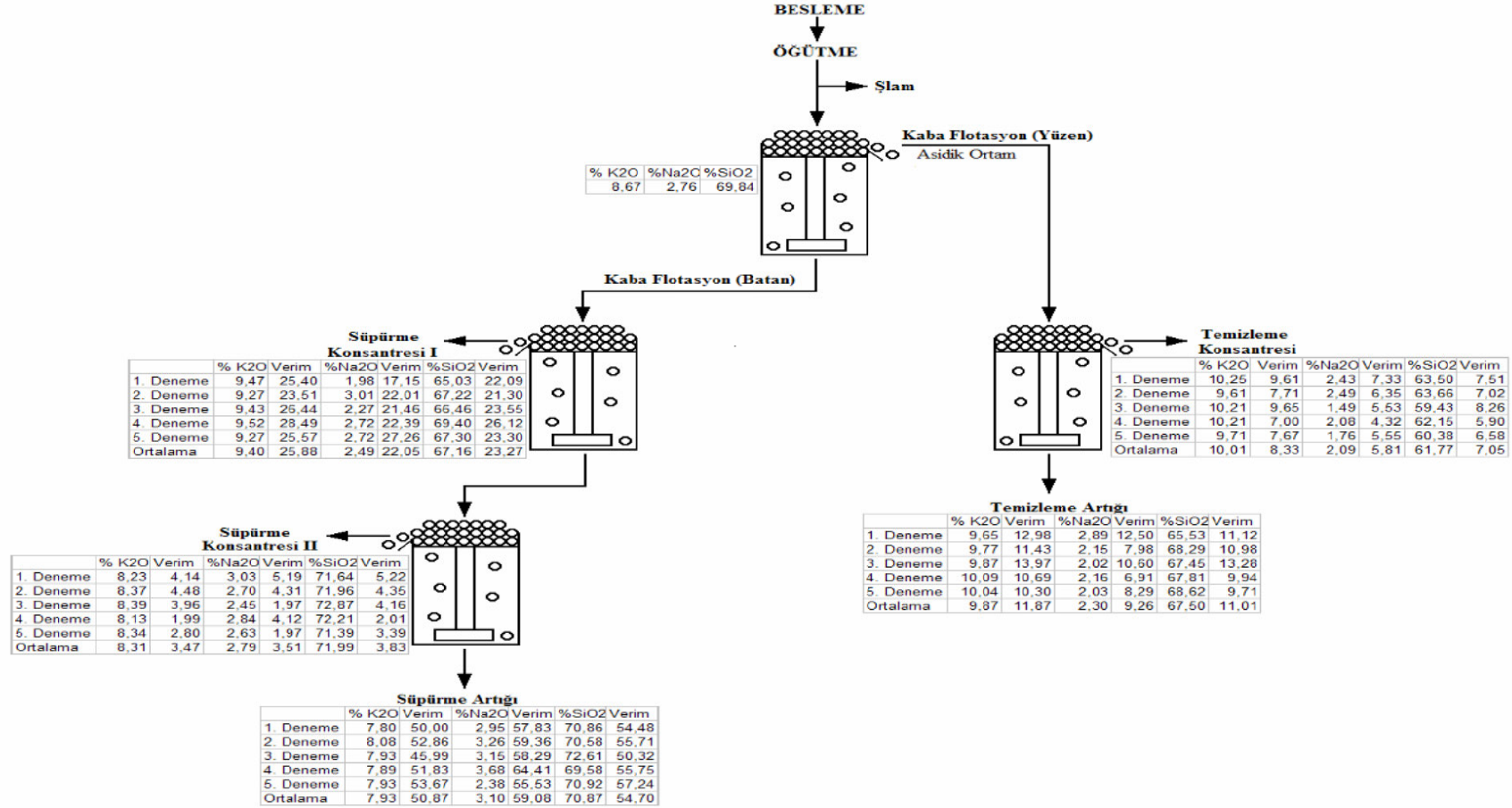


Şekil 6.30. HF'li ortamda temizleme ve süpürme devresine 5 g/lit BaCl₂ ilavesinin tenör ve verimlere etkisi

Süpürme devresinde yüksek Na_2O ve düşük K_2O tenörü açısından en iyi sonuçlar 0.5 g/lt BaCl_2 ilavesi ile elde edilmiştir. Temizleme devresinde en yüksek K_2O tenörü 3 g/lt BaCl_2 ilavesi ile elde edilmiştir.

HF'li ortamda 0.5 g/t BaCl_2 ilavesi ile süpürme devresinde % 2.68 Na_2O , % 9.08 K_2O tenörlü süpürme konsantresi, % 2.97 Na_2O , % 8.35 K_2O tenörlü süpürme artığı elde edilmiştir. HF'li ortamda 3 g/t BaCl_2 ilavesi ile temizleme devresinde % 2.29 Na_2O , % 9.98 K_2O tenörlü temizleme konsantresi, % 2.43 Na_2O , % 9.40 K_2O tenörlü temizleme artığı elde edilmiştir. Elde edilen temizleme konsantresinde alkali toplamı % 12.27 ve $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranı 4.36'dır. Buradan Na_2O ve K_2O arasında seçimli bir ayırımın olduğu görülmektedir. K-feldspatın yüzen üründe, Na-feldspatın batan üründe gelmesi ile selektif bir ayırım gözlenmiştir.

HF'li ortamda dallanma tekniği ile en iyi tenör ve verim açısından süpürme devresine 0.5 g/lt BaCl_2 , temizleme devresine 3 g/lt BaCl_2 ilavesi ile yapılan 5 deneme sonucunda; temizleme devresinde % 10.01 K_2O , % 2.09 Na_2O tenörlü temizleme konsantresi, % 9.87 K_2O , % 2.30 Na_2O tenörlü temizleme artığı elde edilmiştir. Konsantrenin alkali toplamı % 12.1 ve $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranı 4.79'dur. Süpürme devresinde ise % 8.31 K_2O , % 2.79 Na_2O tenörlü süpürme konsantresi ve % 7.93 K_2O , % 3.10 Na_2O tenörlü artık elde edilmiştir.



Şekil 6.31. HF'li ortamda dallanma tekniği ile yapılan denemelerin tenör ve verimlere etkisi

7. SONUÇLAR

Bu çalışma, Na ve K feldspatın flotasyon yöntemi ile kuvarstan seçimli olarak ayrılmasını amaçlamaktadır. Bu amaca yönelik olarak öncelikle farklı numuneler üzerinde mikroflotasyon deneyleri ile minerallerin yüzme davranışları hakkında bilgi edinilmiş ve elektrokinetik ölçümler ile cevherdeki kuvars ve ortozun yüzey yükleri tespit edilmiştir. Daha sonra bu veriler değerlendirilerek flotasyon çalışmalarına geçilmiştir. Denver flotasyon çalışmalarında öğütme süresi, G-TAP, HF, çamyacı, tek ve çift değerlikli tuz miktarlarının seçimli ayırma etkileri araştırılmış ve parametrelerin optimum miktarları tespit edilmiştir. En son aşamada Denver flotasyon hücresi ile dallanma tekniği yöntemi kullanılarak temizleme ve süpürme flotasyonu yapılmıştır. Yapılan bu deneyler sonucunda elde edilen veriler aşağıda sıralanmaktadır.

Deneylerde kullanılan numunelerin mineralojik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda;

- Denver flotasyon deneylerinde kullanılan cevherde XRD analizlerine göre ortoz, mikroklin, albit, kuvars, diopsit, wollastonit mineralleri tespit edilmiştir.
- İnce kesit görüntülerinden cevherde ana mineraller olarak kuvars ve feldspat daha az oranlarda ise opak mineraller ve albit tespit edilmiştir.
- Nevşehir-Gülşehir'den temin edilen cevherde % 8.67 K₂O, % 2.76 Na₂O, % 14,60 Al₂O₃, % 69.84 SiO₂, % 0.14 CaO, % 0.02 TiO₂, % 0.40 Fe₂O₃ ve % 0.30 Ateş Zaiyatı tespit edilmiş, K₂O/Na₂O oranının 3.14 olduğu bulunmuştur.
- Mikroflotasyon ve Zeta potansiyel ölçümlerinde kullanılan temiz Nevşehir Kuvarsının % 99 SiO₂, temiz Nevşehir Ortozunun % 10.85 K₂O ve % 1.7 Na₂O içerdiği kimyasal analizle tespit edilmiştir.
- Minerallerin serbestleşme boyunu tespit etmek amacıyla yapılan öğütme deneylerinde flotasyonda kullanılan 35 dakika öğütme süresinde, malzemenin % 80'inin 150 µm altına geçtiği saptanmıştır.

Mikroflotasyon çalışmaları sonucunda elde edilen sonuçlarda;

- Nevşehir Kuvarısı-Nevşehir Ortozu ayırımında doğal pH ve 1,36 mg/lit G-TAP konsantrasyonunda ayırım miktarı % 35,41 iken, NaCl ilavesi ile ayırım miktarı

giderek azalmıştır. Buna karşın KCl ilavesi ile ayırım miktarı 5×10^{-3} M KCl konsantrasyonunda % 77,05'e yükselmiştir.

- Doğal ortamda çift değerlikli tuzlar ile elde edilen mikroflotasyon sonuçları hem BaCl_2 ile hem de CaCl_2 ile % 80'lere varan Nevşehir Kuvarısı-Nevşehir Ortozu seçimli ayırımının yapılabildiği tespit edilmiştir.
- Çift değerlikli tuzlarla yapılan mikroflotasyon deneyi sonuçlarına göre Nevşehir Kuvarısı-Nevşehir Ortozu ayırımı için hem BaCl_2 , hem de CaCl_2 , Albit-Nevşehir Ortozu ayırımı için CaCl_2 , Nevşehir Kuvarısı-Albit ayırımı için BaCl_2 etkin görülmektedir.

Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozunun yapılan zeta potansiyel ölçümleri sonucuna göre;

- 10^{-3} M BaCl_2 konsantrasyonunda Nevşehir Kuvarısı-Nevşehir Ortozu için negatifitenin arttığı tespit edilmiştir. Nevşehir Kuvarısı-Nevşehir Ortozu minerallerinin yüzey yükleri arasındaki fark bu noktada 24.18 mV ulaşmaktadır. Dolayısı ile bu iki mineralin birbirinden ayrılması mümkün görülmektedir.
- Yine 10^{-3} M CaCl_2 konsantrasyonunda Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu için negatifitenin arttığı görülmektedir. Nevşehir Kuvarısı-Nevşehir Ortozu minerallerinin yüzey yükleri arasındaki fark bu noktada 6.08 mV ulaşmaktadır.
- Zeta potansiyel sonuçları mikroflotasyon sonuçları ile uyum içerisindedir.

Manyetik ayırma deneyi ile % 0.40 Fe_2O_3 tenörlü cevherden % 0.275 Fe_2O_3 tenörlü feldspat konsantresi, % 41.2 uzaklaştırma verimi ile elde edilmiştir. Denver flotasyon deneylerinde manyetik ayırmadan geçirilen bu ön feldspat konsantresi kullanılmıştır.

Tespit edilen bu bilgiler ışığında doğal ve HF'li ortamda Denver flotasyon çalışmalarına geçilmiştir. Flotasyon deneyleri sonucunda,

- Artan G-TAP miktarı ile doğal ve HF'li ortamda, verimlerde belirgin farklılık görülmezken, 150g/t G-TAP ile HF'li ortamda % 9,63 K_2O , % 2.65 Na_2O tenörlü konsantre elde edilmiştir.
- Artan HF miktarı ile tenörlerde artma gözlenirken verimlerde belirgin farklılık görülmemiştir. 1000 g/t HF ile % 34.85 K_2O verimiyle % 9.63 K_2O tenörü, % 30.66 Na_2O verimiyle % 2.65 Na_2O tenörü konsantre elde edilmiştir.

- Doğal ve HF'li ortamda çamyacı kullanılmadığı durumlarda malzeme yüzmez iken, çamyacı kullanıldığında malzemenin yüzdüğü ve verimlerinde arttığı gözlenmiştir. Doğal ortamda 0.01 ml çamyacı ile % 59.78 Na₂O verimiyle % 2.15 Na₂O tenörlü, % 81.17 K₂O verimiyle % 9.17 K₂O tenörlü konsantre elde edilmiştir. HF'li ortamda 0.08 ml çamyacı ile % 27.62 Na₂O verimiyle % 2.91 Na₂O tenörlü, % 30.35 K₂O verimiyle % 10.22 K₂O tenörlü konsantre elde edilmiştir.
- 3 g/lt NaCl ilavesiyle HF'li ortamda % 31.64 K₂O verimiyle, % 10.17 K₂O tenörlü, % 25.73 Na₂O verimiyle % 2.59 Na₂O tenörlü feldspat konsantresi elde edilmiştir.
- 1 g/lt KCl ile HF'li ortamda % 27.49 Na₂O kazanma verimiyle % 2.99 Na₂O tenörlü, % 25.74 K₂O verimiyle % 9.65 K₂O tenörlü konsantre elde edilmiştir. 1 g/lt KCl ilavesinde HF'li ve doğal ortamda Na₂O ve K₂O tenörleri birbirine yakındır.
- 3 g/lt CaCl₂ ilavesi ile %19.77 Na₂O verimiyle % 2.95 Na₂O tenörlü, 21.66 K₂O verimiyle % 10.33 K₂O tenörlü konsantre elde edilmiştir.
- 3 g/lt BaCl₂ ile HF'li ortamda % 25.9 Na₂O verimiyle % 3.49 Na₂O tenörlü, % 24.20 K₂O verimiyle % 10.42 K₂O tenörlü feldspat konsantresi elde edilmiştir.
- Na₂O tenörü açısından HF'li ortamda sırasıyla BaCl₂, KCl, CaCl₂, NaCl tuzlarının etkili olduğu, doğal ortamda ise BaCl₂'ün diğer tuzlara göre daha etkili olduğu bulunmuştur.
- HF'li ortamda BaCl₂, KCl, NaCl ile Na₂O verimleri birbirine çok yakınken, en düşük verim CaCl₂ ile elde edilmiştir. Doğal ortamda ise KCl, CaCl₂, NaCl, BaCl₂ sıralaması olduğu bulunmuştur.
- K₂O tenörü açısından HF'li ortamda BaCl₂, CaCl₂, NaCl, KCl, doğal ortamda ise CaCl₂, BaCl₂, KCl, NaCl sıralaması olduğu tespit edilmiştir.
- K₂O verimi açısından HF'li ortamda NaCl, KCl, BaCl₂, CaCl₂, doğal ortamda ise KCl, CaCl₂, NaCl, BaCl₂ sıralaması olduğu tespit edilmiştir.
- Tüm bu veriler ışığında yüksek % Na₂O ve % K₂O, düşük % SiO₂ tenörü açısından en uygun tuz olarak BaCl₂ görülmektedir.

- Tüm deneylerde doğal ortamdaki tenörlerin HF'li ortamdakilere göre daha düşük, doğal ortamdaki verimlerin HF'li ortamdaki verimlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Mikroflotasyon sonuçları ile Denver flotasyon sonuçları birbirleriyle uyum içerisindedir. BaCl₂ etkisini seçimli ayırırda görebilmek amacıyla Denver flotasyon hücresinde dallanma tekniği ile yapılan deney sonuçlarında;

- HF'li ortamda 3 g/t BaCl₂ ilavesi ile temizleme devresinde % 2.29 Na₂O, % 9.98 K₂O tenörlü temizleme konsantresi, % 2.43 Na₂O, % 9.40 K₂O tenörlü temizleme artığı elde edilmiştir. Elde edilen temizleme konsantresinde alkali toplamı % 12.27 ve K₂O/Na₂O oranı 4.36'dır. Buradan Na₂O ve K₂O arasında seçimli bir ayırımın olduğu görülmektedir. Konsantre bu değerlerle endüstrinin ihtiyaçlarını karşılayabilecek niteliktedir.
- HF'li ortamda 0.5 g/t BaCl₂ ilavesi ile süpürme devresinde % 2.68 Na₂O, % 9.08 K₂O tenörlü süpürme konsantresi, % 2.97 Na₂O, % 8.35 K₂O tenörlü süpürme artığı elde edilmiştir.
- HF'li ortamda dallanma tekniği ile süpürme devresine 0.5 g/l BaCl₂, temizleme devresine 3 g/l BaCl₂ ilavesi ile yapılan 5 deneme sonucunda; temizleme devresinde % 10.01 K₂O, % 2.09 Na₂O tenörlü temizleme konsantresi, % 9.87 K₂O, % 2.30 Na₂O tenörlü temizleme artığı elde edilmiştir. Konsantrenin alkali toplamı % 12.1 ve K₂O/Na₂O oranı 4.79'dur. Süpürme devresinde ise % 8.31 K₂O, % 2.79 Na₂O tenörlü süpürme konsantresi ve % 7.93 K₂O, % 3.10 Na₂O tenörlü artık elde edilmiştir.

Mikroflotasyonda Ba⁺² ve Ca⁺² ile % 80'lere varan kuvars-ortoz ayrımı kuvarsin yüzey yükünün daha negatif olmasından kaynaklanmaktadır. Buna karşılık Denver flotasyon deneylerinde HF'li ortamda yüzey yükü daha negatif olan kuvars bastırılmakta ve ortoz yüzdürülmeye çalışılmaktadır. Yani daha negatif olan kuvars HF'li ortamda bastırılmakta, yüzme özelliği az olan ortoz yüzdürülmeye çalışılmaktadır. Bu durum ortozun düşük verimle yüzmesinin bir nedeni olarak gösterilebilir. Bununla beraber feldspat yüzme verimini yükseltmek amacıyla diğer ticari toplayıcıların denenmesi gerektiği açıktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Akar, A., 1987, Endüstriyel hammaddeler ve zenginleştirme yöntemleri, D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. s. 211
- [2] Akar, A., Kemal, M., Malayoğlu, U., Serankaya, A., 1994, Gördes – Köprübaşı (Manisa) feldspatlarının flotasyonla zenginleştirilmesinin araştırılması, 15. Yıl Sempozyumu, Çukurova Üniversitesi, s.459-471
- [3] Ardha, N.,Atangsaputra.K., 1998, ‘Tesis of new flotation technique for feldspar-quartz seperation from feldspatic sand’, Mineral Technology research and Development Center, Bandung, Indonesia.
- [4] Atak, S., 1974, Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması, İ.T.Ü. Müh.- Mim Fak. Sayı 101,İstanbul s. 221
- [5] Aydın, N., 1991, Orta Anadolu masifi Akçataş Granitinin (Nevşehir) petrografik özellikleri, MTA Dergisi, Sayı 112, s:117-133, Ankara
- [6] Bayraktar, İ., Ersayın, S., Gülsoy, Ö. Y., Ekmekçi, Z., Can, M., 1999, Temel Seramik ve Cam Hammaddelerimizdeki (Feldspat, Kuvars ve Kaolin) Kalite Sorunları ve Çözüm Önerileri, 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 22-33
- [7] Bayraktar, İ., Gülsoy, Ö. Y., Can, N. M., Orhan, E. C., 2001, Feldspatların Zenginleştirilmesi, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, s. 97-105, İzmir
- [8] Bentli, İ., Demir, C., Gülgönül, İ., Çelik, M. S., 2004, Na-Feldspat ve K-Feldspatın Flotasyonla Ayrımında Ca^{++} İyonlarının Etki Mekanizması, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 210-215
- [9] Bilir, K., Öteyaka, B., Uçbaş, Y., Bozkurt, R., Süer, Ü., 1997, Modifiye Flotasyon Kolonunda İri Taneli Feldspatların Zenginleştirilmesi, 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 253-261
- [10] Bozdoğan, İ., Türkistanlı, A., Yapa, N., 1992, Milas – Çine Yöresi Albit Cevherlerinin Özellikleri ve Flotasyon Yöntemiyle Zenginleştirilmesi, 4. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu Bildiriler Kitabı Cilt 2, Antalya, s. 563-575
- [11] Bozkurt, V., Uçbaş, Y., Koca, S., İpek, H., 2004, Yeni Bir Feldspat Kaynağı: Trakit, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 318-322
- [12] Çuhadaroğlu, D., Okur, E., Toroğlu, İ., 1992, Karacaören (Simav) Alkali Feldspatlarının zenginleştirilme Olanaklarının Araştırılması, 4. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu Bildiriler Kitabı Cilt 2, Antalya, s. 665-675
- [13] Demir, C., Ersoy, B., Çelik, M. S., 2001, Flüorürlü Ortamda Na-Feldspat / K-Feldspat Ayrımı, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 112-117
- [14] Demir, C., 2001, Sodyum ve potasyum feldspatların flotasyonla ayrımında inorganik tuzların etki mekanizması, Doktora Tezi, İ.T.Ü.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- [15] El-Salmavy, M.S., Nakahiro, Y., Wakamatsu, T., 1993, The role of alkaline earth cation flotation separation of quartz from feldspar, *Minerals Engineering*, 6, p. 1231-1243
- [16] Erdoğan, E., 1999, Feldspat ve Madencilik Altyapı Problemleri, 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 6-10
- [17] Gence, N., 1997, Feldspat Flotasyonu, Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi C.X, S.2, Eskişehir, s. 1-11
- [18] Geredeli, A., 1995, Özbayoğlu, G., Simav Feldspatının Flotasyonu, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 71-81
- [19] Gülgönül, İ., 2004, Sodyum ve Potasyum Feldspatların Katyonik Flotasyon Yöntemiyle Ayırımında Tek ve Çift Değerlikli İyonların Etki Mekanizmaları, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- [20] Gülsoy, Ö. Y., Kılavuz, F. Ş., , 2002, Potasyum Feldspat Kuvars Flotasyonunda Toplayıcı Olarak Metal Tuzları ile Birlikte Na-Oleat Kullanımı, *Madencilik Dergisi*, s. 22-33
- [21] Hızal, M., 1997, Potasyum Feldspatların Dünyü, Bugünü ve Yarını, 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 31-39
- [22] Kalyon, D., Gülsoy, Ö. Y., 2005, 'Feldspat-Kuvars ayırımında hidroflorik asit kullanılmayan flotasyon yöntemlerinin karşılaştırılması', *Yer Bilimleri* 26(1), 49-59.
- [23] 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, Hoşten, Atalay, Hiçyılmaz & Arol, 8th International Mineral Processing Symposium, Printed in Balkema, 16-18 October 2000, Antalya, pp 331-334.
- [24] Karagüzel, C., 2005, 'Na-K feldspat minerallerinin flotasyon yöntemi ile ayırımında hidrofobiteyi etkileyen parametreler, Doktora Tezi', Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- [25] Kılavuz, F., 2000, Feldspat – Kuvars Flotasyonunda Metal İyonlarının Seçimliliğe Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara
- [26] Klyachin, V.V., Danisova, N.N., Kropanev, S.I., 1969, Mineral exploration, mining and processing patents, SSCB Patent No: 213.724.
- [27] Kulaksız, S., Özçelik, Y., 1997, Türkiye ve Dünyada Feldspat Üretim – Fiyat Değişimi ve Politikası, 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 40-43
- [28] Malayoğlu, U., Koralay, E., Seyrankaya, A., Yenice, H., 2004, Curalar Köyü (Buldan–Denizli) Meta- Aplit Oluşumları ve Feldspat Hammaddesi Olarak Değerlendirme Olanakları, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 418-425

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- [29] Manser, R.M., 1975. 'Handbook of silicate flotation', Warren Spring laboratory, Stevanage, England.
- [30] Okur, E., Önal, G., 1984, Simav – Dağardı Feldspatlarının Flotasyon Yolu ile Zenginleştirilmesi, 4. Balkan Ülkeleri Cevher Hazırlama Kongresi, Beşiktaş İstanbul, s. 137-147
- [31] Okur, E., 1985, Simav - Dağardı Feldspatlarının Elektrostatik Ayırma ile Zenginleştirilmesi, Anadolu Üniveritesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Cilt II, Sayı 2, Eskişehir, s. 61-68
- [32] Orhan, E.C., Bayraktar, İ., 2005, Amine-oleat interactions in feldspar flotation, Minerals Engineering, In Press, Corrected Proof, Available online 28 July 2005,
- [33] Özkan, Ş. G., Kurşun, İ., İpekoğlu, B., 2001, Trakya Bölgesi Kuvars Kumlarından Feldspat Uzaklaştırılması İçin Yeni Bir Flotasyon Yaklaşımı, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 278-282
- [34] Rao, K.H., Forsberg, K.S.E., 1993. 'Solution chemistry of mixed cationic /anionic collectors and flotation separation of feldspar from quartz', XVIII International Mineral Processing Congress, Sydney, Australia, 23-28 May.
- [35] Revniltzev, V.I., 1968, ' Flotation separation of minerals of the isomorphous group of feldspars', 8th Int. Min. Process. Cong., Leningrad.
- [36] Seyrankaya, A., Akar, A., Güler, E., Akar, G., 1997, Aydın-Çine ve Muğla-Milas Feldspatlarının Flotasyonla Zenginleştirilmesi, 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 236-246
- [37] Seyrankaya, A., 2003, Muğla - Milas Yöresi Albit Cevherlerinden Mika ve Ağır Minerallerin Flotasyon ile Uzaklaştırılması, DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt 5 Sayı 3, İzmir
- [38] Shelkova, S.A., Egorov, A.M., Repina, E.B., Gerasimova, N.I., 1979, 'Selective system for the preparation of concentrates from feldspathic pegmatites', Steklo Keram., 5, p. 17-19.
- [39] Sönmez, E., 1997, Öteyaka, B., Çuhadaroğlu, D., Feldspat Artıklarının Manyetik Ayırmayla Zenginleştirilebilirliğinin Araştırılması, 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 267-271
- [40] Sümer, G., Kaya, M., 1995, Aydın – Çine Feldspatlarının Flotasyon ile Zenginleştirilmesi, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 59-69
- [41] Uhlig, D., 1985. 'Relationship between properties and flotation behaviour of feldspars', XV. Int. Min. Proc. Cong., Cannes, France, Vol.2, 265-277.
- [42] Ütine, T., 1987, Köpüklü Yüzdürme ile Feldspat / Kuvars Ayırımında Yüzey Kimyası, Madencilik Dergisi, Sayı 4, s. 7-21

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- [43] Vidyadhar,A., Hanumantha Rao, K. And Forssberg, K.S.E., 2002, ‘ Adsorption of N-Tallow 1,3-Propanediamine-Diolate collector on albite and quartz minerals, and selective flotation of albite from Grek Stefania Feldspar Ore’, Journal of Colloid and Interference Science, 248, p. 19-29.
- [44] 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.
- [45] Yurt Madenciliği Geliştirme Vakfı, 1999, Türkiye Dolomit Envanteri, Feldspat, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği, s. 50
- [46] <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/sanayiha/oik622.pdf>, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 2001, Ankara, s. 86-117

Ek 1. Çeşitli öğütme sürelerinde elde edilen elek analiz sonuçları

Tane Boyu, µm	20 Dakika	25 Dakika	30 Dakika	35 Dakika	40 Dakika	50 Dakika
330.000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
300.000	92.55	96.71	100.00	100.00	100.00	100.00
270.000	86.73	93.58	96.32	100.00	100.00	100.00
250.000	81.88	88.64	92.53	95.22	97.65	100.00
224.040	76.34	85.05	88.32	91.49	94.74	98.87
202.364	72.53	81.34	85.06	88.74	92.76	97.84
182.786	68.56	77.33	81.42	85.69	90.38	96.47
165.100	64.50	73.08	77.45	82.56	87.60	94.69
149.125	60.42	68.68	73.20	78.00	84.42	92.49
134.698	56.40	64.21	68.76	74.81	80.88	89.85
121.666	52.48	59.76	64.22	70.22	77.04	86.77
109.595	48.74	55.42	59.65	65.88	72.98	83.30
100.000	45.46	51.55	55.47	62.76	69.08	79.78
99.262	45.21	51.26	55.15	61.30	68.77	79.48
89.658	41.93	47.33	50.81	57.48	64.50	75.39
80.984	38.91	43.67	46.68	53.77	60.26	71.42
75.000	36.82	41.12	43.75	50.33	57.12	67.83
73.149	36.17	40.32	42.83	49.41	56.12	66.75
66.071	33.69	37.27	39.29	45.56	52.14	62.38
63.000	32.68	35.96	37.74	43.52	50.35	60.36
59.679	31.45	34.50	36.07	42.03	48.38	58.09
53.905	29.43	32.06	33.17	38.74	44.85	53.93
48.689	27.80	29.83	30.56	35.96	41.58	48.97
45.000	26.29	28.25	28.74	33.98	39.22	47.35
43.979	25.92	27.82	28.24	33.22	38.57	46.23
39.724	24.37	25.99	25.15	30.50	35.79	42.72
35.380	22.91	24.30	24.27	28.50	33.24	39.47
32.409	21.59	22.73	22.56	26.67	30.85	36.46
29.273	20.22	21.26	20.88	24.56	28.70	33.68
28.000	19.66	20.64	20.34	23.95	27.80	32.68
26.441	18.95	19.83	19.53	22.81	25.67	31.11
23.883	17.72	18.52	18.17	21.54	24.77	28.73
22.000	16.77	17.48	17.13	20.20	23.32	26.93
21.572	16.54	17.25	16.89	19.50	22.99	26.52
19.485	15.40	16.02	15.67	18.00	21.30	24.47
17.600	14.30	14.85	14.51	17.50	19.01	22.65
15.897	13.24	13.73	13.41	15.98	18.20	20.77
14.359	12.24	12.67	12.36	14.79	16.77	19.09
12.970	10.28	11.66	11.37	14.58	15.42	17.53
11.715	10.37	10.70	10.44	12.43	14.14	16.08
10.581	9.52	9.80	9.56	10.98	12.94	14.69
10.000	9.07	9.33	9.09	10.50	12.31	13.97
9.558	8.71	8.96	8.73	10.20	11.83	13.40
8.633	7.96	8.17	7.95	9.50	10.75	12.21

Ek 1. Çeşitli öğütme sürelerinde elde edilen elek analiz sonuçları (devam)

Tane Boyu, µm	20 Dakika	25 Dakika	30 Dakika	35 Dakika	40 Dakika	50 Dakika
7.798	7.25	7.42	7.22	8.58	9.76	11.08
6.362	5.94	6.07	5.89	6.97	7.96	9.04
5.748	5.34	5.45	5.28	6.79	7.14	8.11
5.000	4.58	4.66	4.51	5.50	6.10	5.93
4.235	3.73	3.79	3.86	4.01	4.95	5.83
3.825	3.24	3.30	3.18	3.60	4.30	4.90
3.121	2.35	2.39	2.30	2.90	3.12	3.54
2.819	1.94	1.98	1.91	2.30	2.59	2.95
2.546	1.57	1.60	1.54	1.86	2.10	2.39
2.077	0.92	0.94	0.90	1.13	1.24	1.42
1.876	0.66	0.67	0.64	0.75	0.88	1.01
1.531	0.24	0.25	0.23	0.26	0.33	0.38
1.383	0.11	0.11	0.11	0.13	0.15	0.18
1.249	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04

Ek 2. Doğal pH’ da G-TAP konsantrasyonuna bağlı olarak tüm numunelerin mikroflotasyon verimleri

G-TAP Miktarı mg/l	Albit	Ortoz	Mikroklin	Mısır Ortozu	Hindistan Ortozu	Bilecik Feldspatı	Nevşehir Kuvarısı	Nevşehir Ortozu
0.34	26.03	18.99	42.55	26.32	24.39	17.00	56.99	49.50
0.68	29.66	22.47	76.53	19.59	53.66	16.49	90.60	61.29
1.02	65.70	21.87	94.68	42.71	93.81	24.49	93.91	50.54
1.36	90.48	27.33	95.88	80.61	95.79	19.39	94.92	59.51
1.7	95.68	35.70	95.83	90.91	96.91	22.68	94.84	70.67
2.04	94.76	66.40	94.90	93.88	94.90	22.45	97.29	83.25
2.38	98.92	78.10	96.84	92.93	97.92	22.34	96.58	88.69
2.72	98.34	87.07	94.68	98.94	94.79	21.65	96.76	90.30
3.06	98.18	92.00	94.56	95.88	94.90	36.84	97.32	90.64
3.4	97.79	93.19	94.38	96.97	95.96	32.99	96.62	90.15

Ek 3. NaCl konsantrasyonuna bağlı olarak elde edilen minerallerin mikroflotasyon sonuçları

NaCl Miktarı, M	Albit	Ortoz	Mikroklin	Mısır Ortozu	Hindistan Ortozu	Bilecik Feldspatı	Nevşehir Kuvarısı	Nevşehir Ortozu
1×10^{-6}	90.48	27.33	95.88	80.61	95.79	19.39	94.92	59.51
1×10^{-4}	97.31	32.99	96.57	94.79	94.68	22.22	90.18	62.84
5×10^{-4}	97.48	32.99	97.07	93.55	95.96	27.66	90.10	61.95
1×10^{-3}	98.30	28.43	99.40	92.00	91.84	31.58	89.02	64.76
5×10^{-3}	98.29	27.84	96.47	94.85	94.90	18.09	89.64	58.51
1×10^{-2}	98.25	23.16	93.52	89.69	95.00	19.15	88.53	58.29
5×10^{-2}	94.79	27.72	95.65	77.32	82.65	21.05	86.60	57.44
1×10^{-1}	94.52	26.80	94.06	70.10	84.54	27.00	83.97	61.32
5×10^{-1}	49.77	42.42	89.55	30.61	37.11	22.11	72.02	64.83
1		30.69		33.33	18.37	30.21		
2		26.73		36.19	32.35	30.00		
3		20.54		36.36	51.38	36.36		

Ek 4. KCl konsantrasyonuna bağı olarak elde edilen minerallerin mikroflotasyon sonuçları

KCl Miktarı, M	Albit	Ortoz	Mikroklin	Mısır Ortozu	Hindistan ortozu	Bilecik Feldspatı	Nevşehir Kuvarısı	Nevşehir Ortozu
1×10^{-6}	90.48	27.33	95.88	80.61	95.79	19.39	94.92	59.51
1×10^{-4}	96.23	38.95	53.05	96.59	94.51	21.05	95.02	66.73
5×10^{-4}	93.63	41.00	60.87	97.24	95.34	20.43	91.65	30.25
1×10^{-3}	96.31	38.46	65.04	93.86	95.35	22.11	93.33	27.34
5×10^{-3}	96.06	34.07	82.37	88.77	88.31	21.88	93.23	16.18
1×10^{-2}	94.53	29.47	78.75	66.25	84.61	28.89	79.56	14.29
5×10^{-2}	87.92	20.65	72.42	20.53	27.70	20.83	76.02	29.38
1×10^{-1}	83.09	20.65	79.36	23.46	19.68	21.43	64.32	25.92
5×10^{-1}	48.29	27.96	82.42	22.64	26.03	20.20	42.14	36.59
1		26.6				28.00		
2		23.16				25.49		

Ek 5. Tek değerlikli tuz konsantrasyonlarında Albit ve Nevşehir Ortozu ayrılabilirliği

Tuz Konsantrasyonu, M	Ayrılabilirlik, %	
	KCl	NaCl
1×10^{-6}	30.97	30.97
1×10^{-4}	29.50	34.47
5×10^{-4}	63.38	35.53
1×10^{-3}	68.97	33.54
5×10^{-3}	79.88	39.78
1×10^{-2}	80.24	39.96
5×10^{-2}	58.54	37.35
1×10^{-1}	57.17	33.20
5×10^{-1}	11.70	0

Ek 6. Tek değerlikli tuz konsantrasyonlarında Albit ve Nevşehir Kuvarısının ayrılabilirliği

Tuz Konsantrasyonu, M	Ayrılabilirlik, %	
	KCl	NaCl
1×10^{-6}	0	0
1×10^{-4}	1.21	7.13
5×10^{-4}	1.98	7.38
1×10^{-3}	2.98	9.28
5×10^{-3}	2.83	8.65
1×10^{-2}	14.97	9.72
5×10^{-2}	11.90	8.19
1×10^{-1}	18.77	10.55
5×10^{-1}	6.15	0

Ek 7. Tek değerlikli tuz konsantrasyonlarında Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozu'nun ayrılabilirliği

Tuz Konsantrasyonu, M	Ayrılabilirlik, %	
	NaCl	KCl
1×10^{-6}	35.41	35.41
1×10^{-4}	27.34	28.29
5×10^{-4}	28.15	61.40
1×10^{-3}	24.26	65.99
5×10^{-3}	31.13	77.05
1×10^{-2}	30.24	65.27
5×10^{-2}	29.16	46.64
1×10^{-1}	22.65	38.40
5×10^{-1}	7.19	5.55

Ek 8. BaCl₂ konsantrasyonuna bağlı olarak minerallerin yüzme verimleri

BaCl ₂ Miktarı, M	Yüzme Verimi, %			
	Nevşehir Kuvarısı	Nevşehir Ortozu	Albit	Mikroklin
1×10^{-6}	94.92	59.51	90.48	95.88
1×10^{-4}	94.24	43.74	61.68	80.47
5×10^{-4}	94.89	31.16	50.10	75.23
1×10^{-3}	95.24	23.49	48.88	75.31
5×10^{-3}	91.70	24.32	38.89	66.09
1×10^{-2}	86.14	16.63	34.20	62.51
5×10^{-2}	54.33	16.25	26.80	55.62
1×10^{-1}	50.34	25.86	19.38	61.45
5×10^{-1}	49.07	43.72	23.63	67.78

Ek 9. CaCl₂ konsantrasyonuna bağlı olarak minerallerin yüzme verimleri

CaCl ₂ Miktarı, M	Yüzme Verimi, %			
	Albit	Mikroklin	Nevşehir Kuvarısı	Nevşehir Ortozu
1×10^{-6}	90.48	95.88	94.92	59.51
1×10^{-4}	92.80	96.73	93.55	52.49
5×10^{-4}	91.52	97.44	95.85	52.86
1×10^{-3}	90.85	96.28	95.19	44.86
5×10^{-3}	87.15	95.58	94.30	24.79
1×10^{-2}	78.70	93.79	95.97	19.85
5×10^{-2}	37.99	90.45	31.05	14.65
1×10^{-1}	29.23	81.22	25.64	10.64
5×10^{-1}	21.15	47.49	25.03	23.88

Ek 10. Çift değerlikli tuz konsantrasyonlarında Abit ve Nevşehir Ortozunun ayrılabilirliği

Tuz Konsantrasyonu, M	Ayrılabilirlik, %	
	BaCl ₂	CaCl ₂
1x10 ⁻⁶	30.97	30.97
1x10 ⁻⁴	17.94	27.27
5x10 ⁻⁴	18.94	38.66
1x10 ⁻³	25.39	45.99
5x10 ⁻³	14.57	62.36
1x10 ⁻²	17.57	58.85
5x10 ⁻²	10.55	23.34
1x10 ⁻¹	0	18.59
5x10 ⁻¹	0	0

Ek 11. Çift değerlikli tuz konsantrasyonlarında Nevşehir Kuvarısı ve Albitin ayrılabilirliği

Tuz Konsantrasyonu, M	Ayrılabilirlik, %	
	BaCl ₂	CaCl ₂
1x10 ⁻⁶	4.44	4.44
1x10 ⁻⁴	32.56	13.79
5x10 ⁻⁴	44.79	4.33
1x10 ⁻³	46.36	4.34
5x10 ⁻³	52.81	7.15
1x10 ⁻²	51.94	17.27
5x10 ⁻²	27.53	2.00
1x10 ⁻¹	30.96	0
5x10 ⁻¹	25.44	3.88

Ek 12. Çift değerlikli tuz konsantrasyonlarında Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozunun ayrılabilirliği

Tuz Konsantrasyonu, M	Ayrılabilirlik, %	
	BaCl ₂	CaCl ₂
1x10 ⁻⁶	35.41	35.41
1x10 ⁻⁴	50.50	41.06
5x10 ⁻⁴	63.73	42.99
1x10 ⁻³	71.75	50.33
5x10 ⁻³	67.38	69.51
1x10 ⁻²	69.51	76.12
5x10 ⁻²	38.08	16.40
1x10 ⁻¹	24.48	15.00
5x10 ⁻¹	5.35	1.15

Ek 13. Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozunun BaCl₂ konsantrasyonuna bağlı zeta potansiyel değişimi

Tuz Konsantrasyonu, M	Zeta Potansiyel Değeri, mV	
	Nevşehir Kuvarısı	Nevşehir Ortozu
1x10 ⁻⁶	-12.9	-13.3
1x10 ⁻⁴	-9.78	-7.01
5x10 ⁻⁴	-17.10	-10.40
1x10 ⁻³	-17.70	-17.00
5x10 ⁻³	-11.70	-15.00
1x10 ⁻²	-9.38	14.80
5x10 ⁻²	15.49	24.10

Ek 14. Nevşehir Kuvarısı ve Nevşehir Ortozunun CaCl₂ konsantrasyonuna bağlı zeta potansiyel değişimi

Tuz Konsantrasyonu, M	Zeta Potansiyel Değeri, mV	
	Nevşehir Kuvarısı	Nevşehir Ortozu
1x10 ⁻⁶	-12.90	-13.30
1x10 ⁻⁴	-11.90	-14.80
5x10 ⁻⁴	-17.50	-16.20
1x10 ⁻³	-16.10	-17.80
5x10 ⁻³	-11.40	-8.85
1x10 ⁻²	-11.40	-5.32
5x10 ⁻²	7.74	-4.63

Ek 15. Manyetik ayırma sonucu konsantrelerdeki Fe₂O₃ tenör ve verimi

Tane Boyu, mm	Ağırlık %	Fe ₂ O ₃ %	Verim %
1.18	24.19	0.34	20.55
1.18-0.425	40.27	0.25	24.92
0.425-0.250	10.48	0.26	6.79
0.250-0.106	9.54	0.25	5.86
0.106-0.053	1.06	0.27	0.72
Artık	14.46	1.14	41.16
Besleme	100.00	0.40	100.00

Ek 16. Doğal ve HF'li ortamda öğütme süresinin Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi

Ortam	Öğütme Süresi, Dakika	Ürün	Ağırlık %	Na ₂ O %	Na ₂ O Verim, %	K ₂ O %	K ₂ O Verim, %	
HF	20	Konsantre	25.67	2.38	22.17	9.56	35.80	
		Artık	74.33	2.89	77.83	7.18	64.20	
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.31	100.00	
	25	Konsantre	28.74	2.48	25.86	9.27	20.34	
		Artık	71.26	2.87	74.14	9.29	79.66	
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.31	100.00	
	30	Konsantre	54.09	2.57	30.30	9.55	55.34	
		Artık	45.91	4.19	69.70	8.08	44.66	
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.31	100.00	
	35	Konsantre	32.26	2.65	30.66	9.63	33.29	
		Artık	67.74	2.83	69.34	8.18	66.71	
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.31	100.00	
	40	Konsantre	55.56	2.48	29.82	9.47	30.61	
		Artık	44.44	4.36	70.18	12.98	69.39	
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.31	100.00	
	50	Konsantre	48.64	2.64	26.55	9.46	49.33	
		Artık	51.36	3.95	73.45	8.20	50.67	
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.31	100.00	
	Doğal	20	Konsantre	89.03	2.11	68.01	8.34	79.54
			Artık	10.97	8.05	31.99	16.16	20.46
			Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
		25	Konsantre	86.37	2.01	62.85	8.42	77.93
			Artık	13.63	7.52	37.15	14.04	22.07
			Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
30		Konsantre	80.59	2.04	59.61	8.56	73.97	
		Artık	19.41	5.74	40.39	11.62	26.03	
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00	
35		Konsantre	76.00	2.15	59.20	9.02	73.48	
		Artık	24.00	4.69	40.80	9.58	26.52	
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00	
40		Konsantre	53.93	2.09	40.87	9.03	52.18	
		Artık	46.07	3.54	59.13	9.00	47.82	
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00	
50		Konsantre	55.24	2.20	44.70	9.09	53.82	
		Artık	44.76	3.41	55.30	8.94	46.18	
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00	

Ek 17. Doğal ve HF'li ortamda G-TAP miktarının Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi

Ortam	G-TAP Miktarı, g/t	Ürün	Ağırlık %	Na ₂ O %	Na ₂ O Verim %	K ₂ O %	K ₂ O Verim %
HF	100	Konsantre	26.91	2.89	29.91	9.32	30.18
		Artık	73.09	2.49	70.09	7.94	69.82
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	150	Konsantre	30.08	2.65	30.66	9.63	34.85
		Artık	69.92	2.58	69.34	7.74	65.15
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	200	Konsantre	28.80	2.51	27.80	9.38	32.51
		Artık	68.20	2.75	72.20	8.22	67.49
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	250	Konsantre	25.41	2.53	24.73	9.42	28.81
		Artık	74.59	2.62	75.27	7.93	71.19
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
Doğal	100	Konsantre	65.36	2.25	53.28	9.05	68.22
		Artık	34.64	3.72	46.72	7.95	31.78
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
	150	Konsantre	69.55	2.15	58.54	9.02	72.36
		Artık	30.45	8.37	92.32	7.87	27.64
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
	200	Konsantre	69.08	2.10	52.56	8.90	70.92
		Artık	30.92	4.23	47.44	8.16	29.08
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
	250	Konsantre	83.77	1.94	58.88	8.52	82.32
		Artık	16.23	6.99	41.12	9.44	17.68
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00

Ek 18. HF miktarının Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi

HF Miktarı g/t	Ürün	Ağırlık %	Na ₂ O %	Na ₂ O Verim %	K ₂ O %	K ₂ O Verim %
250	Konsantre	21.30	2.53	20.73	9.82	25.17
	Artık	78.70	2.62	79.27	7.90	74.83
	Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
500	Konsantre	26.90	2.32	24.00	9.67	31.30
	Artık	73.10	2.70	76.00	7.81	68.70
	Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
1000	Konsantre	30.08	2.65	30.66	9.63	34.85
	Artık	69.92	0.36	9.55	0.36	2.99
	Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
1500	Konsantre	27.16	2.60	27.16	9.72	31.77
	Artık	72.84	2.60	72.84	7.78	68.23
	Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
2000	Konsantre	28.76	2.81	31.09	10.14	35.10
	Artık	71.24	2.52	68.91	7.57	64.90
	Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
2500	Konsantre	22.81	2.85	25.01	10.29	28.25
	Artık	77.19	2.53	74.99	7.72	71.75
	Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00

Ek 19. Doğal ve HF'li ortamda çamyağı miktarının Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi

Ortam	Çamyağı Miktarı, ml	Ürün	Ağırlık %	Na ₂ O %	Na ₂ O Verim %	K ₂ O %	K ₂ O Verim %
HF	0.02	Konsantre	10.52	2.57	10.40	9.63	12.19
		Artık	89.48	2.60	89.60	8.15	87.81
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	0.04	Konsantre	20.85	2.81	22.53	9.73	24.41
		Artık	79.15	2.54	77.47	7.94	75.59
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	0.06	Konsantre	24.65	2.85	27.02	9.63	28.56
		Artık	75.35	2.52	72.98	7.88	71.44
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	0.08	Konsantre	24.68	2.91	27.62	10.22	30.35
		Artık	75.32	2.50	72.38	7.68	69.65
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	0.1	Konsantre	30.01	2.89	33.36	9.89	35.71
		Artık	69.99	2.48	66.64	7.63	64.29
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	0.12	Konsantre	30.08	2.65	30.66	9.63	34.85
		Artık	69.92	2.58	69.34	7.74	65.15
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
0.14	Konsantre	31.70	2.44	29.74	9.60	36.62	
	Artık	68.30	2.67	70.26	7.71	63.38	
	Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00	
0.16	Konsantre	28.36	2.56	27.93	9.57	32.67	
	Artık	71.64	2.62	72.07	7.81	67.33	
	Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00	
Doğal	0	Konsantre	24.24	1.90	16.69	9.02	25.22
		Artık	75.76	3.04	83.31	8.56	74.78
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
	0.01	Konsantre	76.75	2.15	59.78	9.17	81.17
		Artık	23.25	4.77	40.22	7.02	18.83
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
	0.02	Konsantre	75.14	2.15	58.54	9.02	78.18
		Artık	24.86	4.60	41.46	7.61	21.82
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
	0.04	Konsantre	93.91	1.94	66.01	8.50	92.07
		Artık	6.09	15.40	33.99	11.29	7.93
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00

Ek 20. Doğal ve HF'li ortamda NaCl miktarının Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi

Ortam	NaCl Miktarı, g/lt	Ürün	Ağırlık %	Na ₂ O %	Na ₂ O Verim %	K ₂ O %	K ₂ O Verim %	
HF	0.1	Konsantre	21.87	2.91	24.48	9.91	26.08	
		Artık	78.13	2.51	75.52	7.86	73.92	
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00	
	0.5	Konsantre	26.10	2.53	25.40	9.81	30.81	
		Artık	73.90	2.62	74.60	7.78	69.19	
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00	
	1	Konsantre	32.67	2.25	28.27	9.62	37.82	
		Artık	67.33	2.77	71.73	7.67	62.18	
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00	
	3	Konsantre	25.85	2.59	25.73	10.17	31.64	
		Artık	74.15	2.60	74.27	7.66	68.36	
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00	
	5	Konsantre	26.49	2.80	28.52	9.89	31.52	
		Artık	73.51	2.53	71.48	7.74	68.48	
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00	
	Doğal	0.1	Konsantre	92.30	2.55	85.28	9.06	96.46
			Artık	7.70	5.28	14.72	3.99	3.54
			Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
0.5		Konsantre	82.42	2.50	74.65	8.87	84.32	
		Artık	17.58	3.98	25.35	7.73	15.68	
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00	
1		Konsantre	73.61	2.45	65.34	8.64	73.36	
		Artık	26.39	3.62	34.66	10.70	26.64	
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00	
3		Konsantre	65.47	2.47	58.59	8.85	66.83	
		Artık	34.53	3.31	41.41	8.33	33.17	
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00	
5		Konsantre	72.05	2.30	60.04	8.72	72.47	
		Artık	27.95	3.95	39.96	8.54	27.53	
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00	

Ek 21. Doğal ve HF'li ortamda KCl miktarının Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi

Ortam	KCl Miktarı, g/lit	Ürün	Ağırlık %	Na ₂ O %	Na ₂ O Verim %	K ₂ O %	K ₂ O Verim %
HF	0.1	Konsantre	22.96	2.55	22.51	10.36	28.62
		Artık	77.04	2.61	77.49	7.70	71.38
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	0.5	Konsantre	24.99	2.86	27.49	9.86	29.65
		Artık	75.01	2.51	72.51	7.79	70.35
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	1	Konsantre	22.08	2.99	25.39	9.69	25.74
		Artık	77.92	2.49	74.61	7.92	74.26
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	3	Konsantre	22.91	2.99	26.35	9.64	26.58
		Artık	77.09	2.48	73.65	7.91	73.42
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	5	Konsantre	20.37	3.06	23.97	9.44	23.13
		Artık	79.63	2.48	76.03	8.02	76.87
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
Doğal	0.1	Konsantre	76.39	2.39	66.15	9.02	79.47
		Artık	23.61	3.96	33.85	7.54	20.53
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
	0.5	Konsantre	85.41	2.50	77.37	9.29	91.52
		Artık	14.59	4.28	22.63	5.04	8.48
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
	1	Konsantre	88.09	2.80	89.37	9.65	98.04
		Artık	11.91	2.46	10.63	10.70	1.96
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
	3	Konsantre	93.33	2.21	74.73	9.43	96.16
		Artık	6.67	10.46	25.27	2.88	3.84
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
	5	Konsantre	86.15	2.33	72.73	9.30	92.37
		Artık	13.85	5.43	27.27	4.78	7.63
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00

Ek 22. Doğal ve HF'li ortamda CaCl₂ miktarının Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi

Ortam	KCl Miktarı, g/lit	Ürün	Ağırlık %	Na ₂ O %	Na ₂ O Verim %	K ₂ O %	K ₂ O Verim %	
HF	0.1	Konsantre	21.00	2.69	21,71	10.58	26.74	
		Artık	79.00	2.58	78,29	7.71	73.26	
		Besleme	100.00	2.60	100,00	8.31	100.00	
	0.5	Konsantre	15.35	2.69	15,86	10.32	19.07	
		Artık	84.65	2.58	84,14	7.94	80.93	
		Besleme	100.00	2.60	100,00	8.31	100.00	
	1	Konsantre	19.68	2.59	19,59	10.51	24.88	
		Artık	80.32	2.60	80,41	7.77	75.12	
		Besleme	100.00	2.60	100,00	8.31	100.00	
	3	Konsantre	17.43	2.95	19,77	10.33	21.66	
		Artık	82.57	2.53	80,23	7.88	78.34	
		Besleme	100.00	2.60	100,00	8.31	100.00	
	5	Konsantre	17.84	2.53	17,33	10.26	22.02	
		Artık	82.16	2.62	82,67	7.89	77.98	
		Besleme	100.00	2.60	100,00	8.31	100.00	
	Doğal	0.1	Konsantre	75.61	2.17	59,45	9.72	84.73
			Artık	24.39	4.59	40,55	5.43	15.27
			Besleme	100.00	2.76	100,00	8.67	100.00
0.5		Konsantre	68.03	2.12	52,26	9.34	73.32	
		Artık	31.97	4.12	47,74	7.23	26.68	
		Besleme	100.00	2.76	100,00	8.67	100.00	
1		Konsantre	69.23	2.75	68,98	9.64	76.95	
		Artık	30.77	2.78	31,02	6.49	23.05	
		Besleme	100.00	2.76	100,00	8.67	100.00	
3		Konsantre	77.34	2.80	78,46	9.62	85.85	
		Artık	22.66	2.62	21,54	6.52	14.15	
		Besleme	100.00	2.76	100,00	8.67	100.00	
5		Konsantre	74.56	1.99	53,76	9.46	81.39	
		Artık	25.44	5.02	46,24	6.34	18.61	
		Besleme	100.00	2.76	100,00	8.67	100.00	

Ek 23. Doğal ve HF'li ortamda BaCl₂ miktarının Na₂O ve K₂O tenör ve verimine etkisi

Ortam	BaCl ₂ Miktarı, g/lt	Ürün	Ağırlık %	Na ₂ O %	Na ₂ O Verim %	K ₂ O %	K ₂ O Verim %
HF	0.1	Konsantre	22.38	3.71	31.96	10.64	2866
		Artık	77.62	2.28	68.04	7.64	71.34
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	0.5	Konsantre	22.11	3.11	26.47	10.81	28.77
		Artık	77.89	2.45	73.53	7.60	71.23
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	1	Konsantre	22.68	3.00	26.17	10.84	29.59
		Artık	77.32	2.48	73.83	7.57	70.41
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	3	Konsantre	19.31	3.49	25.90	10.42	24.20
		Artık	80.69	2.39	74.10	7.81	75.80
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
	5	Konsantre	18.58	3.14	22.42	10.17	22.73
		Artık	81.42	2.48	77.58	7.89	77.27
		Besleme	100.00	2.60	100.00	8.31	100.00
Doğal	0.1	Konsantre	53.37	3.05	58.89	9.66	59.48
		Artık	46.63	2.43	41.11	7.53	40.52
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
	0.5	Konsantre	61.76	2.71	60.62	9.61	68.47
		Artık	38.24	2.84	39.38	7.15	31.53
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
	1	Konsantre	60.20	2.81	61.29	9.33	64.75
		Artık	39.80	2.68	38.71	7.68	35.25
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
	3	Konsantre	54.22	3.01	59.20	9.35	58.48
		Artık	45.78	2.46	40.80	7.86	41.52
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00
	5	Konsantre	62.57	2.12	48.06	9.69	69.96
		Artık	37.43	3.83	51.94	6.96	30.04
		Besleme	100.00	2.76	100.00	8.67	100.00

Ek 24. HF'li ortamda temizleme ve süpürme devresine BaCl₂ ilavesinin tenör ve verimlere etkisi

BaCl ₂ Miktarı, g/lt	Ürün	Ağırlık %	Na ₂ O Tenör %	Na ₂ O Verim, %	K ₂ O Tenör %	K ₂ O Verim, %
0.1	Temizleme Konsantresi	7.42	1.89	5.14	9.61	8.26
	Temizleme Artık	9.72	2.25	8.01	9.47	10.66
	Süpürme Konsantresi I	14.71	2.50	13.47	9.29	15.83
	Süpürme Konsantresi II	4.19	2.66	4.08	9.21	4.47
	Süpürme Artık	63.96	2.96	69.31	8.21	60.79
	Besleme	100.00	2.73	100.00	8.64	100.00
0.5	Temizleme Konsantresi	3.85	2.12	2.95	9.46	4.20
	Temizleme Artık	13.92	2.25	11.30	9.18	14.75
	Süpürme Konsantresi I	17.92	2.67	17.26	9.10	18.81
	Süpürme Konsantresi II	4.04	2.70	3.93	9.00	4.19
	Süpürme Artık	60.27	2.97	64.56	8.35	58.05
	Besleme	100.00	2.77	100.00	8.67	100.00
1	Temizleme Konsantresi	6.58	2.19	5.16	9.55	7.30
	Temizleme Artık	9.83	2.44	8.60	9.20	10.52
	Süpürme Konsantresi	19.69	2.65	18.70	8.96	20.52
	Süpürme Artık	63.89	2.95	67.54	8.30	61.66
	Besleme	100.00	2.79	100.00	8.60	100.00
3	Temizleme Konsantresi	6.74	2.13	5.14	9.59	7.51
	Temizleme Artık	12.02	2.60	11.22	8.97	12.52
	Süpürme Konsantresi	17.66	2.76	17.49	8.80	18.04
	Süpürme Artık	63.57	2.90	66.15	8.39	61.93
	Besleme	100.00	2.79	100.00	8.61	100.00
5	Temizleme Konsantresi	12.22	2.29	10.20	9.98	14.12
	Temizleme Artık	13.83	2.43	12.26	9.40	15.06
	Süpürme Konsantresi	11.65	2.69	11.43	8.64	11.66
	Süpürme Artık	62.30	2.91	66.11	8.20	59.16
	Besleme	100.00	2.74	100.00	8.63	100.00

Ek 25. HF'li ortamda dallanma tekniği ile yapılan denemelerin tenör ve verimlere etkisi

Deneme	Ürün	Ağırlık %	Na ₂ O Tenör, %	Na ₂ O Verim, %	K ₂ O Tenör, %	K ₂ O Verim, %
1	Temizleme Konsantresi	8.08	2.43	7.33	10.25	9.61
	Temizleme Artık	11.59	2.89	12.50	9.65	12.98
	Süpürme Konsantresi I	23.21	1.98	17.15	9.47	25.49
	Süpürme Konsantresi II	4.59	3.03	5.19	8.23	4.38
	Süpürme Artık	52.53	2.95	57.83	7.80	47.54
	Besleme	100.00	2.68	100.00	8.62	100.00
2	Temizleme Konsantresi	7.63	2.49	6.35	9.61	8.46
	Temizleme Artık	11.12	2.15	7.98	9.77	12.55
	Süpürme Konsantresi I	21.90	3.01	22.01	9.27	23.46
	Süpürme Konsantresi II	4.79	2.70	431	8.37	4.63
	Süpürme Artık	54.57	3.26	59.36	8.08	50.91
	Besleme	100.00	3.00	100.00	8.66	100.00
3	Temizleme Konsantresi	9.61	1.49	5.53	9.65	10.61
	Temizleme Artık	13.61	2.02	10.60	9.87	15.36
	Süpürme Konsantresi I	24.50	2.27	21.46	9.43	26.42
	Süpürme Konsantresi II	4.36	2.45	4.12	8.39	4.18
	Süpürme Artık	47.92	3.15	58.29	7.93	43.43
	Besleme	100.00	2.59	100.00	8.75	100.00
4	Temizleme Konsantresi	6.54	2.08	4.32	10.21	7.68
	Temizleme Artık	10.10	2.16	6.91	10.09	11.72
	Süpürme Konsantresi I	25.94	2.72	22.39	9.52	28.41
	Süpürme Konsantresi II	2.19	2,84	1.97	8.13	2.05
	Süpürme Artık	55.23	3.68	64.41	7.89	50.14
	Besleme	100.00	3.16	100.00	8.69	100.00
5	Temizleme Konsantresi	7,53	1.76	5.55	9.71	8.49
	Temizleme Artık	9.78	2.03	8.29	10.04	11.41
	Süpürme Konsantresi	23.90	2.72	27.26	9.27	25.75
	Süpürme Konsantresi II	3.06	2.63	3.37	8.34	2.97
	Süpürme Artık	55.73	2.38	55.53	7.93	51.38
	Besleme	100.00	2.39	100.00	8.60	100.00